

حیات الکترومغناطیسی ارگانیزم های زنده

دکتر مجتبی میرسراجی
دکتر حسین نیاسری

حیات الکترومغناطیسی ارگانیزم های زنده

مولفین
دکتر مجتبی میرسراجی
دکتر حسین نیاسری



حیات الکترومغناطیسی ارگانیزم های زنده



دکتر مجتبی میرسراجی، دکتر حسین نیاسری



در این کتاب، به بررسی عمیق و جذاب تأثیرات میدان های الکترومغناطیسی بر حیات ارگانیزم های زنده پرداخته می شود. نویسندگان با استفاده از جدیدترین یافته های علمی و پژوهش های تجربی، نشان می دهند که چگونه این میدان ها می توانند بر فرآیندهای بیولوژیکی، رشد و توسعه موجودات زنده تأثیر بگذارند. با نگاهی جامع به مفاهیم بیوفیزیک و بیوشیمی، این کتاب به خوانندگان کمک می کند تا درکی عمیق تر از ارتباطات پیچیده میان انرژی های الکترومغناطیسی و حیات پیدا کنند. برای تمامی علاقه مندان به علم زیست شناسی و فیزیک، این اثر منبعی ارزشمند و الهام بخش خواهد بود.



موسسه آموزشی پژوهشی علمی سلامت

ارشدین

ISBN 9786220070744

9 786220 070744

قیمت: ۳۵۰ هزار تومان

سرشناسه	: میرسراجی، مجتبی، ۱۳۶۷-
عنوان و نام پدیدآور	: حیات الکترومغناطیسی ارگانیسم‌های زنده /Electromagnetic Life of Living Organisms
مشخصات نشر	: مجتبی میرسراجی، حسین نیاسری.
مشخصات ظاهری	: تهران: موسسه آموزشی تالیفی ارشدان، ۱۴۰۴.
شابک	: ۲۴۸ ص: مصور.
وضعیت فهرست نویسی	: ۹۷۸-۶۲۲-۰۹-۲۲۷۰-۴
یادداشت	: فیا
موضوع	: زیست‌شناسی نوری Photobiology
	: فتونیک Photonics
	: زیست‌حسگرها Biosensors
	: نوردرمانی Phototherapy
شناسه افزوده	: نیاسری، حسین، ۱۳۶۴-
رده بندی کنگره	: QH۵۱۵
رده بندی دیویی	: ۵۷۱/۴۵۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۳۳۱۱۳۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیا



مؤسسه آموزشی تالیفی ارشدان

حیات الکترومغناطیسی ارگانیسم‌های

زنده Electromagnetic Life of

Living Organisms

مجتبی میرسراجی، حسین نیاسری

آموزشی تالیفی ارشدان

اول

اول ۱۴۰۴

۹۷۸-۶۲۲-۰۹-۲۲۷۰-۴

۱۰۰۰

www.arshadan.com

www.arshadan.net

۰۲۱۴۷۶۲۵۵۰۰

۳۵۰ هزار تومان

■ نام کتاب:

■ مولفان:

■ ناشر:

■ ویرایش:

■ نوبت چاپ:

■ حروفچینی و صفحه آرایی:

■ طراح و گرافیکست:

■ شابک:

■ شمارگان:

■ مرکز خرید آنلاین:

■ مرکز پخش و توزیع:

■ قیمت:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حیات الکترومغناطیسی ارگانسیم‌های زنده

گردآوری و تألیف:

دکتر مجتبی میرسراجی
دکتر حسین نیاسری

صاحب امتیاز:

موسسه آموزشی تحقیقاتی طبوبی سلامت ایرانیان



مؤسسه آموزشی تألیفی ارشدان

حیات الکترومغناطیسی ارگانیسم‌های

زنده Electromagnetic Life of

Living Organisms

مجتبی میرسراجی، حسین نیاسری

آموزشی تألیفی ارشدان

اول

اول ۱۴۰۴

۹۷۸-۶۲۲-۰۹-۲۲۷۰-۴

۱۰۰۰

www.arshadan.com

www.arshadan.net

۰۲۱۴۷۶۲۵۵۰۰

تومان

■ نام کتاب:

■ مولفان:

■ ناشر:

■ ویرایش:

■ نوبت چاپ:

■ حروفچینی و صفحه آرایی:

■ طراح و گرافیست:

■ شاپک:

■ شمارگان:

■ مرکز خرید آنلاین:

■ مرکز پخش و توزیع:

■ قیمت:

پیشگفتار

به نام خداوند نور و روشنائی

کتابی که پیش روی شماست، حاصل پژوهش و همت جمعی از اندیشمندان فرهیخته در حوزه‌های فیزیک، پزشکی و علوم زیستی است؛ اثری که به بررسی و واکاوی پدیده شگفت‌انگیز **حیات الکترومغناطیسی ارگانیسم‌ها** می‌پردازد و دریچه‌ای نو به سوی درک عمیق‌تر از نقش امواج و فوتون‌ها در سازوکارهای زیستی و درمانی می‌گشاید.

این کتاب نه تنها برای پژوهشگران و دانشجویان رشته‌های **زیست‌فیزیک، پزشکی، مهندسی پزشکی و علوم پایه** سودمند است، بلکه می‌تواند برای پزشکان بالینی، متخصصان حوزه سلامت و حتی علاقه‌مندان به مباحث میان‌رشته‌ای نیز راهنمایی ارزشمند باشد. محتوای کتاب با نگاهی علمی و کاربردی، هم جنبه‌های نظری و بنیادی را در بر می‌گیرد و هم به کاربردهای عملی در تشخیص و درمان بیماری‌ها اشاره دارد.

در این مسیر، وظیفه خود می‌دانم از نویسندگان و گردآورندگان گرامی، **جناب آقای دکتر مجتبی میرسراجی و جناب آقای دکتر حسین نیاسری** که با تلاش بی‌وقفه و پشتکار علمی خود این اثر ارزشمند را پدید آوردند، صمیمانه تقدیر نمایم. همچنین بر خود لازم می‌دانم مراتب **تشکر و امتنان** را از **جناب آقای مهندس حسن حسینیقلی**، که با حمایت‌های پدرا نه و ارزشمند خویش یاری‌گر این مسیر بودند، ابراز دارم. قدردانی ویژه نیز از **جناب آقای دکتر سجاد عزیزی** به پاس تلاش‌های مدیریتی‌شان بایسته است.

همچنین بر خود لازم می‌دانم از **انتشارات ارشدان** که با دقت و همراهی صمیمانه، چاپ و انتشار این اثر را بر عهده گرفتند، نهایت سپاسگزاری را داشته باشم. بی‌تردید تلاش‌های این ناشر فرهیخته در اعتلای فرهنگ علمی کشور شایسته تقدیر است.

این اثر را به تمامی پژوهشگران، دانشجویان و علاقه‌مندان به ساحت علم و کشف‌های نوین تقدیم می‌کنیم، به امید آنکه گامی هرچند کوچک در راه ارتقای دانش و ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها باشد.

با احترام

مؤسسه آموزشی تحقیقاتی طبوبی سلامت ایرانیان

دکتر مجید عزیزی

سخن مؤلفین

نور که در گفتگوهای روزمره از آن یاد می‌شود و در قرآن کریم هم در موارد مختلفی به این واژه اشاره شده است؛ در نگاه اول و از دید افرادی با کم‌ترین دانش، عامل روشنایی و حتی گرما در زمین است، اما با کمی تعمق در آن، به دیدگاه‌های علم فیزیک و فلسفه‌ی اسلامی و ایرانی جناب شیخ اشراق، خواهیم رسید. در علم فیزیک، نور به‌عنوان بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس، دسته‌بندی و عمدتاً با اصطلاح نور مرئی، معرفی می‌شود ولی در فلسفه و حکمت اشراقی، در پایین‌ترین مراتب، عامل حرکت، جنبش و حیات در عالم مادی تلقی می‌شود و از سلسله‌مراتبی ویژه، برخوردار است. متأسفانه در زمانه‌ی اخیر، به هیچ‌وجه به فلسفه‌ی حیرت‌آور و پُر از نبوغ جناب سُهروردی با ذره‌بین فیزیک و پزشکی، نگریسته نشده است.

در یک قرن اخیر، پیشرفت‌هایی در زمینه‌ی تولید و بهره‌مندی از امواج الکترومغناطیس صورت پذیرفته است که از اغلب آن‌ها مطلع هستیم. نور لیزر، ارتباطات ماهواره‌ای و بی‌سیم و بسیاری موارد دیگر که در این مقال نمی‌گنجند از نمونه‌های شناخته‌شده‌ی به‌کارگیری امواج الکترومغناطیس به‌حساب می‌آیند. به هر حال، در دنیای فیزیک امروز، نور یا به طور ویژه، امواج الکترومغناطیس، سرشتی تقریباً مشخص دارد و این موضوع به توسعه‌ی فناوری و ایده‌های فناورانه‌ی علومی همچون فیزیک، مهندسی مخابرات، الکترونیک و غیره، گره خورده است.

در قرن بیستم میلادی، شگفتانه‌ای، توجه دانشمندان را به خود جلب نمود و آن هم گسیل امواجی فوق‌ضعیف و در بازه‌ی بسامدی مرئی و فروسرخ از گیاهان و جانوران بود که با چشم، آشکار و مشاهده نمی‌شد و تنها با ابزارهای آشکارسازی، قابل‌رؤیت بودند. دانشمندان متمرکز بر موضوع، از آن به تابش میثوژنتیک و بیوفوتون، یاد نموده‌اند. این رخداد غیرمنتظره، رویکرد محققان را به نمایش دیگر ویژگی‌های تابش فوق‌ضعیف امواج الکترومغناطیس مرئی و فروسرخ، معطوف ساخت تا امروزه شواهدی از عوامل پدیدآورنده مانند تنش‌ها و بیماری‌ها در انسان‌ها، حیوانات و حتی گیاهان و نباتات، در اختیار داشته باشیم. بیوفوتونیک، علمی رو به رشد و کم‌تر شناخته‌شده و داستان کنجکاوی دانشمندان

پیشرو، نوآور و پُر جرأتی است که در آینده‌ای نه‌چندان دور، تحولاتی شگرف در تشخیص و حتی درمان بیماری‌ها رقم خواهد زد.

علاوه بر گسیل بیوفوتون‌ها از بدن، اُرگانیسم‌های زنده و به‌خصوص، ساختار سلولی گیاهان و جانوران، تابش مستقیم امواج و فوتون‌های طیف مرئی و فروسرخ بر سلول‌ها و بافت‌ها و به طور کل، اُرگانیسم‌های زنده، گره‌گشای درمان و بهبود برخی بیماری‌ها و اختلالات است. در این گردآوری و تألیف، تلاش بر آن است تا با بیان ویژگی‌های اساسی اُنْدِرْکُنْشِ امواج مرئی و فروسرخ با سلول‌ها، بافت‌ها و مواردی از این دست، در بدن حیوانات و انسان‌ها، به بهبود بیماری‌ها و نهایتاً بالا بردن کیفیت زندگی، کمک کرده و توجه مخاطب گران‌قدرمان را به موضوعی بدیع در پزشکی جلب نماییم. در این پروژه، که تقدیم مخاطبان گرمی و فرهیخته می‌شود، سعی بر آن است تا با تأکید بر ویژگی‌های الکترومغناطیسی اُرگانیسم‌های زنده از جمله، سلول‌ها و حتی ماکرومولکول‌ها، مشخصه‌های بنیادی برهم‌کنش امواج (با بسامدها و طول موج‌های معین) با سلول‌ها و اجزاء درونی و بیرونی آن‌ها از طریق ساز و کارهایی معلوم و حتی پنهان، بیان شود. ساز و کارها و روش‌های پاسخ‌دهی سلول‌ها و اُرگانیسم‌های زنده به امواج، در فصل دوم شرح داده می‌شود و از مهم‌ترین‌شان می‌توان از فرایندهای وابسته به میتوْکُنْدِرِی سلول‌ها و کَمپِلِکس‌های پنج‌گانه‌ی آن، آب و خوشه‌های مولکولی آن (به‌ویژه، آب‌های ساختاریافته‌ی درون سلولی) و تشدید (رزونانس) امواج با اجزاء مولکولی، یاد نمود.

در ادامه، تأکید می‌کنیم که به سبب فراوانی و گستردگی موارد پژوهشی و تخصصی در مباحث فوق، گزیده‌ای از تحولات تاریخی، بنیادی و پیشرفت‌های نور درمانی و درمان بر پایه‌ی امواج فروسرخ دور و نزدیک، در این کتاب گنجانده و از آوردن موارد تکراری و غیر ضرور (که به‌وفور یافت می‌شود!)، اجتناب و در بخش منابع و مأخذ، منتخبی کامل و مبسوط از مقالات و گزارش‌های بین‌المللی در زمینه‌های بیوفوتونیک، نور درمانی و مباحث مرتبط، آورده شده است تا محققان علاقه‌مند، گنجینه‌ای ارزشمند و کاربردی از مطالب فوق را یک-جا در اختیار داشته باشند.

در نهایت، به رسم ادب و احترام، و به سبب حمایت‌های پدران و دلسوزانه، کمال سپاس و امتنان خود را محضر مبارک جناب آقای مهندس حسین‌قلی، ابراز می‌داریم و از پروردگار عالم، سلامتی و توفیقات روزافزون برای ایشان مسئلت می‌نماییم. همچنین، مراتب سپاس و قدردانی بی‌پایان خود را از مؤسسه‌ی آموزشی تحقیقاتی طوبی سلامت ایرانیان و رئیس پُر

تلاش، دانشمند و خستگی‌ناپذیر، جناب آقای دکتر مجید عزیزی، ابراز می‌داریم و از جناب آقای دکتر سجاد عزیزی، به طور ویژه، تشکر به عمل می‌آوریم. در پایان، کتاب حاضر را به پاسِ صبوری و همراهیِ همسران عزیز و مهربان‌مان، خالصانه و متواضعانه، به ایشان تقدیم می‌نماییم.

دکتر مجتبی میرسراجی

دکتر حسین نیاسری

تهران، نخستین روز پاییز ۱۴۰۴

فهرست مطالب

فصل نخست: بیوفوتونیک.....	۱۱
---------------------------	----

بیوفوتون چیست؟.....	۱۴
انتشار بیوفوتون از میکروآرگانیسم ها.....	۱۸
انتشار بیوفوتون از گیاهان.....	۲۰
انتشار بیوفوتون از حیوانات و انسان ها.....	۲۵
بیوفوتونیک و تحریک نوری سلول ها.....	۴۱
بیوفوتونیک و تحریک مغناطیسی سلول ها.....	۴۳
تشخیص و تصویربرداری بیوفوتونیک سرطان.....	۴۵
مطالعات پوست بیوفوتونیک.....	۵۳
ارتباط بین سلولی و بیواطلاعات بیوفوتونیک.....	۵۹
بیوفوتون شوک حرارتی.....	۶۶
جریان های بیوفوتونیک عصبی.....	۶۷
علوم شناختی و اعصاب شناختی بیوفوتونیک.....	۷۱
درهم تنیدگی کوانتومی بیوفوتون ها.....	۷۶
همدوسی کوانتومی بیوفوتون.....	۷۹
آب ساختاریافته سلولی: عامل انتشار بیوفوتون.....	۸۵
تونل زنی کوانتومی بیوفوتون.....	۸۶

۹۰.....مُدل اِکسایتونی بیوفوتون.....

۹۱.....مدل شناخت تشدیددی (رزونانسی).....

فصل دوم: زیست تحریک سازی الکترومغناطیسی: مرئی و فروسرخ..... ۹۳

۹۷.....نور درمانی و درمان با امواج فروسرخ نزدیک.....

۱۳۳.....درمان با امواج فروسرخ دور.....

۱۴۱.....امواج فروسرخ دور و گیاهان.....

۱۴۴.....پوشاک، زیورآلات و سرامیک ها: گسیل دهنده های انرژی فروسرخ.....

۱۶۰.....سونای فروسرخ و وائون.....

۱۶۶.....قاعدگی.....

۱۶۹.....سرطان.....

۱۷۵.....بیماری های قلبی - عروقی.....

۱۷۹.....محافظت نوروئی و بیماری های مغزی و دستگاه اعصاب.....

۱۸۷.....امراض پوستی.....

۱۹۷.....عارضه های مفصلی و اسکلتی - عضلانی.....

۲۰۳.....سندروم فیبرومیالژیا.....

۲۰۸.....سخن پایانی.....

منابع و مأخذ..... ۲۱۳

۲۱۳.....منابع و مأخذ فصل نخست.....

۲۳۳.....منابع و مأخذ فصل دوم.....

فصل نخست

بیوفوتونیک

در دهه‌های آغازین قرن بیستم میلادی و بیش از یک قرن پیش، الکساندر گوروویچ^۱، دانشمند اهل اتحاد جماهیر شوروی با بررسی سلول‌های مختلف، دریافت که سلول‌های در حال تقسیم، نوری فرابنفش^۲ را از خود ساطع می‌کنند^۳ که نشان‌گر فعل و انفعالات درون-سلولی^۴ است.^۵ وی دریافته بود که با بهره‌گیری از این اثر، به حال و روز سلول‌ها که از لحاظ ابعادی بدون میکروسکوپ نمی‌توان آن‌ها را تماشا کرد، پی برده می‌شود.^۶ این یافته‌ی بحث-برانگیز و هیجان‌انگیز، ما را قادر می‌سازد از برخی رخدادهای سلولی، درون سلولی و حتی بین سلولی^۷، آگاهی یابیم. تحقیقات در سنوات پس از ارائه‌ی مقاله‌ی گوروویچ، تا حدود سه دهه متوقف و یا کم‌رنگ شد؛ افرادی همچون اِشْتِرلِر^۸ و آرنولد^۹ به سال ۱۹۵۱ میلادی و کوآلی^{۱۰}، فاگینی^{۱۱} و همکارانشان به سال‌های ۱۹۵۴ و ۱۹۵۵ میلادی، با بررسی و تحلیل گسیل نورهای شگفت‌انگیز از گیاهان و بهره‌گیری از فوتومولتی‌پلایرهایی^{۱۲} که در ردیابی

¹ Alexander Gurwitsch

² Ultra-Violet (UV)

^۳ گوروویچ، دقیقاً با مُخَمَّرهای ساکارومایسس سرِویزیه (*Saccharomyces Cerevisiae*) که در صنعت نانوائی و آبجوسازی کاربرد دارند، کار می‌کرد. این مخمّر (Yeast)، از پوست انگور به دست می‌آید.

⁴ Intra-Cellular

^۵ برای مثال، ران (O. Rahn) در سال ۱۹۳۶ میلادی، برخی واکنش‌های بیوشیمیایی (Biochemical Reactions) درون سلولی و ارتباط آن‌ها با انتشار امواج فرابنفش را بیان نمود، که به شرح زیر است:

انتشار موج با طول موج‌های بین ۲۲۳ تا ۲۳۰ نانومتر، به فرایندهای اُکسیداتیو (Oxidative Processes)، ۱۹۰ تا ۱۹۵ نانومتر، به قندکافت (Glycolysis)، ۱۹۲، ۲۰۳ تا ۲۰۶، ۲۱۲ و ۲۳۰ تا ۲۴۶ نانومتر، به پروتئین کافت (Proteolysis) و ۲۴۵ تا ۲۵۰ نانومتر، به واکنش‌های اسید نوکلئیک و نوکلئاز (Nucleic Acid-Nuclease Reactions) نسبت داده شد!

کونف (S. V. Konev) و همکارانش در سال‌های ۱۹۵۹ و ۱۹۶۷ میلادی، حالت برانگیخته‌ی تریپتوفان (Excited State of Tryptophan) در پروتئین‌های سلولی (Cellular Proteins) را عامل انتشار امواج فرابنفش (در بازه‌ی طول موجی ۲۵۰ تا ۳۲۰ نانومتر) معرفی می‌کنند.

^۶ برخی ایده‌های به‌روزتر نیز تابش بیوفوتون‌های فرابنفش را به تقسیم سلولی (Cell Division) و حتی نقش دی‌ان‌ای (DNA)، آر‌ان‌ای (RNA) و لیزوزیم (Lysozyme) و محدوده‌ی مرئی و فروسرخ طیف الکترومغناطیس بیوفوتون‌ها را به پدیده‌های فوتوسنتزی (Photosynthetic)، کلروفیلی (Chlorophyll) و دیگر متابولیسم‌های اُکسیداتیو (Oxidative Metabolisms) نسبت می‌دهند!

⁷ Inter-Cellular

⁸ B. L. Strehler

⁹ W. Arnold

¹⁰ L. Colli

¹¹ U. Facchini

¹² Photomultiplier Tubes (PMT)

فوتون‌های حاصل از برخورد‌های هسته‌ای^۱ در علوم هسته‌ای به کار گرفته می‌شد^۲، مجدداً قطار پژوهش در این عرصه را به ریل خود بازگرداندند.

گسیل نور به وضعیت‌های بیماری در گیاهان و جانوران، از جمله انسان‌ها، اشاره دارد و به طور غیر مستقیم، تنش‌ها^۳ و بیماری‌های خاص در گیاهان و جانوران را به نمایش می‌گذارد. علل و عوامل تولید این دسته از امواج که به بیوفوتون^۴، لومینسانس تأخیری^۵، کمی-لومینسانس^۶ و یا تابش فوتونی فوق‌ضعیف^۷، و در دیدگاه کاشف آن (الکساندر گوروچ)، تابش میتوژنتیک^۸، موسوم هستند را در ادامه توضیح خواهیم داد.

بعد از سال‌ها فراموشی تابش فوتون فوق‌ضعیف از موجودات، افرادی نظیر فریتس آلبرت پوپ^۹ اهل آلمان و همکارانش، مجدداً بیوفوتون‌ها را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند و در مقالات خود، صراحتاً اشاره داشته‌اند که همه‌ی موجودات زنده (آرگانیسم‌های زنده)، نوری موسوم به بیوفوتون را از خود ساطع می‌کنند و برای نخستین‌بار واژه‌ی بیوفوتون را به این نور نسبت دادند. موضوع جالبی که در طی سالیانِ تدوین و گسترش دانش بیوفوتونیک^{۱۰} در ذیلِ علوم مرتبط با بیوفیزیک^{۱۱} و علوم پزشکی^{۱۲}، مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است، ارتباط و هم‌بستگی سلول‌های مجاورست که از طریق بیوفوتون‌های گسیلی از سلول بیمار یا تحت تنش، با یکدیگر مرتبط هستند.^{۱۳}

¹ Nuclear Collisions

^۲ استفاده از فوتومولتی‌پلایرها در بیوفوتونیک، داستانی جالب دارد. روزی همسر کوئی پس از خرید سبزی‌جات از فوتومولتی‌پلایرهای وی استفاده می‌کند و انتشار فوتون‌هایی را به همسرش گزارش می‌دهد. اما، کوئی، چنین رویدادی را باور نمی‌کند و اشتباه و خطا را گردن سازندگان این ابزار می‌اندازد. پس از مدتی، او به همراه همکارانش، متقاعد می‌شوند که در واقع، فوتون‌هایی از سبزی‌جات و گیاهان به بیرون ساطع می‌شوند که امروزه به آن‌ها بیوفوتون می‌گوییم.

³ Stresses

⁴ Bio-Photon

⁵ Delayed Luminescence (DL)

⁶ Chemiluminescence

⁷ Ultraweak Photon Emission (UPE)

⁸ Mitogenetic Radiation

⁹ Fritz-Albert Popp

¹⁰ Biophotonics

¹¹ Biophysics

¹² Medical Science

^{۱۳} جالب است بدانید که ابعاد سلول‌ها در مرتبه‌ی میکرومتر (یک‌هزارم تا یک‌صدم سانتی‌متر) است. تعداد آن‌ها در یک انسان بالغ، تقریباً ۱۰۰ هزار میلیارد است و در حدود ۱۰۰ هزار واکنش، تنها در یک ثانیه در محیطی بسیار کوچک

این مبحث در معارف اسلامی و شیعی نیز قریب به سیزده قرن پیش، در کلام نورانی حضرت امام جعفر صادق (ع) جلوه‌گری می‌کند که ایشان در آن روزگار به روشنایی‌هایی اشاره دارند که اگر از فردی بیمار به فردی سالم بتابند، ممکن است فرد سالم را نیز دچار عارضه و بیماری کنند. با دقت در کلام امام معصوم (ع)، به دو نکته‌ی ارزشمند پی برده می‌شود که اولاً افراد بیمار، روشنایی‌هایی قابل‌ملاحظه دارند که افراد سالم چنین تابش و روشنایی‌هایی را از خود بروز نمی‌دهند (یعنی به قول فیزیک‌دان‌ها، شدت تابش در افراد سالم قطعاً کم‌تر از افراد بیمار است!) و ثانیاً این کلام عالمانه، بیان‌گر دسته‌ی دیگری از انتقال بیماری در بدن انسان‌ها و حتی حیوانات است و آن چیزی غیر از فوتون یا همان امواج الکترومغناطیسی ساطع‌شده از بدن آن‌ها نیست؛ یعنی عواملی همچون ویروس، باکتری یا میکروب آلوده که امروزه به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل انتقال بیماری شناخته می‌شوند را نمی‌توان به تنهایی در نظر گرفت و دسته‌ی انتقال بیوفوتونی را نیز بایستی در طبقه‌بندی خود، لحاظ کنیم که خوشبختانه، برخی دانشمندان قائل به چنین دسته‌بندی نوینی هستند.

بیوفوتون چیست؟

فوتون‌ها، در علم فیزیک و آپتیک کوانتومی، به بسته‌هایی از انرژی اطلاق می‌شوند که انرژی این بسته‌ها، با بسامد (فرکانس) آن‌ها رابطه‌ای مستقیم دارد؛ به این معنا که افزایش بسامد، افزایش انرژی فوتون را در بر خواهد داشت.^۱ به طور کل، فوتون در دسته‌بندی‌های کوانتومی، به‌عنوان ذره‌ای بوزونی^۲ معرفی می‌شود که دارای اسپین^۳ و جرم صفر و تندی آن،

(ولی دنیایی بزرگ و عظیم) رخ می‌دهد. انرژی فعال‌سازی (Activation Energy) برای هر واکنش بیوشیمیایی در سلول‌ها، در محدوده‌ی انرژی امواج میکروموج تا فرابنفش، تخمین زده می‌شود. دانشمندی همچون چیلنتو (G. Cilento) بر این باورند که تقریباً همه‌ی واکنش‌های بیوشیمیایی درون سلول‌ها، بدون استثنا، انرژی خود را از حمام الکترومغناطیسی (Electromagnetic Bath) اطراف خود قرض می‌گیرند و پس از انجام واکنش، با گسیل موجی دیگر، آن را به‌نوعی به محیط اطراف خود پس می‌دهند. این دسته از محققان، حتی پا را فراتر گذاشته و مدعی هستند که تنها یک فوتون، در حدود یک میلیارد واکنش بیوشیمیایی را در مدت زمان یک ثانیه، تحریک، مدیریت و کنترل می‌نماید (تخمین زده می‌شود که میانگین زمانی هر واکنش بیوشیمیایی درون سلول‌ها، در حدود یک میلیارد ثانیه باشد). از این ایده، می‌توان دریافت که حتی با شدت کم (Low Intensity) بیوفوتون‌ها هم، سلول‌ها و واکنش‌های بیوشیمیایی آن‌ها، تحریک، مدیریت و کنترل می‌شوند!

^۱ رابطه‌ی کوانتومی $E = hf$ یادآور ارتباط انرژی فوتون (E) با ثابت پلانک (h) و بسامد (f) فوتون است.

^۲ Bosonic Particle

^۳ Spin

همان تندی نور در خلاء است.^۱ در مباحث کوانتومی، ماهیت دوگانه‌ی موج - ذره^۲، در مورد نور، به اصلی چالش‌برانگیز تبدیل شده است. به طور خلاصه، نور در برخی آزمایش‌ها، تصمیم به نمایش ویژگی‌های موجی خود می‌گیرد و در برخی آزمایش‌ها، به طور هوشمندانه (۱)، عزم بر نمایش ذره‌ای خود دارد. از این‌رو، نور در آزمایش‌های مطرحی همچون دو شکاف یانگ^۳، پراش^۴ و تداخل^۵ امواج، اثر موجی خود را بروز می‌دهد ولی در آزمایش‌هایی نظیر پدیده‌ی فوتوالکتریک^۶، خاصیت ذره‌ای خود با نام فوتون را به نمایش می‌گذارد. با چنین مقدمه‌ای در می‌یابیم که فوتون‌ها یا امواجی را می‌توان از آرگانیسم‌های زنده^۷ و به‌ویژه، سلول‌های موجودات زنده و گیاهان و حتی باکتری‌ها، سراغ گرفت که همان خواص فوتون - های مطرح‌شده در فیزیک کوانتوم را خواهند داشت.^۸ امواج یا همان بیوفوتون‌ها، از فعل و انفعالات و اندرکنش‌های درون ساختار سلولی و حتی به گواه برخی مقالات، توسط ساختار مارپیچی دی‌ان‌ای (DNA) آرگانیسم‌های زنده، تولید و منتشر می‌شوند. در حین تحلیل چنین پدیده‌ای می‌توان دریافت که بیوفوتونیک، متفاوت از پدیده‌ی لومینسانس با گسیل نور مرئی در برخی جانداران همچون کرم‌های شب‌تاب خواهد بود (بیولومینسانس).^۹

ماهیت فیزیکی بیولومینسانس و بیوفوتون، بنا بر ادعای دانشمندان حوزه‌ی بیوفیزیک، کاملاً متفاوت از هم است که توصیف بیولومینسانس و اثرات آن در طبیعت و جانداران را به خواننده‌ی فرهیخته‌مان می‌سپاریم.

در فصل نخست، بیوفوتون‌ها، از ابعاد مختلفی مورد توجه و مذاقه قرار خواهند گرفت؛ از این‌رو، در ابتدا، به معرفی برخی مشخصه‌های اولیه از این پدیده‌ی جذاب در موجودات ریز و

^۱ همان تندی مشهور نور در خلاء که حدوداً برابر است با ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه.

^۲ Wave - Particle Duality

^۳ Yang's Bi-Slits

^۴ Diffraction

^۵ Interference

^۶ Photoelectric

^۷ Living Organisms

^۸ جالب است بدانید که بیوفوتون در اکثر موجودات و گیاهان، به‌وضوح آشکارسازی و دریافت شده است. اما، محققان هنوز موفق به آشکارسازی بیوفوتون از جانورانی کوچک با ابعاد کمتر از ۱۰۰ میکرومتر به نام پروتوزوا (Protozoa) نشده‌اند!

^۹ پدیده‌ی بیولومینسانس (Bioluminescence)، حاصل حضور مولکول‌های بیولوژیک برانگیخته است. در این فرایند، مولکول‌های برانگیخته با قبول کاهش انرژی و گذار به حالت‌های پایه‌ی مولکولی، فوتون‌هایی را ساطع می‌کنند.

درشت‌عالم خلقت می‌پردازیم و با آن‌ها به‌مرور آشنا می‌شویم. پیش از آن‌که به مشخصه‌های بنیادی بیوفوتون‌ها بپردازیم لازم به توجه است که آینده‌ی درخشان پیش‌رو برای شاخه‌ی بیوفوتونیک در حوزه‌های کاربردی نظیر علوم زیستی و محیط زیست، صنایع غذایی، حوزه‌ی سلامت، تشخیص و حتی درمان در علوم پزشکی و ... چشم‌اندازی غیرقابل‌انکار را در مقابل-مان به تصویر می‌کشد و تلاشی بی‌نظیر و همه‌جانبه را در توسعه و پیشرفت این موضوع کم‌تر شناخته‌شده و بسیار کلیدی در ایران عزیزمان را می‌طلبد.

مشخصه‌ی اصلی و بنیادی که در طی سالیان، بیوفوتون‌ها را از برخی پرتوهای الکترومغناطیس، متمایز کرده است، شدت بسیار کم^۱ آن‌ها است که در حدود هزار فوتون در ثانیه بر هر سانتی‌متر مکعب (یا به عبارتی، کم‌تر از 10^{-16} وات بر سانتی‌متر مربع) است. این شدت در حدود هزار تا ده هزار بار کم‌تر از حد بینایی انسان‌هاست^۲ (یا در حدود ۲۰ برابر کم‌تر از شدت پدیده‌های فلورئوسانس^۳ و فسفرسانس^۴) و به همین دلیل است که پرتوهای ساطع‌شده با آن‌که در طیف طول موجی فروسرخ تا فرابنفش هستند و در بیش‌تر موارد، نور مرئی را نیز گسیل می‌نمایند^۵، ولی توسط چشمان انسان‌ها، آشکار نمی‌شوند.^۶ از این‌رو، محققان به دنبال روش‌هایی ابداعی جهت ردیابی و آشکارسازی آن‌ها بر آمده‌اند و اکثر تحقیقات با استفاده از ابزاری به نام فوتومولتی‌پلایر، صورت می‌گیرند و آشکارسازی را در حد قابل‌قبولی به سرانجام می‌رسانند. جالب اینجاست که این دسته از پرتوها، هم به طور خود به

^۱ Very Low Intensity

^۲ شدت بیوفوتون‌ها، هزار برابر بیش‌تر از شدت تابش جسم سیاه (Black-Body Radiation)، تخمین زده می‌شود!

^۳ Fluorescence

^۴ Phosphorescence

^۵ در برخی مقالات، از جمله مجموعه مقالات میچیو ماتسوهاشی (Michio Matsuhashi) و همکاران ژاپنی وی در سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ میلادی، از امواج آکوستیک (صوتی) (Acoustic Waves) نیز به‌عنوان امواج بیوفوتونیک یاد شده است! آن‌ها، در یکی از این گزارش‌ها، با دریافت امواج صوتی (Sound Waves) از سلول‌های باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus Subtilis*) که این باکتری در فرآورده‌های آردی از جمله در نان باعث فساد می‌شود، در بسامدهای بین ۸ تا ۴۳ کیلوهرتز توسط میکروفون، به وجود امواج صوتی در ارتباطات سلولی پی بردند. این گروه با بررسی و تحلیل داده‌ها با نتایج آزمایش‌های پیشین خود، امواج آکوستیک (بیوفوتون‌های صوتی!) را به‌عنوان سیگنال-های تنظیم‌کننده‌ی رشد (Growth-Regulatory Signals) بین سلول‌ها، معرفی می‌نمایند.

^۶ کم‌بودن شدت بیوفوتون معادل با شدت نور شمعی است که در ماه قرار دارد و در سطح زمین، آشکارسازی می‌شود!

خودی^۱ و هم به طور القایی و تحریکی^۲ توسط امواج الکترومغناطیسی خارجی یا تنش‌های شیمیایی و مکانیکی^۳ سلول‌ها و ...، خودنمایی می‌کنند.

ماهیت تولید بیوفوتون‌ها در سلول‌ها و ارگانیسم‌های زنده همچنان علی‌رغم تحقیقات متعدد در این زمینه، به طور قابل‌قبولی مشخص و معین نیست، اما در اغلب گزارش‌ها از اتم‌ها و یون‌های اکسیژن و فعل و انفعالات مرتبط با اکسیژن‌های مولکولی به‌عنوان بنیادی-ترین عامل تولید بیوفوتون‌ها یاد می‌شود. فرایندهایی همچون تنش‌های اُکسیداتیو^۴ (تنش-های اُکسایشی) در بدن و سلول‌های موجودات زنده و گیاهان، به ایجاد حالت‌های برانگیخته‌ی کوانتومی و به تبع آن، به تولید و افزایش شدت تابشی بیوفوتون‌ها منجر می‌شوند. البته در تعدادی اندک از مقالات، اتم و یون‌های نیتروژن (گونه‌های نیتروژن فعال)^{۵،۶} پتاسیم^۷ و واکنش‌های مرتبط با آن‌ها نیز به‌عنوان عامل تولید بیوفوتون‌ها معرفی می‌شوند. برخی پژوهشگران، همانند پوکورنی^۸، بر این باورند که نوسان‌های قطبی^۹ میکروتوبول‌ها^{۱۰} در

^۱ Spontaneous

^۲ Stimulated

^۳ Chemical & Mechanical Stresses

^۴ تنش اُکسیداتیو (Oxidative Stress)، به‌معنای عدم تعادل در میزان رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها در بدن است. میزان رادیکال‌های آزاد بیش از آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود و در نتیجه، سلول‌ها و بافت‌های بدن بیمار، آسیب جدی می‌بینند. مطابق با این پژوهش، افزایش میزان رادیکال‌های آزاد، افزایش شدت بیوفوتونی را به همراه خواهد داشت!

^۵ Reactive Nitrogen Species (RNS)

^۶ برای مثال، در مقاله‌ای که ایشتون بوکون (István Bókkon) مجارستانی در سال ۲۰۰۸ میلادی منتشر کرده است، به صراحت از نقش نیتروژن و گونه‌های نیتروژن فعال، به‌عنوان یکی از عوامل اساسی تولید و انتشار بیوفوتون‌ها، یاد می‌کند.

^۷ در مقاله‌ای که گروهی ژاپنی به سرپرستی یاسوشی ایسوجیما (Yasushi Isojima) در سال ۱۹۹۵ میلادی منتشر نموده‌اند، از پتاسیم به عنوان محرک بُرش‌های هیپوکامپی (Hippocampal Slices) در مغز موشی صحرایی (Rat) برای تولید و انتشار بیوفوتون یاد می‌کنند و توضیح می‌دهند که با افزایش غلظت پتاسیم در نمونه‌های هیپوکامپی، نرخ انتشار بیوفوتون‌ها نیز افزایش می‌یابد که به نظر این محققان، افزایش در غلظت پتاسیم منجر به افزایش در تولید ATP میتوکندری‌ها می‌شود. (لازم است بدانید که هیپوکامپ، ساختمان عصبی خمیده در مغز است.)

در نهایت، آن‌ها انتشار بیوفوتون‌ها در ساختار عصبی را به متابولیسم عصبی (Neural Metabolism) و فرایندهای مرتبط با آن (مانند افزایش در غلظت گلوتمات‌های (Glutamate) دستگاه عصبی)، پیوند زده‌اند.

(لازم به توضیح است که گلوتمات، ماده‌ای شیمیایی و آنیونی دو ظرفیتی است که سلول‌های عصبی برای ارسال سیگنال (پیام) به سلول‌های دیگر، از آن بهره می‌برند.)

^۸ J. Pokorný

^۹ Polar Vibrations

اسکلت سلولی^۱ سلول‌ها، طبق پیش‌بینی‌های هربرت فرولش^۲، توانایی تولید امواج یا همان بیوفوتون در گستره‌ی وسیعی از طیف الکترومغناطیس را دارند و به‌عنوان رسانای نوری شناخته می‌شوند (فرولش در نظریه‌ای دیگر، بر انتقال اطلاعات در سامانه‌های زیستی توسط امواج الکترومغناطیس نیز تأکید دارد!). دانشمندان، عواملی چون هسته^۳ و دی‌ان‌ای (DNA) سلولی و حتی آب ایزی^۴ (آب ساختاریافته‌ی کوانتومی شش‌ضلعی) در ساختار سلول‌ها^۵ را نیز در ایجاد و انتشار بیوفوتون‌ها معرفی نموده‌اند که در بخش‌های پیش‌رو، به آن‌ها نیز اجمالاً اشاره‌ای خواهیم داشت.

انتشار بیوفوتون از میکروارگانسیم‌ها

بیوفوتون‌ها در موارد متعددی مشاهده می‌شوند؛ یکی از این موارد، تابش یا انتشار آن‌ها از میکروب‌ها و به طور کل از ریزارگانسیم‌ها (میکروارگانسیم‌ها)^۶ است که محققان در این رابطه به نتایجی قابل تأیید دست یافته‌اند. این نتایج، تأییدکننده‌ی آن هستند که وجود سلول‌ها در میکروب‌های گوناگون، توانایی تولید و انتشار بیوفوتون‌ها را دارند. از نخستین

^{۱۰} میکروتوبول‌ها (Microtubules) یا ریزلوله‌ها، لوله‌هایی توخالی از جنس پروتئین (مثل پروتئین توبولین) هستند. این لوله‌ها به طول ۰/۲ تا ۲۵ میکرومتر و با قطری ۲۵ نانومتری، از مهم‌ترین اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی اسکلت سلولی در همه‌ی سلول‌ها به‌شمار می‌آیند. اسکلت سلولی نیز همانند داربست، درون سیتوپلاسم سلول قرار دارد و از پروتئین‌های مختلفی همچون فیلامنتی و توبولار، ساخته شده است.

^۱ Cytoskeleton

^۲ Herbert Fröhlich

^۳ برای مثال، گروهی ژاپنی تحت رهبری بالاسی‌گامانی دیوراج (Balasigamani Devaraj) در سال ۱۹۹۱ میلادی، با بررسی انتشار بیوفوتون از کبد موش‌ها و با افزایش منظم در تعداد هسته‌ی سلول‌ها، افزایش شدت بیوفوتون را مشاهده کرده‌اند (وابستگی خطی در غلظت‌های کم). از این‌رو، آن‌ها، هسته‌ی سلول‌ها را از مظنونین انتشار بیوفوتون معرفی می‌نمایند.

^۴ EZ Water

^۵ در سلول‌ها، و در سیتوپلاسم آن‌ها، آب‌های ساختاریافته‌ی کوانتومی و ژله‌مانندی وجود دارند که دانشمندان زیست‌شناسی سلولی، به آن‌ها، سیتوزول (Cytosol) می‌گویند. طبق تحقیقات در سه دهه‌ی اخیر، برخی دانشمندان حوزه‌ی بیوفیزیک و بیوشیمی، بر این ادعا پافشاری می‌کنند که این دسته از آب‌ها و مایعات، به‌دلیل مجاورت با لایه‌های درونی محافظت‌کننده از سلول‌ها که از دیواره‌ی آب‌دوست ساخته شده‌اند، توانایی تولید آب ایزی را درون سلول‌های گیاهی و جانوری دارند و این دسته از آب‌ها با گسیل پرتویی فرابنفش، با محیط خارجی خود، ارتباط برقرار می‌نمایند. مبحث جالب و بدیع آب‌های ساختاریافته و ایزی، در کتاب‌های «حیات کوانتومی آب» و «حیات ساختاریافته آب»، به قلم مؤلفین حاضر، به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

^۶ Microorganisms

تلاش‌ها در این زمینه، گزارش‌های تحقیقی ترنس کوئیکندن^۱ و تیلبری^۲ استرالیایی هستند که در دهه‌های هفتاد تا نود قرن پیشین میلادی، با بهره‌گیری از مخمرها و کشت میکروب‌ها و باکتری‌ها (از قبیل باکتری‌های *اشریشیا گلای*^۳، *استرپتوکوک فکالیس*^۴ و *لیستریا مونوسی‌توزن*^۵ که شدت انتشار بیوفوتونیک بیش‌تری نسبت به مخمرها را نشان داده‌اند) در آزمایشگاه^۶، موفق به ثبت انتشار بیوفوتون‌ها از نمونه‌های مذکور در حال رشد و به‌ویژه، در مراحل مختلف رشد، شده‌اند. آن‌ها، همچنین، در نتیجه‌ای جالب به رنگ بیوفوتون‌های ساطع‌شده اشاره می‌کنند. در پژوهش‌های آن‌ها مشخص شده است که ارگانسیم‌هایی که محیط تنفسی غنی از لیپید (چربی)^۷ دارند (همچون باکتری‌ها)، اغلب در طیف مرئی، طول موج‌هایی به رنگ آبی - سبز^۸ و برخلاف آن‌ها، مخمرها، طول موج‌های قرمز را گسیل می‌کنند. آن‌ها، افزایش دما را عاملی برای افزایش انتشار بیوفوتون از برخی باکتری‌ها (مانند *اشریشیا گلای*) تصور می‌کنند و دلیل آن را در افزایش پراکسیداسیون لیپید^۹ جستجو می‌کنند که در دماهای پایین‌تر، نرخ چنین فرایندهایی به‌شدت کاهش می‌یابد. در ادامه‌ی چنین تحقیقاتی، محققان اشاره داشته‌اند که آنزیم‌هایی از قبیل کاتالاز^{۱۰} و سوپراکسید دیسموتاز^{۱۱}، باعث توقف انتشار بیوفوتون‌ها در باکتری‌ها می‌شوند. همچنین، شرایط هوازی^{۱۲} برخلاف بی‌هوازی^{۱۳}، میزان انتشار را سرعت می‌بخشند.

^۱ Terence I. Quickenden

^۲ R. N. Tilbury

^۳ *Escherichia Coli (E. Coli)*

^۴ *Streptococcus Faecalis*

^۵ *Listeria Monocytogenes*

^۶ Microbial & Bacterial Culture

^۷ Lipid Rich Respiratory Environment

^۸ Blue-Green Wavelengths

^۹ پراکسیداسیون لیپید (Lipid Peroxidation)، به طور خلاصه، به معنای جداسازی الکترون‌ها از غشاء لیپیدی

(چربی) توسط رادیکال‌های آزاد است و به تبع آن، چربی‌های غشاء به رادیکال، تبدیل شده و تغییر فاز مشاهده می‌شود.

^{۱۰} کاتالاز (Catalase)، آنزیمی است که تقریباً در همه‌ی موجودات زنده وجود دارد. این آنزیم، از ریبوزوم‌های

(Ribosome) آزاد درون سیتوزول ساخته می‌شود و آب‌اکسیژنه (یا همان هیدروژن پراکسید

(Hydrogen Peroxide)) را به اکسیژن و آب، تجزیه می‌کند.

^{۱۱} سوپراکسید دیسموتاز (Superoxide Dismutase) یا به اختصار SOD، آنزیمی است که روند تبدیل رادیکال

سوپراکسید O_2^- به مولکول دو اتمی اکسیژن (O_2) و آب‌اکسیژنه (H_2O_2) را تسهیل می‌کند.

^{۱۲} Aerobic

^{۱۳} Anaerobic

در این راستا، گودلوسکی^۱ و محققان همراه با وی در سال ۱۹۹۳ میلادی، با اشاره به تحقیقات این گروه استرالیایی، به نتیجه‌ای مهم دست یافتند که سلول‌های مخمر، توانایی هومئوستاز^۲ بالقوه‌ای دارند و با شرایط اختلالی در نمونه، مقابله و با افزایش انتشار بیوفوتون و تغییر در طیف طول موجی بیوفوتون‌ها، به پایداری خود کمک می‌نمایند. سرانجام، ایشان ادعا نموده‌اند که طیف تابشی این دسته از بیوفوتون‌ها، در دسته‌ی امواج فرابنفش قرار می‌گیرد.

انتشار بیوفوتون از گیاهان

دیگر قلمروی بیوفوتونیک در طبیعت، گیاهان و سلول‌های آن‌ها هستند. بیوفوتون، همانند زبانی برای گیاه و سلول‌هایش، به‌شمار می‌آید و گیاه را مستقیماً به محیط اطراف خود پیوند می‌دهد. این پرتوهای اعجاب‌انگیز، توانایی خبررسانی از بیماری، خراش، تنش-های شیمیایی و مکانیکی^۳ و محیط ناسالم یا سالم رشد گیاه را به گیاهان دیگر، انسان‌ها و حتی حیوانات استفاده‌کننده از آن‌ها دارند. در خلال این سال‌ها، نمایش انتشار بیوفوتون گیاهی و تمایز آن با پدیده‌هایی همچون لومینسانس، فلئوئورسانس و فوتوسنتز، یکی از علایق محققان در زمینه‌ی بیوفوتونیک گیاهی بوده است.

نخستین تلاش‌ها در این زمینه بر می‌گردد به گزارش پژوهشی اسکات^۴ و تیم او در سال ۱۹۸۹ میلادی که در آن اشاره داشته‌اند که بیوفوتون‌ها در جوانه‌ی دانه‌ی سویا، کاملاً جایگزیده^۵ هستند و در طول فرایند تقسیم سلولی، افزایش شدت را نشان می‌دهند. البته، نخستین پژوهش در زمینه‌ی بیوفوتونیک گیاهی، به دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی و فعالیت‌های گروهی تحت رهبری کوئی، باز می‌گردد. آن‌ها، در آزمایش‌های خود، مشاهده نمودند که

^۱ M. Godlewski

^۲ هومئوستازی (Homeostasis)، به معنای تعادل در عملکرد اعضای مختلف بدن و کل بدن است. سلامتی، در حفظ پایداری محیط درونی بدن، تعادل در شرایط فیزیکی و شیمیایی آن و ثبات متغیرهای مختلف در محدوده‌ای، به اصطلاح، محدوده‌ی هومئوستاتیک، تعریف می‌شود. از دیدگاه فیزیکی، هومئوستازی، به معنای ثبات در انرژی کل سامانه‌ی زیستی است، حتی هنگامی که اختلال‌های خارجی (External Perturbations) در دوره‌های زمانی قابل-ملاحظه (مثل تنش، گرما، سرما و یا جذب نور) بر آن تحمیل شوند.

^۳ تنش (Stress)، به عبارتی، به معنای اختلال در هومئوستاز یا ایجاد شرایط عدم تعادل در سامانه‌ی زیستی است.

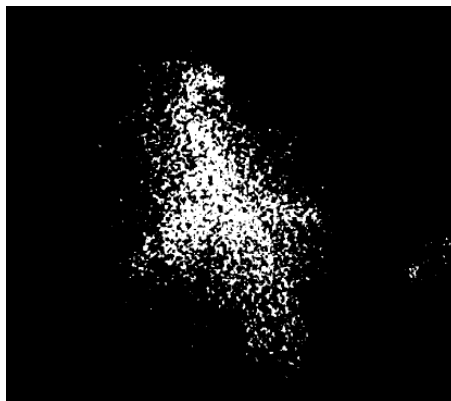
^۴ R. Q. Scott

^۵ Soybean

^۶ Localized

لوبیاهای خراشیده و بُرش خورده، ۲ تا ۳ برابر بیش تر از دیگر لوبیاهای بیوفوتون، تابش می کنند. این تحقیقات، به نوعی نخستین نمایش اثرات خراش یا آسیب در گیاهان بوده است. اما، در ادامه، گروه های گوناگون، واکنش گیاهان و حتی جُلَبَک ها^۱ را به اثراتی نظیر آسیب، سم^۲، تنش به وسیله ی نمک^۳ و کم آبی (خشکی و تشنگی)^۴ نیز بررسی و نتایج پژوهش خود را در جمله ای کوتاه خلاصه نمودند: افزایش در شدت بیوفوتون های ساطع شده از گیاهان.

در همین راستا و در یکی از مهم ترین پژوهش ها، سوزوکی^۵ و همکاران ژاپنی وی در سال ۱۹۹۱ میلادی، با ایجاد برشی باریک در جوانه ی لوبیای آزوکی^۶ (لوبیا قرمز ژاپنی با نام علمی *ویگنا آنگولاریس*^۷)، به این نتیجه دست یافتند که شدت انتشار بیوفوتون در محل برش، به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد و از دیدگاه آن ها، این افزایش شدت به معنای واکنش دفاعی هوشمندانه ی گیاهان در برابر آسیب یا بیماری های احتمالی است.



شکل ۱: افزایش در شدت بیوفوتون در محل برش جوانه ی دانه ی سویا (تصویر راست) و نمونه ای شماتیک از نوع و محل برش (شکل چپ).

در ادامه ی این قبیل تحقیقات، کای^۸ و همکاران ژاپنی اش، در خلال سال های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ میلادی، مجدداً با تمرکز بر جوانه های لوبیای آزوکی، ارتباطی مستقیم و خطی بین

^۱ Algae

^۲ Poison

^۳ Stressed by Salt

^۴ Drought

^۵ S. Suzuki

^۶ Adzuki Bean

^۷ *Vigna Angularis*

^۸ S. Kai

رشد لوبیا و تابش بیوفوتون را ثبت نمودند. گروه کای، رابطه‌ای خطی بین افزایش شدت بیوفوتون ساطع شده و نرخ جوانه‌زنی را نیز به‌وضوح نشان دادند. در ضمن، پیش از این گروه ژاپنی، شائوف^۱ آلمانی و همراهانش در سال ۱۹۹۲ میلادی، به این حقیقت پی برده بودند که خیارها^۲ در مراحل رشد، توانایی ارتباط از راه دور^۳ با یکدیگر را دارند که مبحثی بسیار عجیب و جالب است. در راستای تحقیقات بیوفوتونیک گیاهی، ماساکی کوبایاشی^۴ ژاپنی و همکاران وی در سال ۱۹۹۷ میلادی، به نتیجه‌ای قطعی دست یافتند مبنی بر این که سامانه‌های زنده، مجموعه‌ی پیچیده‌ای از سطوح سلولی^۵ و بزرگ‌مقیاس (ماکروسکوپی)^۶ هستند و هرگونه تداخل در این نظام و دستگاه پیچیده، باعث اختلال در آن شده و این عدم تعادل و توازن را با نمایش بیوفوتون‌هایی اضافی به نمایش می‌گذارند. تأکید می‌شود که انتشار بیوفوتون در گیاهان، علاوه بر نمایش صدمه و آسیب و حتی بیماری در آن‌ها، نشان‌گر تفاوت بین گیاهان^۷ و مراحل رشد^۸ آن‌ها نیز خواهد بود.

کاترین کریث^۹ به همراه گری شوارتز^{۱۰} در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ میلادی، از دانشگاه آریزونا ایالات متحده، یکی از عکس‌برداری‌های واضح بیوفوتونیک از گیاهان را در مقالات خود ارائه کرده‌اند. در این تصاویر، نقاط روشن و تاریکی مشاهده می‌شوند که طبق ادعای ایشان، به شدت بیوفوتون خروجی از برگ گیاه شمعدانی^{۱۱} مرتبط است. با این حساب، مطابق شکل ۲، می‌توان دریافت که در لبه‌های قهوه‌ای برگ‌ها که مقداری پلاسیدگی و زردشدگی دیده می‌شود، شدت بیوفوتون گسیلی، به کم‌ترین میزان، رسیده است (گویی این بخش‌ها دیگر نشانه‌ای از حیات و سرزندگی ندارند!) ولی بخش‌های اصلی برگ شمعدانی که در عکس معمولی، سبز رنگ هستند، بیوفوتون از خود ساطع می‌کنند و تصویری روشن در تصویربرداری بیوفوتونیک ارائه می‌دهند. از این‌رو، با چنین عکس‌برداری-

¹ B. Schauf

² Cucumbers

³ Distant Communication

⁴ Masaki Kobayashi

⁵ Cellular Levels

⁶ Macroscopic Levels

⁷ Differentiation

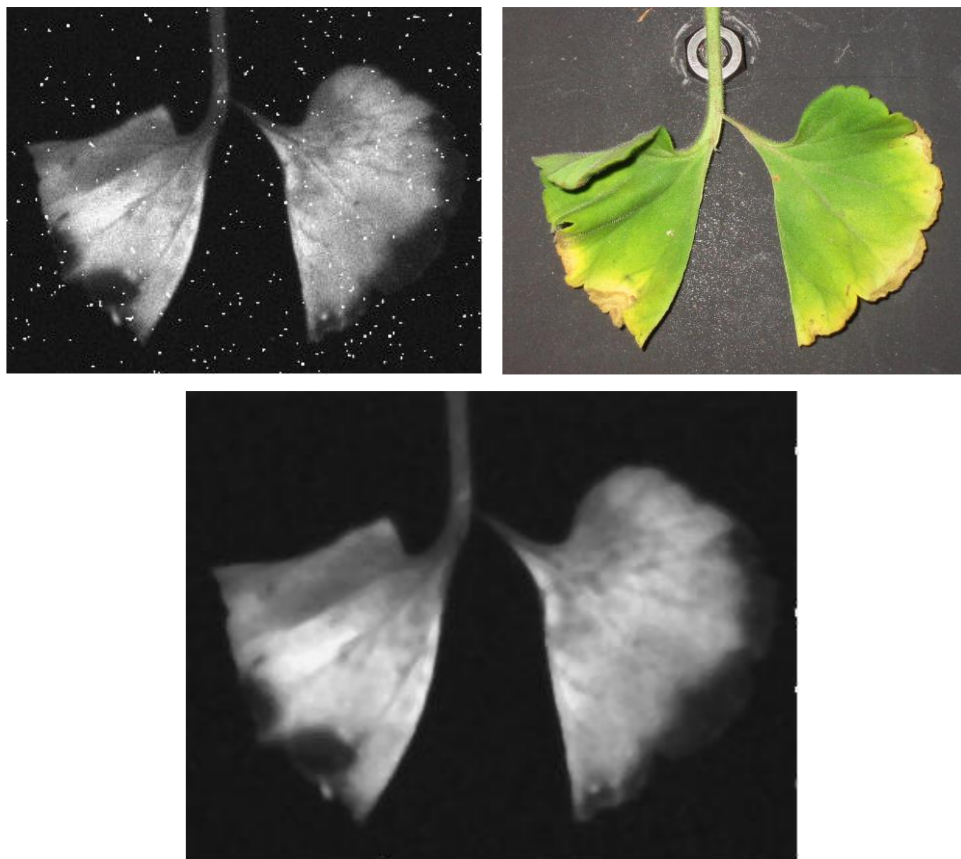
⁸ Growth Stages

⁹ Katherine Creath

¹⁰ Gary E. Schwartz

¹¹ Geranium

هایی از درون برگ گیاهان و حتی بخش‌های دیگر گیاهان، مانند میوه، ساقه و یا ریشه^۱، اطلاعات بی‌ظیری از سلامت و نحوه‌ی رشد این بخش‌ها استخراج و تحلیل آن را به محققان گیاه‌شناس و کشاورز، ارائه می‌نماید.

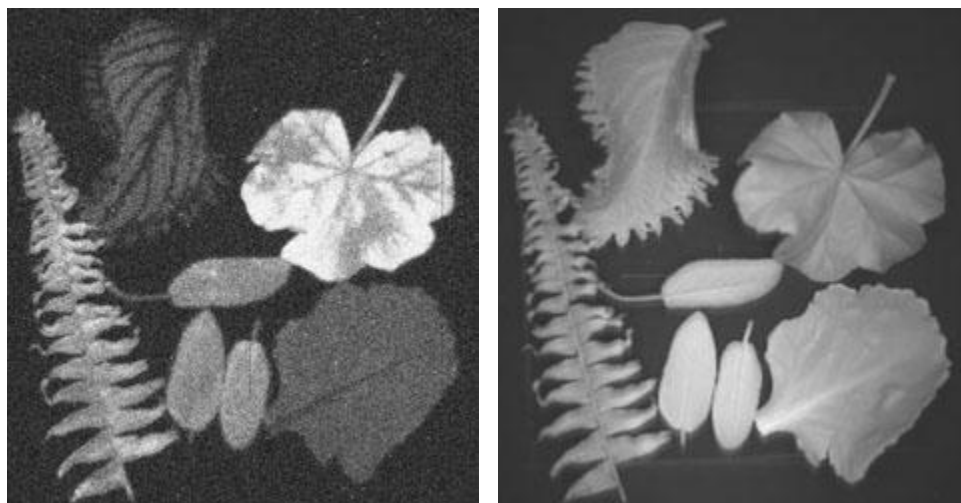


شکل ۲: عکس‌برداری از برگ گیاه شمع‌دانی. تصویر معمولی (تصویر راست بالا)، تصویر بیوفوتونیک پس از دو ساعت عکس‌برداری از برگ‌هایی که پنج ساعت در تاریکی مطلق بوده‌اند (تصویر چپ بالا) و تصویر پالایش و فیلتر شده از آن و حذف نقاط روشن حاصل از نفوذ پرتوهای کیهانی به اتاق تاریک و صفحه‌ی دوربین (تصویر پایین).

^۱ کولی به همراه فاکینی و دیگر همکارانشان، در همان دهه‌ی پنجاه قرن بیستم میلادی، بیش‌ترین انتشار بیوفوتون از گیاهان را به ریشه‌ها و برش‌های ایجاد شده در بخش‌های مختلف گیاهان، نسبت داده‌اند. از این‌رو، مطالعه‌ی عمیق میزان انتشار بیوفوتون از ریشه‌ها و همچنین، میوه‌ها و محصولات نهایی گیاهان (چه برش‌خورده و چه سالم آن‌ها)، به انتخاب درجه‌ی نخست محققان در عرصه‌ی بیوفوتونیک گیاهی، تبدیل گشته است.

نکته‌ی جالبی که در این تصاویر نهفته است، تأکید پژوهشگران بر عکس‌های فلوئورسانس^۱ کلروفیلی^۱ است. آن‌ها، ادعا می‌کنند که در حین عکس‌برداری باید به این نکته توجه شود که نمونه‌های گیاهی، بلافاصله پس از قرارگیری در اتاق تاریک، تابش‌های فلوئورسانسی حاصل از کلروفیل را به نمایش می‌گذارند و اگر خواهان تصویر بیوفوتونیک هستیم، بایستی مدتی صبر نمود (در حدود ۱۰ تا ۲۰ دقیقه!) تا پدیده‌ی تابش فلوئورسانسی مذکور، کاهش قابل توجهی یابد و سپس، گیاه از تابش بیوفوتونیک خود رونمایی می‌کند.

باید دقت داشت که چون شدت تابش‌های فلوئورسانسی در مقایسه با تابش‌های بیوفوتونیک بسیار زیاد است، در دقایق ابتدایی نمی‌توان آن‌ها را از هم تفکیک نمود و ضروری است تا کاهش ملموس تابش‌های فلوئورسانسی، صبری کرد و پس از مدتی، با اطمینان، تابش‌های ثبت‌شده را به تابش‌های بیوفوتونیک نسبت داد. در تصاویر شکل ۲، همچنین، نقاط روشنی مشاهده می‌شوند که به اثرات پرتوهای پُر انرژی کیهانی بر می‌گردند که این محققان، ناگزیر برای وضوح بهتر، تصویر بیوفوتونیک واقعی را با کمی اصلاح و پالایش، ارائه کرده‌اند.



شکل ۳: عکس‌برداری هم‌زمان از برگ گیاهان سرخس بوستون، حُسن‌یوسف، شمعدانی، کلم و مریم‌گلی بنفش. تصویر معمولی در اتاق تاریک (تصویر راست) و تصویر بیوفوتونیک (تصویر چپ).

^۱ Chlorophyll Fluorescence Images

در دیگر عکس‌هایی که این دو محقق در مقالات خود به تصویر کشیده‌اند، تصویری هم-زمان از برگ‌های چند گیاه که از سمت چپ تصویر، به ترتیب، برگ سَرَخسِ بوستون^۱، حُسنِ یوسف^۲، شمعدانی، کلم^۳ و مریم‌گلی بنفش^۴، نمایان هستند. در شکل ۳ نیز تصویر معمولی و بیوفوتونیک آن‌ها، ارائه شده است. آن‌طور که از شکل ۳ مشخص است، برخی گیاهان نسبت به دیگری، تابش‌های بیوفوتونی بیش‌تری را به نمایش می‌گذارند که احتمالاً به ساختار داخلی و سلول‌های آن‌ها، بستگی مستقیم دارد. به دنبال این تفاوت‌ها، دانشمندان در صدد پاسخ‌گویی علت و دلایل تفاوت در انتشار و گسیل بیوفوتون‌ها بر آمده‌اند که به تفصیل در بخش‌های آتی به آن‌ها می‌پردازیم و نتایج، الگوها و مُدل‌های آزمایشگاهی و نظری (تئوری) گوناگونی را از نظر خواهیم گذراند.

انتشار بیوفوتون از حیوانات و انسان‌ها

از دیگر مواردی که دانشمندان به دنبال آن بوده‌اند، اثبات وجود بیوفوتون در بدن حیوانات (به‌ویژه، پستانداران) و انسان‌ها است. تحقیقات گسترده‌ای طی چند دهه‌ی اخیر بر این قبیل نمونه‌ها صورت پذیرفته است و ما به دلیل کثرت گزارش‌ها، به تعدادی از آن‌ها که نتایج درخور و بدیعی داشته‌اند، اشاره خواهیم نمود. این گزارش‌ها به چند دسته‌ی اساسی طبقه‌بندی می‌شوند. دسته‌ی نخست، بر اثبات وجود بیوفوتون‌ها در حیوانات و انسان‌ها^۵ پافشاری^۶ و دسته‌ی دوم بر شیوه‌های بدیع آشکارسازی^۷ آن‌ها متمرکزند. دسته‌ی سوم، با قدم‌نهادن در سطحی بالاتر، بررسی عوامل ایجاد و انتشار بیوفوتون‌ها را در دستور کار خود دارند. دسته‌ی نهایی نیز با بررسی هم‌زمان علل ایجاد و انتشار بیوفوتون، به تحلیل بیماری‌ها و یا عوامل فیزیولوژیک مرتبط با افزایش یا کاهش شدت انتشار در نواحی مختلف بدن حیوانات و انسان‌ها، می‌پردازند.

^۱ Boston Fern

^۲ Coleus

^۳ Cabbage

^۴ Purple Sage

^۵ محققان معتقدند که بیوفوتون، متفاوت از امواج الکترومغناطیسی حاصل از تابش حرارتی (Thermal Radiation) از اجسام در دماهای بالاتر از صفر کلون (کمینه‌ی دمایی در جهان مادی) است.

^۶ جالب است به این نکته اشاره شود که آرگانسیم‌های ساده (Simple Organisms)، بیوفوتون بیش‌تری نسبت به آرگانسیم‌های پیچیده (Complex Organisms)، همچون انسان‌ها و حیوانات، تابش می‌کنند!

^۷ Detection

یکی از افرادی که در دهه‌های گذشته، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات از بیوفوتون گسیلی از بدن انسان‌ها و حیوانات داشته است، دانشمندی به نام بالاسی گامانی دیورج، است. وی با همکاران خود، به‌ویژه، همکاران ژاپنی، پژوهش‌هایی شایسته در این مبحث ارائه کرده است. برای مثال، وی به همراه اسکات و دیگر همکارانش، در سال ۱۹۹۱ میلادی، به تحقیق بر بیوفوتون انسانی مشغول شد و به نتایجی مهم در مورد علل و عوامل این انتشار اعجاب‌آور از بدن انسان‌ها دست یافت. او و هم‌تیمی‌هایش، ماهیت انتشار بیوفوتون را به هسته‌ی سلول و فرایند پراکسیداسیون لیپید در غشاء^۱ هسته‌ی سلول نسبت داده و بیان نموده‌اند که به‌دلیل افزایش سن انسان‌ها، افزایش در شدت بیوفوتون‌های خروجی از هسته‌ی سلول‌ها، مشاهده می‌شود.^۲

گروه مذکور مجدداً در همان سال، در گزارشی دیگر، اثر دما بر انتشار بیوفوتون‌های انسانی را مطالعه کرده‌اند. در این مقاله، محققان اثر مستقیم دما بر شدت انتشار بیوفوتون را بررسی کرده و دلیل آن را به گذار فاز^۳ در غشاء هسته‌ی سلول در دمایی بحرانی^۴ نسبت داده‌اند که این گذار فاز، باعث تغییر در میزان اطلاعات ورودی و خروجی به هسته‌ی سلول می‌شود (لازم به ذکر است که هسته‌ی سلول به‌دلیل وجود دی‌ان‌ای (DNA)، به انباری برای اطلاعات ژنتیکی^۵ معروف است!). مطابق با پژوهش‌های مذکور، هوگو نیگلی^۶ در سال ۱۹۹۲ میلادی و کیمورا^۷ و همکاران ژاپنی وی در همان سال، با کشت سلولی موفق شدند در جهت اثبات فعالیت‌های تحقیقی پیشین، انتشار بیوفوتون را مجدداً ثبت نمایند. در ادامه، آمانو^۸ از ژاپن به همراه همکاران خود در سال ۱۹۹۵ میلادی، موفق به ثبت تصاویر دو بعدی بیوفوتون^۹ از پای موشی که با سلول‌های سرطانی^{۱۰} آلوده شده بود، گامی مهم در فهم انتشار

^۱ Membrane

^۲ دانشمندان بر این عقیده هستند که آرگانسیم‌ها (مثل انسان‌ها) و سلول‌های در حال مرگ، با افزایش ناگهانی، سریع و شدیدی از انتشار بیوفوتونی مواجه می‌شوند و با قطعی شدن مرگ، اندوخته‌ی بیوفوتونی آن‌ها تدریجاً کاهش می‌یابد و به مرور زمان، انتشار بیوفوتون از آن‌ها به صفر می‌رسد.

^۳ Phase Transition

^۴ Critical Temperature

^۵ Store House for Genetics Information

^۶ Hugo. J. Niggli

^۷ M. Kimura

^۸ T. Amano

^۹ Two-Dimensional Biophoton Imaging

^{۱۰} Cancerous Cells

بیوفوتون‌ها از سلول‌های سرطانی را برداشتند. همچنین، گروه‌های پیشگام ژاپنی در همان سال‌ها، متوجه رابطه‌ی مستقیم آسیب‌دیدگی و زخم در بدن حیوانات و به تبع آن، انتشار بیوفوتون (مانند گیاهان) شدند.

مطابق با شکل ۴، مشاهده می‌شود که بلافاصله بعد از آسیب، نقاطی روشن (بیوفوتون) در زمینه‌ای تاریک پدیدار می‌شوند که نشانه‌ی آسیب و افزایش در شدت بیوفوتون‌های گسیلی از محل آسیب است. اما، پس از دو روز، گویی این بیوفوتون‌ها روندی نزولی را تجربه می‌کنند. جالب است که در روزهای چهارم و ششم، این شدت انتشار بیوفوتون، مجدداً روندی صعودی را به خود می‌گیرد. محققان بر این باورند که در روزهای چهارم و ششم پس از آسیب، به دلیل فعالیت سیستم ایمنی^۱ در بدن موش، افزایش شدت بیوفوتون، محتمل است و شاید توجیه‌کننده‌ی افزایش شدت بیوفوتون‌ها در پشت این موش بوده باشد. این محققان اشاره داشته‌اند که در روز هشتم پس از آسیب، شدت انتشار بیوفوتون به طور قابل-ملاحظه‌ای، کاهش یافته است (متأسفانه، در شکل ۴، تصویر مربوطه را ارائه نکرده‌اند!) و ارتباطی مستقیم با بهبود آسیب‌دیدگی در این حیوان داشته است. در گزارش‌های دیگری که گروه‌های ژاپنی (در همان دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی) با پژوهشگران برجسته‌ای همچون دیورج، کوبایاشی، اوسا^۲ و هومیو اینابا^۳، به سرانجام رسانده‌اند، نشان داده‌اند که در تصاویر بیوفوتونیک دوبعدی، افراد سالم نیز بیوفوتون منتشر می‌کنند ولی با شدتی به مراتب کم‌تر از افراد بیمار.



شکل ۴: تصویر بیوفوتونیک دوبعدی از آسیب در پشت موش، بلافاصله (a)، دو روز (b)، چهار روز (c) و شش روز بعد از آسیب (d).

¹ Immune System

² M. Usa

³ Humio Inaba

در ضمن، محققان دریافته‌اند که در دست افراد سالم، با تقریب بسیار خوبی، انگشتان اشاره و میانی^۱، بیش‌ترین و کف دست^۲، کم‌ترین میزان تابش را از خود بروز می‌دهند.

آن‌ها، همچنین، نشان داده‌اند که بیماران با کم‌کاری تیروئید^۳ و افرادی که تیروئید خود را برداشته‌اند، شدت انتشار بیوفوتونی کم‌تری نسبت به افراد سالم، دارند. این پژوهشگران، در پایان تحقیقات خود اشاره داشته‌اند که گویی افراد با اختلالات فیزیولوژیکی^۴، الگوی متفاوت از افراد سالم را در انتشار بیوفوتون‌ها از خود به نمایش می‌گذارند.

در گزارشی دیگر که اینابا به همراه همکارانش در سال ۱۹۸۶ میلادی، منتشر کرده است، اثبات نموده است که خون بیماران سرطانی، دیابتی و حتی بیماران مبتلا به زردی^۵، بیوفوتون‌های پُر شدت‌تری را نسبت به افراد سالم، گسیل می‌کنند.

در این راستا، فان‌ویک^۶ و همکاران هلندی وی در سال ۲۰۱۰ میلادی، نشان دادند که بیماران، عدم توازن در میزان بیوفوتون ساطع‌شده از دست چپ و راست را به‌وضوح نشان می‌دهند.^۷ کوهن^۸ و پوپ نیز پیش از این در سال ۲۰۰۳ میلادی، به شواهدی همسان برای بیماران ام‌اس^۹ دست یافته بودند (شدت بیش‌تر بیوفوتون‌ها، ناهمسانی بیوفوتونیک دست چپ و راست و همچنین، عدم تقارن تابش بیوفوتونی جلو و پشت بدن^{۱۰}). آن‌ها، همچنین،

¹ Index & Middle Fingers

² Palm

³ Hypothyroidism

⁴ Physiological Malfunctions

⁵ Juandice

⁶ J. van Wijk

^۷ یکی از کلیدی‌ترین نتایجی که فان‌ویک و همکارانش در این سال‌ها در عرصه‌ی بیوفوتونیک ارائه کرده‌اند، بحثی است که به رابطه‌ی تعداد سلول‌ها و شدت بیوفوتون خروجی بر می‌گردد. طبق ایده‌ی این گروه، افزایش در تعداد سلول‌های سالم، سبب کاستن از شدت بیوفوتون می‌شود ولی بالعکس، افزایش در تعداد سلول‌های سرطانی در یک نمونه، افزایش-دهنده‌ی میزان شدت بیوفوتون‌ها خواهد بود؛ یعنی تعداد سلول‌ها و شدت بیوفوتون تولیدی، به‌ترتیب، رابطه‌ای وارون و مستقیم با سلول‌های سالم و سرطانی، دارند.

⁸ V. Cohen

⁹ Multiple Sclerosis (MS)

¹⁰ Ventral-Dorsal Asymmetry

دریافته‌اند که بخش‌های اصلی بدن، همچون قفسه‌ی سینه^۱ و شکم^۲، برخلاف نواحی بیرونی‌تر، بیوفوتون‌های کم شدت‌تری را تابش می‌کنند.^۳

در روند پیگیری بیوفوتونیک انسانی، گروهی تحقیقاتی اهل کره جنوبی، تحت سرپرستی جونگ^۴ در سال ۲۰۰۳ میلادی، با بررسی هفت بیمارِ همی‌پارزی^۵ به این نتیجه دست یافتند که چهار تن از بیماران، عدمِ تقارنِ بیوفوتونیک در دست‌های چپ و راست را به‌وضوح به نمایش گذاشته‌اند و چنین عدمِ تقارنی در سه فرد دیگر، قابل‌ملاحظه نبوده است! در این عرصه، چوئی^۶ و محققان همراه با او در سال ۲۰۰۲ میلادی، پیش از این، با بررسی بیمارانِ همی‌پارزی، موفق شده بودند نتایجی مشابه را به ثبت برسانند و جالب‌تر آن‌که، بیماران، پس از تجربه‌ی طب سوزنی^۷ توسط متخصصان گروه، کاهش در عدمِ تقارنِ بیوفوتونیکِ کف و پشتِ دست‌ها را به نمایش گذاشته‌اند که طبق طب سنتی شرق آسیا^۸، هر آنچه که تقارن در سمت راست و چپ بدن، بیش‌تر باشد، شخص از سلامتِ قابل‌قبول‌تری برخوردار است! این‌ها نیز در سال ۲۰۰۰ میلادی نشان داده بود که نقاط مشخص طب سوزنی، شدت انتشار بیوفوتونی بیش‌تری نسبت به دیگر نقاط بدن (که کم‌تر یا اصلاً در این نوع طب استفاده می‌شوند)، دارند. این نتیجه نیز به نوبه‌ی خود اثباتی بر درستی و صحت نظریه‌ی طب سوزنی است!

برخی پژوهش‌ها از تأثیر مثبتِ تجربه‌ی مدیتیشن (ژرفاندیشی)^۹ و مراقبت بر سلامت جسم و روح، خبر می‌دهند. این نوع نگاه، علی‌رغمِ مخالفانِ زیادی که در سراسر دنیا دارد، دانشمندانی از حوزه‌های مختلف را نیز جلب خود کرده و محققان به اثرات مثبت آن، اعتقاد راسخ دارند. با این حال، مقالاتی براساس تجربه و آزمایش‌های بیوفوتونیک منتشر شده است

^۱ Thorax

^۲ Abdomen

^۳ ادواردز (R. Edwards) و محققان همراه با وی در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ میلادی، به طور عملی، اثبات کرده‌اند که نواحی صافِ بدن (از جمله شکم، پشتِ کمر و سینه) انتشار بیوفوتونیکِ کم‌تری نسبت به نواحی پیچیده‌تری همچون سر (ناحیه‌ی پیشانی) و دست‌ها دارند.

^۴ H. H. Jung

^۵ بیماریِ همی‌پارزی (Hemiparesis)، عموماً پس از سکته‌ی مغزی، نمایان و سبب ضعف شدید در یک نیمه‌ی بدن بیمار می‌شود. این ضعف، باعث اختلال در عملکردهای حرکتی و فعالیت‌های روزانه در بیمار می‌شود.

^۶ C. Choi

^۷ Acupuncture

^۸ Traditional Eastern Asian Medicine

^۹ Meditation

که در آن‌ها افت شدت بیوفوتون از نقاط مختلف بدن^۱ و افزایش تقارن بیوفوتونیک سمت راست و چپ و حتی پشت و جلوی بدن، به ثبت رسیده است. برای مثال، در مقاله‌ای که ادیوارت و رولانت فان‌ویک به همراه جان آکرمن^۲ در سال ۲۰۰۵ میلادی، منتشر نموده‌اند، صراحتاً به این نتیجه، اشاره و بیان می‌کنند که گویی مدیتیشن و مراقبت‌های مرتبط با آن، بر روند توازن بین رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها^۳ در بدن کمک می‌کنند!

در ادامه‌ی پیگیری روند فزونی‌یافتن یا کاسته‌شدن از شدت بیوفوتون‌ها در انسان‌ها، آیوز^۴ و همکارانش در سال ۲۰۱۴ میلادی، با بررسی بیوفوتونیک چندین داوطلب پی بردند که شدت بیوفوتون در طول روز کاهش می‌یابد و رشدی قابل‌ملاحظه را در هنگامه‌ی غروب و شب، به نمایش می‌گذارد!

میخال سیفرا^۵، محقق اهل جمهوری چک به همراه ادیوارت و رولانت فان‌ویک و همکارانشان در سال ۲۰۰۷ میلادی، با انتشار گزارشی تخصصی، ریتهم‌ها^۶ و افت و خیزهای^۷

^۱ یکی از پژوهش‌های درخشان در زمینه‌ی تأثیر مثبت مدیتیشن بر کاهش شدت بیوفوتون‌ها، تحقیق جواکینو پالی‌بارو (Gioacchino Pagliaro) روان‌درمان‌گر (Psychotherapist) ایتالیایی به همراه تیمی متشکل از هموطنانش است که در سال ۲۰۱۷ میلادی با بررسی مدل‌های گوناگونی از مدیتیشن‌های متداول (از جمله، یوگا (Yoga)، تای‌چی‌چوآن (Tai Chi Chuan)، کوئید گونگ (Quid Gong) و تسار لونگ (Tsar Lung))، موفق به ثبت کاهش ۱۷ تا ۲۷ درصدی شدت بیوفوتون‌های خروجی از بدن داوطلبان شده‌اند. این تحقیقات، به‌تنهایی، اثرات کلیدی و حیاتی انواع مدیتیشن بر کاهش شدت بیوفوتون‌ها را آشکار می‌کنند و از این‌رو، می‌طلبد تا محققان مسلمان نیز با تحلیل اثرات مثبت احتمالی انجام عبادات و فرائض دینی (مانند نماز، روزه، اعمال مستحبی و دیگر دستورات دین مبین اسلام) بر ساختار بیوفوتونیک بدن داوطلبان، به‌درستی و با کم‌ترین خطای آزمایشگاهی، به ثبت این وقایع بپردازند تا نتایجی مُتَقَن و محکم از بیوفوتونیک نیز در راستای تغییرات مثبت روحی و حتی جسمانی پس از انجام فرائض و مستحبات دینی، در اختیار مؤمنین قرار داده شود.

^۲ John Ackerman

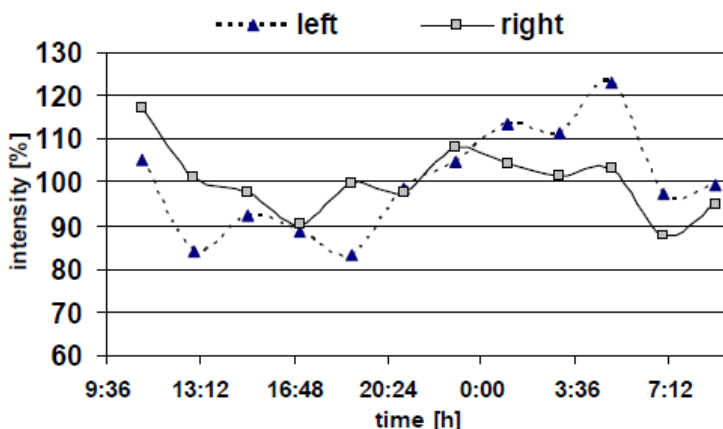
^۳ رادیکال‌های آزاد (Free Radicals)، به اتم‌ها، یون‌ها یا مولکول‌هایی اطلاق می‌شود که الکترون‌های جفت‌نشده‌ای در لایه یا تراز آخر الکترونی آن‌ها یافت شوند. اکسیداسیون، واکنشی شیمیایی است که توانایی تولید رادیکال‌های آزاد و آسیب‌رسانی جدی به ساختار و عملکرد سلول‌ها را دارد. پزشکان بر لزوم کاهش میزان اکسیداسیون در بدن با مصرف خوراکی‌های حاوی آنتی‌اکسیدان (Antioxidant)، تأکید دارند؛ آن هم به این دلیل که حضور و تجمع آن‌ها در بدن، موجبات بیماری را فراهم می‌سازد و عامل اساسی برخی بیماری‌ها (همچون سرطان) تلقی می‌شوند.

آنتی‌اکسیدان‌ها، برخلاف رادیکال‌های آزاد هستند و به نوعی دشمن آن‌ها محسوب می‌شوند. این ترکیبات، مانع از فرایند اکسیداسیون در بدن شده و با دادن الکترونی اضافی از لایه‌های الکترونی خود به رادیکال‌های آزاد، مسبب تکمیل فرایند جفت‌شدگی الکترون‌ها در رادیکال‌های آزاد می‌شوند.

^۴ J. A. Ives

^۵ Michal Cifra

بیوفوتونیک در طول شبانه‌روز را به ثبت رسانده‌اند.^۱ در این مقاله، ابتدا، با ارائه‌ی جدولی نشان داده‌اند که به طور میانگین، برای داوطلبان شرکت در این آزمایش، پشت دست‌ها از کف دست‌ها، انتشار بیوفوتونی کم‌تری دارند و میانگین شدت بیوفوتون ساطع‌شده از دست چپ نیز تا حدودی کم‌تر از دست راست است. محققان این گروه، با استناد به تحقیقات خود و با رسم نموداری مطابق با نمودار شکل ۵، افت و خیز به نسبت کم‌تر بیوفوتون دست راست نسبت به دست چپ را به‌وضوح نشان می‌دهند و کم‌تر بودن میزان بیوفوتون گسیلی از دست راست نسبت به دست چپ در طول شب تا دمدمه‌های صبح و روند وارون آن در روز تا ساعات نخستین شب را نیز کاملاً ترسیم نموده‌اند.



شکل ۵: نمودار شدت بیوفوتون گسیلی بر حسب ساعت در شبانه‌روز. میانگین شدت دست راست (خط و مربع توپر) و دست چپ (خط چین و مثلث توپر).

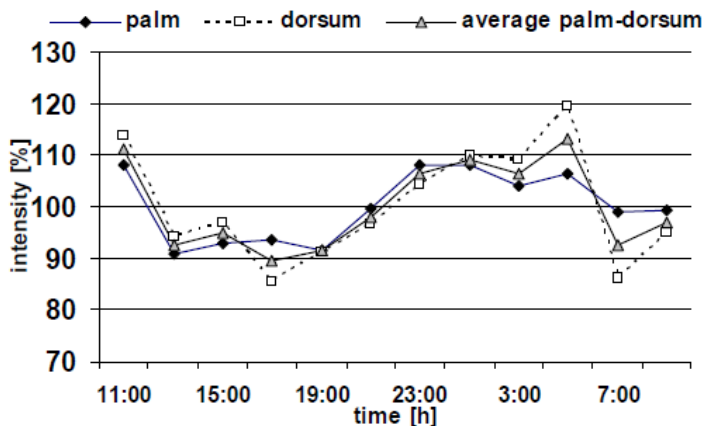
طبق نمودار شکل ۶، آن‌ها به نمایش افت و خیزهای کف و پشت دست‌ها (میانگین مقدار هر دو دست) و همچنین، میانگین کلی از کف و پشت هر دو دست، مبادرت ورزیده‌اند. در نمودار شکل ۶، تغییرات شدت بیوفوتون بر حسب ساعت، برای میانگین مقدار کف

^۶ Rhythms

^۷ Fluctuations

^۱ سوفی کوهن (Sophie Cohen) و فریتس آلبرت پوپ، در سال ۱۹۹۷ میلادی، موفق به ثبت ریتمی منظم از انتشار بیشینه‌ی بیوفوتونی از دست‌ها و پیشانی، شده‌اند. آن‌ها با تحلیل داده‌های بیوفوتونیک دست و پیشانی انسان‌ها، متوجه شده‌اند که در دوره‌های ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۷، ۸۰ و ۲۷۰ روزه، حداکثر میزان انتشار ثبت شده است. در طول سالیان، محققان با به‌کارگیری روش‌های گوناگون، بر صحت این نتیجه، مهر تأیید زده‌اند. بنابراین، یکی از مشغله‌های پژوهشگران در این عرصه، نمایش و اثبات ریتم‌های بیوفوتونیک (Biophotonic Rhythms)، بوده و هست. برای مثال، ریتم منظم در مبتلایان به بیماری ام‌اس (MS)، کاملاً به اثبات رسیده است!

هر دو دست با خط و مربع توپر، پشت هر دو دست با خط چین و مربع توخالی و میانگین کلی از کف و پشت هر دو دست با خط و مثلث توپر، نشان داده شده است. طبق آنچه در این نمودار قابل مشاهده است، میانگین شدت بیوفوتون در هر سه پارامتر در حدود ساعات پایانی روز، به کمترین میزان خود می‌رسد و در نیمه‌های شب، بیشترین مقدار را نمایان می‌سازد. با نگاهی دقیق‌تر به نمودار شکل ۶، می‌توان دریافت که در بعضی ساعات، کف دست و در بعضی ساعات دیگر، پشت دست‌ها به میزان بیش‌تری بیوفوتون‌ها را از خود گسیل می‌کنند. با این حساب، در هر سه پارامتر، افت و خیزهای بیوفوتونیک، کاملاً مشهود است و این موضوع می‌تواند مبحثی جذاب برای تحقیقات آینده در پاسخ به چرایی و چگونگی این رفتار باشد.



شکل ۶: نمودار شدت بیوفوتون گسیلی بر حسب ساعت در شبانه‌روز. میانگین شدت کف هر دو دست (خط و مربع توپر)، پشت هر دو دست (خط چین و مربع توخالی) و کف و پشت هر دو دست (خط و مثلث توپر).

در نهایت، آن‌ها، با بررسی و تحلیل زمانی بیوفوتون‌های کف و پشت هر دو دست، عدم تقارنی را در هر دو حالت مشاهده کرده و به این نتیجه دست یافته‌اند که عدم تقارن در بیوفوتون‌های ثبت‌شده از پشت دست‌های چپ و راست، به نسبت کف دست‌های چپ و راست، نمایان‌تر و واضح‌تر است. میزان عدم تقارن برای پشت دست‌های چپ و راست در حدود ساعات ۷ صبح و ۷ شب، بیشینه و در حدود ساعت ۹ شب، کمینه است. به همین صورت، بیشترین عدم تقارن در کف دست‌های چپ و راست در حدود ساعت ۱۱ صبح و کمترین میزان آن در حدود ساعت ۷ صبح، است. دلیل این افت و خیزها، به میزان تنش اکسیداتیو یا میزان آنتی‌اکسیدان در بدن نسبت داده می‌شود و در طول شبانه‌روز در بدن و

نقاط مختلف آن، میزان رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها، متغیر خواهند بود و همین عامل، باعث ثبت بیوفوتون‌های متغیر و غیر ثابت در شبانه‌روز می‌شود. در همین راستا، کوهِن و پوپ در سال ۱۹۹۷ میلادی نیز با بررسی اثر فصول سال، دریافته‌اند که در فصل تابستان، انتشار بیوفوتون‌ها از دست‌ها، افزایش می‌یابد و در زمستان، کاهشِ تابش مشاهده می‌شود.

در تحقیقی دیگر که توسط کره‌ای‌ها صورت پذیرفته است، کیونگ‌وون نام^۱، تائه‌جین کیم^۲ و دیگر همکارانشان در سال ۲۰۰۲ میلادی، با بررسی انگشتان دست داوطلبان به این حقیقت پی برده‌اند که در بین انگشتان دو دست، شست‌ها بیش از دیگر انگشتان، بیوفوتون گسیل می‌کنند و انگشتان کوچک هر دو دست، کم‌ترین میزان انتشار را به نمایش می‌گذارند. همچنین، محققان کره‌ای در مورد انگشتان دیگر، با قاطعیت سخن نمی‌گویند، آن هم به این دلیل که در افراد مختلف، تفاوت‌های آشکاری را در انتشار بیوفوتون سه انگشت دیگر مشاهده نموده‌اند. در ادامه، آن‌ها با بررسی انتشار بیوفوتونِ ناخن و پوست انگشت شست (همان قسمتی که با اثر انگشت شناخته می‌شود)، متوجه شده‌اند که میزان انتشار میانگین بیوفوتونی در ناخن شست‌ها، بیش‌تر از قسمت اثر انگشت است. البته، ناکامورا^۳ و هیراماتسو^۴ در همان سال ۲۰۰۲ میلادی، از انتشار بیش‌تر ناخن‌های هر ده انگشت (دو دست) نسبت به قسمت اثر انگشتی آن‌ها سخن به میان آورده بودند. نام، کیم و همکارانشان، دلیل ازدیاد شدت انتشار بیوفوتون در ناخن‌ها را به ضریب شکست^۵ و شفافیت^۶ ناخن‌ها نسبت می‌دهند. این محققان، معتقدند که در ناخن‌ها، سلول‌ها با سرعت بیش‌تری، رشد می‌کنند و تقسیم‌های سلولی قابل‌ملاحظه‌تری در این ناحیه رخ می‌دهد که شاید دلیلی بر ازدیاد شدت بیوفوتونی ناخن‌ها باشد.

پژوهشگران در زمینه‌ی تشخیص بیماری‌ها از طریق ثبت بیوفوتون‌های گسیلی از نوک انگشتان دست‌ها نیز به‌عنوان محلی مناسب بهره می‌برند. دلیل گزینش این بخش از بدن به

^۱ Kyung-Woon Nam

^۲ Tae-Jin Kim

^۳ K. Nakamura

^۴ M. Hiramatsu

^۵ Refractive Index

^۶ Transparency

ازدیاد میتوگندری‌ها^۱ باز می‌گردد و دستگاه عصبی محیطی^۲ در نوک انگشتان دست‌ها، مظنون اصلی این ماجرا معرفی می‌شود. در بخش‌های آتی به این موضوع می‌پردازیم و موضوع را با دقت بیش‌تری مورد کنکاش قرار می‌دهیم.

از این‌رو، دانشمندان بیوفوتونیک، شیوهی مبتنی بر ثبت بیوفوتون از بیماران را به‌عنوان روشی جایگزین و غیر تهاجمی^۳ جهت تشخیص بیماری، معرفی می‌کنند و امیدوارند که با افزایش دانش در زمینه‌ی بیوفوتونیک، بتوانند شیوه‌های بی‌خطری را در تشخیص و حتی درمان به بیماران و پزشکان، ارائه نمایند.

دیگر موردی که در شناخت بیوفوتونیک انسانی و حیوانی، می‌تواند مثمرتر باشد، بررسی شاره‌هایی (یا سیال‌هایی)^۴ است که در بدن انسان وجود دارند. مایعاتی نظیر پلاسمای خون^۵ (بخش مایع خون) و ادرار^۶ و گازی همچون تنفس خروجی (بازدم)^۷، از سلامت بدن انسان‌ها و حیوانات با معیار نوین بیوفوتونیک، خبر می‌دهند. در این جهت، گروهی تحت رهبری یودا^۸، در سال ۱۹۸۵ میلادی، موفق شدند ازدیاد شدت بیوفوتون در پلاسمای خون افراد معتاد به استعمال سیگار و دخانیات را نسبت به افراد غیرسیگاری، مشاهده نمایند. همچنین، دو گروه ژاپنی دیگر نیز با بررسی پلاسمای خون بیماران همودیالیزی^۹ (خون‌تراکافت)، مطمئن شدند که پلاسمای خون این افراد نسبت به افراد سالم، شدت بیوفوتون بیش‌تری را گسیل می‌کند.^{۱۰} آن‌ها، افزایش در شدت بیوفوتون را به

¹ Mitochondria

^۲ دستگاه عصبی پیرامونی یا محیطی (Peripheral Nervous System) یا به اختصار PNS، بخشی از دستگاه عظیم عصبی در بدن است که نخاع و مغز را به قسمت‌های مختلف بدن، اتصال می‌دهد.

³ Non-Invasive

⁴ Fluids

⁵ Blood Plasma

⁶ Urine

⁷ Breath

⁸ Yoda

^۹ بیماران همودیالیز (Hemodialysis Patients)، به بیمارانی گفته می‌شود که به دلیل نارسایی کلیوی و عدم تصفیه-ی خون به طور طبیعی در کلیه‌ی آن‌ها، مجبور به تصفیه‌ی خون از طریق دستگاه دیالیزور (Dialyzer یا کلیه‌ی مصنوعی) هستند. در این روش، خون بیمار از بدن وی، خارج و از طریق دستگاه، تصفیه (پاک‌سازی خون از مواد زائد و مایعات اضافی) و مجدداً به بدن بازگردانده می‌شود.

^{۱۰} یکی از موارد در خون‌شناسی یا هماتولوژی بیوفوتونیک (Biophotonic Haematology)، بررسی قطرات خون افراد تحت درمان توسط درمان و معالجه‌ی بیوفوتونی (Biophoton Therapy & Treatment)، با مطالعه‌ی آن‌ها در زیر میکروسکوپ میدان تاریک (Dark Field Microscope) است. گروهی هلندی (الن پت-ری‌آتش

افزایش در تنش اکسیداتیو (تنش اکسایشی) در بدن بیماران همودیالیزی، نسبت می‌دهند. در ادامه‌ی این بحث، کوبایاشی و همکاران وی در سال ۱۹۹۴ میلادی، با تحلیل داده‌های بیوفوتونی از بازدم برخی ورزشکاران بعد از انجام تمرین‌های نرمشی و ورزشی، افزایش در میزان انتشار بیوفوتون در نفس (بازدم) آن‌ها را ثبت نموده (حتی در زمان استراحت) و گزارش کرده‌اند که این افزایش یا به‌نوعی، تغییر در الگوی منظم بیوفوتونیک بازدم، می‌تواند در گام‌های آتی، تنش‌های فیزیکی^۱ بدن انسان‌ها را معین نماید.

در گزارشی دیگر، نانسی ریزو^۲ با همراهی گروهی از محققان اهل ایالات متحده در سال ۲۰۱۶ میلادی، با تأسی از پیشینیان خود و در گزارش اختلال عملکردی میتوکندری^۳ در سلول افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی^۴، بیان می‌دارند که اختلالات عملکردی، عامل ایجاد تنش‌های اکسیداتیو و به تبع آن، افزایش در میزان گونه‌های اکسیژن فعال^۵ (مثل O_2^- ، H_2O_2 ، $\text{HO} \cdot$ و $\text{O}_2^{\cdot}$) در سلول‌های بیمار، شده و به ازدیاد رادیکال‌های آزاد می‌انجامد. گروه آمریکایی در این مقاله، با ارجاع به مقاله‌ی بالینگر^۶ در زمینه‌ی ارتباط اختلال عملکردی میتوکندری با بیماری‌های قلبی و عروقی، به این ایده نیز می‌پردازد که با عملکردی ناقص در سطح سلول، افزایش شدت بیوفوتون از بدن بیماران قلبی و عروقی نیز به‌وضوح مشاهده می‌شود. ریزو و همکارانش در این مقاله، به تشریح اختلال عملکردی میتوکندری می‌پردازند که ما نیز خلاصه‌ای از آن را بیان و ارتباط تنگاتنگ با انتشار بیوفوتون را اجمالاً بیان خواهیم داد:

(Ellen Pet-Reatch)، ویم پت (Wim Pet) و فاستن‌بورخ دیترخ (Vastenburger Dietrich)، در طی سالیان، با تحلیل قطرات خون و تغییرات در شکل پدیدآمده از آن، به این نتیجه دست یافته‌اند که افراد تحت درمان بیوفوتونی با ابزار تهیه‌شده توسط بسوینکل (J. Boswinkel)، برخلاف افراد تحت درمان با دارونماها (Placebo)، تغییرات قابل-ملاحظه‌ای در شکل قطرات خون را نشان می‌دهند. البته، آن‌ها به‌دلیل عدم تکرارپذیری این موارد، شیوه‌ی تفکر و تحلیل خود را چراغ راهنمایی برای تحقیقات مفصل‌تر در آینده، مطرح نموده‌اند.

¹ Physical Stress

² Nancy R. Rizzo

³ Mitochondrial Dysfunction

⁴ Cardiovascular Disease

^۵ گونه‌های اکسیژن فعال و واکنش‌پذیر (Reactive Oxygen Species) یا به اختصار ROS، مولکول‌های به‌شدت واکنش‌پذیری هستند که از مولکول اکسیژن، مشتق می‌شوند. این دسته از مولکول‌ها که به عنوان رادیکال‌های آزاد نیز شناخته می‌شوند، بیش‌تر از تنفس میتوکندریایی در سلول‌ها (Mitochondrial or Cellular Respiration) به وجود می‌آیند!

⁶ S. Ballinger

آن‌طور که زیست‌شناسان سلولی و مولکولی اعتقاد دارند، میتوکندری‌ها در سلول‌های مختلف، اندامک‌هایی^۱ درون سیتوپلاسم^۲ هستند (به ابعاد تقریبی یک تا ده میکرومتر طول و ۱۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر پهنا (قَطَر) و به شکل‌هایی مثل استوانه‌ای^۳، دوکی^۴ و گرد^۵ و در ساختارهایی خوشه‌ای^۶ و رشته‌ای^۷ یافت می‌شوند). که به منزله‌ی نیروگاهی^۸ برای سلول‌ها شناخته می‌شوند. این نیروگاه بسیار کوچک و به نوع خود، پر مزیت، در حدود ۹۰ درصد انرژی لازم برای رشد و ادامه‌ی حیات در بدن موجودات زنده را مهیا می‌سازد و با تولید ATP^۹ (مولکول‌های آدنوزین تری‌فسفات) در سلول، انرژی لازم را درون سلول با شکستن پیوندی هیدروژنی، به‌راحتی آزاد می‌نماید. افزون بر این ویژگی بنیادی، میتوکندری‌ها در عملکرد کلی سلول نیز اثر گذارند و در آپوپتوز^{۱۰} (یا همان مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلولی)^{۱۱}، تولید رادیکال‌های آزاد اکسیداتیو و هومئوستازی کلسیم نیز مشارکت جدی دارند.

نهایتاً، میتوکندری‌ها را می‌توان منبع اصلی تولید گونه‌های اکسیژن فعال در نظر گرفت.^{۱۲} همان‌طور که پیش از این در پاورقی در مورد تنش اکسیداتیو بدان اشاره شد، یکی

¹ Organelles

² Cytoplasm

³ Cylindrical

⁴ Spindle-Shape

⁵ Round-Shape

⁶ Cluster Structures

⁷ Filamentous Structures

⁸ Powerhouse

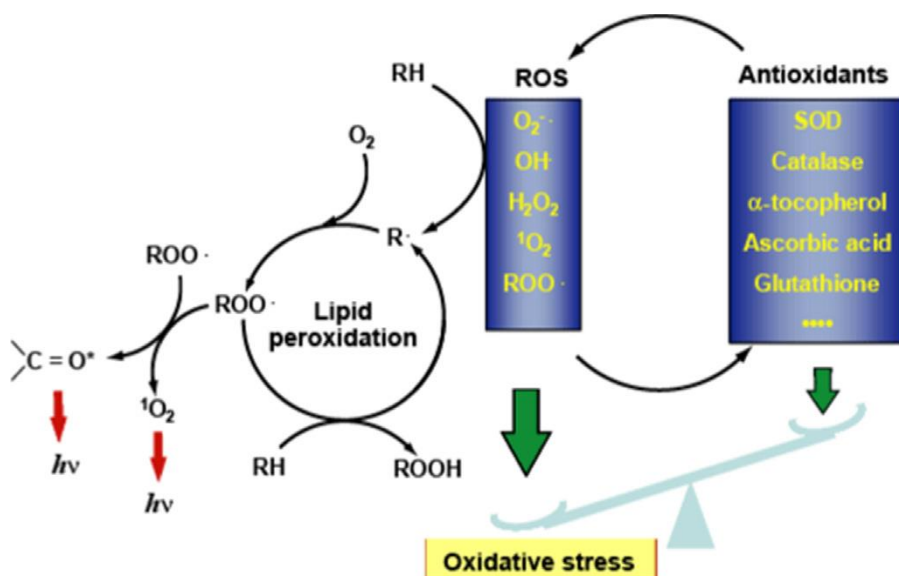
⁹ Adenosine Tri-Phosphate (ATP)

¹⁰ Apoptosis

^{۱۱} فرایند مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلول (خودکشی سلول) جهت حذف سلول‌های غیر ضرور در موجودات زنده.

^{۱۲} در برخی مقالات اشاره شده است (از جمله، مقاله‌ی سال ۲۰۰۱ میلادی دانشمند بیوفیزیک‌دان اهل فدراسیون روسیه، ولادیمیر اسکولاچف (Vladimir P. Skulachev)) که شبکه‌های عظیم و پیچیده‌ی رسانا از اتصالات میتوکندریایی رشته‌ای (Filamentous Mitochondrial Junctions)، مسئولیت انتقال یون‌ها (مانند یون‌های کلسیم (Ca^{2+}) ، رودیم (Rh^{+}) و هیدروژن یا همان پروتون (H^{+})) و بارهای الکتریکی را به دوش می‌کشند. این موضوع، می‌تواند اثباتی بر ارتباط همه‌جانبه‌ی این اندامک‌های مهم در سلول‌های مجاور باشد و عاملی اساسی در اطلاع‌رسانی سریع سلولی و انتشار بیوفوتون‌های بیش‌تر از جامعه‌ی سلولی در هر نقطه از بدن موجودات زنده! در مقاله‌ای دیگر، هولاند تا (Roland Thar) و میکیل کول (Michael Kühl) از دانشگاه کپنهاگن دانمارک در سال ۲۰۰۴ میلادی، با پروراندن ایده‌ای الکترومغناطیسی از میتوکندری‌ها، نظری نوین را در این عرصه بیان نموده‌اند. آن‌ها معتقدند میتوکندری‌های رشته‌ای و میکروتوبول‌های درون اسکلت سلولی، شبکه‌ای پیوسته و پیچیده موسوم به شبکه‌ی میتوکندریایی (Mitochondrial Reticulum) را درون سیتوپلاسم سلول‌های مهره‌داران (Vertebrate Cells) تشکیل می‌دهند. این

از وظایف سلول در بدن، ایجاد تعادل در میزان رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها است. از این‌رو، با افزایش گونه‌های اکسیژن فعال، این توازن به هم خورده و سلول و میتوکندری درون آن، روند اختلال عملکردی را آغاز و اصطلاحاً تنش اکسیداتیو در سلول رخ می‌دهد.^۱



شکل ۷: عدم تعادل در میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و گونه‌های اکسیژن فعال (یا رادیکال‌های آزاد)، پیدایش تنش اکسیداتیو و تأثیر نهایی آن بر غشاء لیپیدی سلول و نمایش واکنش‌هایی که فرجام آن‌ها، تابش بیوفوتونیک از سلول است.

افزایش در تولید گونه‌های اکسیژن فعال درون سلول (گونه‌های فعالی نظیر هیدروژن پراکسید یا آب‌اکسیژنه (H₂O₂), رادیکال هیدروکسیل‌ها^۲ (HO·) و رادیکال‌های آنیونی

شبهه، به دلیل ضریب شکست بالاتر از سیتوپلاسم (ضریب شکست ۱/۴ برای میتوکندری و ۱/۵۱ برای میکروتوبول در برابر ۱/۳۵ برای سیتوپلاسم)، همانند موجبری اپتیکی (Optical Waveguide) عمل می‌کند (در فناوری فیبرهای نوری) و توانایی انتشار تابش الکترومغناطیس یا همان انتشار نور (Light Propagation) در طیف‌های فرابنفش، مرئی و فروسرخ نزدیک (به‌نوعی، بیوفوتون‌ها) را درون خود دارد!

^۱ با افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال، فرایندهای اکسایشی افزایش می‌یابند. تعداد کم یا به‌نوعی، غلظت‌های کم گونه‌های اکسیژن فعال، برای سلول‌های زنده، سمی هستند و آن‌ها با پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی، عملاً عملکرد غشاء سلول را مختل می‌کنند. همچنین، فعالیت آنزیم‌ها (Enzymes) از طریق اکسیداسیون پپتیدها (Peptides) (پپتیدها، پلیمرهای کوچک حاصل از به هم پیوستن اسیدهای آمینه با پیوند پپتیدی هستند) و کربوهیدرات‌ها (Carbohydrates)، به شدت کاهش می‌یابد.

² Hydroxyl Radicals

سوپراکسید^۱ ($\text{HO}_2^\bullet$)، منجر به تولید بیوفوتون‌های بیش‌تر در بدن بیماران می‌شود.^۲ بالعکس، کاهش در تولید اکسیژن سلول‌ها (به هر دلیلی) و به طور کل در بدن (شرایط هیپوکسی^۳ یا کم‌اکسیژنی)، می‌تواند کاهش‌دهنده‌ی شدت بیوفوتون‌ها باشد. آن‌ها در این مقاله، رخدادهای بیماری‌های قلبی و عروقی را با بهره‌گیری از بیوفوتونیک و اختلال عملکردی میتوکندری، توجیه و تفسیر می‌کنند.

در گزارشی که سیزر^۴ و همکارانش در سال ۲۰۰۳ میلادی منتشر کرده‌اند، آشکارا بیان داشته‌اند که عواملی همچون افزایش سن^۵ و هایپرکلسترولمی^۶، توانایی افزایش در آسیب^۷ و اختلال عملکردی میتوکندری‌ها را دارند و به تبع آن، افزایش در تنش اکسیداتیو میتوکندریایی را منجر می‌شوند. در بعضی موارد دیگر، از ارتباط سلول‌ها با یکدیگر^۸، آن هم با زبان بیوفوتونیک سخن به میان می‌آید که مثلاً در گزارش تحقیقی سال ۲۰۰۵ میلادی بیشوف^۹ آلمانی به آن اشاره شده است.

یکی از خواص و مشخصه‌های بیوفوتون‌های انسانی، تابش آن‌ها پس از تحریک و القاء خارجی^{۱۰} است. از روش‌های مورد بحث در بیوفوتونیک، می‌توان به روش درمان با نور کم-شدت و کم‌توان^{۱۱} (بیش‌تر با طول موج‌های قرمز و یا فروسرخ نزدیک) اشاره داشت. در این شیوه، با تحریک اندامک‌های درون سلول، به‌خصوص، میتوکندری‌ها، اصلاح در عملکرد آن-ها، با مشاهده‌ی تغییر در شدت خروجی بیوفوتون‌ها، تسریع در تولید ATP و کاهش تنش

^۱ Superoxide Anion Radicals

^۲ از دیگر مواردی که دانشمندان به‌عنوان عامل تولید بیوفوتون‌ها در بدن از آن‌ها نام می‌برند (علاوه بر میتوکندری‌ها)، میکروزوم‌ها (Microsomes) هستند (به‌ویژه، میکروزوم‌های سلول‌های کبدی (Hepatic Cells)). میکروزوم‌های کبدی در سلول‌های کبدی، به‌عنوان وزیکول‌های (Vesicles) شبکه‌ی آندوپلاسمی (Endoplasmic Reticulum) در این نوع سلول‌ها هستند.

^۳ Hypoxic Conditions

^۴ E. Ceaser

^۵ Aging

^۶ هایپرکلسترولمی (Hypercholesterolemia)، به بالا بودن سطح کلسترول خون، گفته می‌شود. عواملی همچون ژنتیک، رژیم غذایی ناسالم و یا چاقی، در ابتلاء یا تشدید بیماری، مؤثر هستند.

^۷ Damage

^۸ Cell-to-Cell Communication

^۹ M. Bischof

^{۱۰} External Stimulation

^{۱۱} Low-Intensity Light Therapy (LILT)

اکسیداتیو، صورت می‌پذیرد. این نتایج، طبیعتاً به حالت‌های برانگیخته‌ی الکترونی^۱ و تولید گونه‌های اکسیژن فعال درون سلول‌ها (توسط میتوکندری‌ها) باز می‌گردد. به طوری‌که، محققان دریافته‌اند که زنجیره‌ی انتقال الکترون میتوکندریایی^۲، منبعی اساسی برای تولید بیوفوتون‌های در طیف مرئی و فروسرخ هستند (مبحث فوق، به طور مفصل، در فصل آتی تحلیل و بررسی می‌شود).

در گزارش‌های گوناگونی همچون گزارش‌های تینا کارو^۳ و همکارانش در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵ میلادی، نور کم‌شدت با طول موج‌های قرمز و یا فروسرخ، دقیقاً بر سیتوکروم اکسیداز سی^۴ و در آخرین آنزیم زنجیره‌ی تنفس میتوکندریایی^۵، اثرگذار است^۶ و انتقال الکترون از سیتوکروم^۷ به اکسیژن را تسهیل می‌کند. تحقیقات نشان داده‌اند که بالاترین اثرپذیری از نورهای کم‌شدت را سلول‌های هِلا^۸، اپیتلیال^۹، فیبروبلاست‌ها^{۱۰} و

¹ Electron-Excited States

² Mitochondrial Electron Transport Chain

³ Tiina I. Karu

⁴ Cytochrome C Oxidase (CCO)

⁵ Mitochondrial Respiratory Chain

^۶ سیتوکروم اکسیداز (Cytochrome Oxidase)، کمپلکسی پروتئینی است که در غشاء داخلی میتوکندری قرار گرفته است. سیتوکروم اکسیداز از سیزده زیر واحد پروتئینی تشکیل شده است که ده عدد آن به وسیله‌ی ژنوم هسته و سه عدد آن توسط ژنوم میتوکندری کد می‌شوند. در عرصه‌ی بیوفوتونیک، اعتقاد بر این است که سیتوکروم اکسیدازها، نقشی اساسی در جذب امواج الکترومغناطیس فرودی دارند و به‌عنوان گیرنده و پذیرنده‌ی نور (Photoacceptor) شناخته می‌شوند.

^۷ سیتوکروم (Cytochrome)، پروتئین حامل و رنگدانه‌ای است که در تمام سلول‌های هوازی و برخی باکتری‌ها، یافت می‌شود. سیتوکروم‌ها در بیش‌تر موارد، با اتصال به غشاء داخلی میتوکندری، در تکمیل زنجیره‌ی انتقال الکترون و ایجاد ATP مشارکت می‌کنند.

^۸ سلول‌های هِلا (HeLa Cells)، رده‌ای از سلول‌های نامیرا (Immortalized Cells) هستند که در سال ۱۹۵۱ میلادی از بیماری به نام هِن‌ریه‌تا لَکس (Henrietta Lacks) و بدون اطلاع وی، از سلول‌های سرطانی دهانه‌ی رحم او، استخراج شده است. این رده‌ی سلولی، برخلاف سلول‌های مستخرج پیش از خود، می‌توانست به‌راحتی کشت سلولی خارج از بدن را با دوام بیش‌تری، تضمین نماید.

^۹ سلول‌های اپیتلیال (Epithelial Cells)، سلول‌های سطح بدن را شامل می‌شوند. سلول‌های پوستی، رگ‌های خونی، اندام‌ها و مجاری ادراری، از مثال‌های معروف آن هستند. این دسته از سلول‌ها، لایه‌ای محافظ را تشکیل می‌دهند که به‌عنوان سد محکم بین داخل و خارج بدن شناخته می‌شوند. محافظت از بدن در برابر ویروس‌ها، از جمله وظایف آن‌ها است.

^{۱۰} فیبروبلاست‌ها (Fibroblasts)، فراوان‌ترین سلول‌ها در بافت همبند هستند که انواع رشته‌های بافت همبند و مواد آلی زمینه‌ای را سنتز می‌کنند. اندامک‌های پروتئین‌ساز در این سلول‌ها به‌وفور یافت می‌شوند.

سلول‌های در حال تکثیر^۱ در محل زخم دیابت، دارند و افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال و به تبع آن، افزایش شدت بیوفوتون‌ها را سبب می‌شوند. برای مثال، آلوتبان^۲ و آندرس^۳ در سال ۲۰۰۳ میلادی، با بهره‌مندی از دیودهای نور گسیل (LED)^۴، موفق به بهبود زخم‌ها در موش‌های دیابتی و غیردیابتی شده‌اند. در این پژوهش، درصد بهبود زخم‌ها، در موش‌های دیابتی، قابل‌توجه‌تر از موش‌های سالم بوده است!

برخی گروه‌های پژوهشی، به روند تسریع اکسیژن‌رسانی و بهبود وضعیت غیر پایدار در بیماران ایسکمی قلبی و مغزی^۵، با استفاده از فناوری درمان با نور کم‌شدت و کم‌توان، اشاره داشته‌اند. برخی تحقیقات دیگر، نمایش‌گر حساسیت نوتروفیل‌ها^۶ به فناوری درمان با نور کم‌شدت هستند. در این پژوهش‌ها، مشخص شده است که با تابش نور کم‌شدت، تولید گونه‌های اکسیژن فعال (همانند اکسیژن‌های یگانه‌ی^۷ برانگیخته^۸ و گروه‌های کربونیلی^۹ برانگیخته)^{۱۰} افزایش چشم‌گیری خواهند داشت^{۱۱} و نتیجه‌ی این افزایش، نوتروفیل‌هایی خواهند بود که با تابش بیوفوتون‌های با شدت بیش‌تر، جلوه‌گری می‌کنند.

¹ Proliferative Cells

² F. A. Al-Watban

³ B. L. Andres

⁴ Light Emitting Diode (LED)

^۵ ایسکمی قلبی (Cardiac Ischemia) از رده‌ی بیماری‌های قلبی است که به‌دلیل کمبود اکسیژن و مواد غذایی کافی، رخ می‌دهد. در اثر این کمبود، قلب و عضله‌ی آن، توانایی طبیعی خود را از دست می‌دهند و پمپاژ خون به‌شدت کاهش می‌یابد و به تبع آن، بافت قلب از دریافت اکسیژن، محروم می‌شود. همچنین، ایسکمی مغزی (Cerebral Ischemia) نیز به دلیل عدم دریافت اکسیژن کافی به مغز، رخ می‌دهد. سکنه‌ی مغزی یا انفارکتوس (Infarction)، می‌تواند حاصل کمبود اکسیژن دریافتی باشد و مسبب لخته‌شدن یا آمبولی در یکی از شریان‌های اصلی مغز شود.

^۶ نوتروفیل‌ها (Neutrophils)، نوعی از گلبول‌های سفید کروی‌شکل هستند. این سلول‌ها، وظیفه‌ی حفاظت از بدن در برابر دشمنان سلامتی همچون قارچ‌ها و باکتری‌ها را بر عهده دارند.

^۷ اکسیژن یگانه (Singlet Oxygens)، مولکول دو اتمی اکسیژن است که با فرمول شیمیایی $O = O$ مشخص می‌شود. این مولکول، در حالتی کوانتومی قرار دارد که همه‌ی الکترون‌های آن، جفت اسپینی هستند.

^۸ Excited

^۹ کربونیل (Carbonyl)، دسته‌ای بزرگ از ترکیبات آلی است که در آن یک اتم کربن به اتم اکسیژن، با پیوندی دوگانه متصل است. معروف‌ترین مثال‌ها از گروه‌های عاملی در کربونیل‌ها، آلدهید، کتون، کربوکسیلیک اسید و ... هستند که می‌توان به آن‌ها اشاره داشت.

^{۱۰} مطابق با پژوهش‌های کوئیکندین و همکارانش در سال ۱۹۸۵ میلادی، گروه‌های کربونیلی برانگیخته، تولید بیوفوتون‌های آبی-سبز را بر عهده دارند و رنگ قرمز طیف مرئی گسیلی بیوفوتون‌ها، حاصل حضور دایمرهای (Dimers)

در موردی دیگر از تحقیقات پیرامون بیوفوتونیک حیوانی، می‌توان به پژوهش‌های مرتبط با انتشار بیوفوتون از اسپرم گاو نر^۱ اشاره داشت. پژوهشگران در این مدل از تحقیقات، دست به آزمایش‌های مختلفی زده و متوجه شده‌اند که شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد اکسیژنی و عدم حضور آنزیم کاتالاز، انتشار بیوفوتون از اسپرم را افزایش می‌دهد. الظاهر^۲ و همکاران او در سال ۱۹۹۲ میلادی، دریافته‌اند که اضافه‌نمودن آهن نیز به نمونه‌ی اسپرم گاوی، افزایش میزان انتشار بیوفوتون و حتی تحرک^۳ اسپرم را در پی خواهد داشت.

بیوفوتونیک و تحریک نوری سلول‌ها

از ویژگی‌های مهم در بیوفوتونیک، گسیل بیوفوتون‌ها از سلول‌ها به‌دلیل اعمال نور مرئی و یا فرابنفش، به مجموعه‌ای سلولی همچون فیبروبلاست‌ها و یا پوست موجوداتی مانند انسان‌ها است. در اغلب موارد، با به‌کارگیری امواج فرابنفش در سه دسته‌ی A، B و C با نام-های UVA، UVB و UVC^۴ می‌توان واکنش بدن و به‌ویژه، پوست را به تحریک آن‌ها مورد کنکاش قرار داد.^۵ در ابتدا بیان می‌کنیم که امواج فرابنفش نوع C در سطح زمین، به‌ندرت

اکسیژن‌های یگانه‌ی برانگیخته ($O_2 - O_2$) است. (جالب است بدانید که هر دو گونه‌ی مذکور، از تجزیه‌ی لیپید پراکسید، به‌دست می‌آیند.)

^{۱۱} اکسیژن‌های یگانه (O_2) و گروه‌های کربونیلی برانگیخته، اغلب در داخل بدن موجودات زنده (*in vivo*) پدیدار می‌شوند و عواملی همچون پراکسیداسیون لیپید، فاگوسیتوز یا بیگانه‌خواری (Phagocytosis)، واکنش‌های آنزیمی (Enzymatic Reactions) و برهم‌کنش‌های رادیکال‌های اکسیژنی (مثل رادیکال سوپراکسیدی O_2^-) با متابولیت‌ها (Metabolites) یا همان مواد شرکت‌کننده در سوخت و ساز سلولی، عامل تولید و انتشار آن‌ها معرفی می‌شوند.

¹ Bull Spermatozoa

² A. Ezzahir

³ Motility

^۴ پُر انرژی‌ترین دسته‌ی امواج فرابنفش، از نوع C است که در طول موج‌های کم‌تر از ۲۹۰ نانومتر، یافت می‌شود. دسته-ی با انرژی متوسط، به نوع B تعلق دارد که با طول موج‌های بین ۲۹۰ تا ۳۲۰ نانومتر مشخص و کم‌ترین انرژی، به دسته‌ی A متعلق است که در بازه‌ی طول موجی ۳۲۰ تا ۴۰۰ نانومتر، طبقه‌بندی می‌شوند. دسته‌های پُر انرژی‌تر C و B، در القاء جهش‌های ژنوم (Mutations of the Genome)، توانا هستند.

^۵ از مهم‌ترین گروه‌های تحقیقاتی در این زمینه، گروهی ایتالیایی به سرپرستی هوگو نیگلی است که در سال‌های مختلف قرن پیشین و کنونی میلادی، به‌دنبال مطالعه‌ی اثرات امواج فرابنفش نوع A و دیگر انواع امواج فرابنفش بر پوست، بوده‌اند. در یکی از این مطالعات، آن‌ها در سال ۲۰۰۵ میلادی، به موضوع اثر مستقیم تابش امواج فرابنفش A بر ساختار پوست و به‌ویژه، سلول‌های سرطانی ملانوما (Melanoma Cancerous Cells) که از نادرترین انواع سرطان پوست است، پرداخته و نتایج قابل‌توجهی از افزایش شدت بیوفوتون‌ها را گزارش داده‌اند.

یافت می‌شوند؛ دلیل آن هم، وجود اوزون^۱ و لایه‌ای از آن در استراتوسفر^۲ زمین است که با میزان جذب بالای این بخش از طیف امواج الکترومغناطیس، انسان‌ها و دیگر موجودات را از خطراتی همچون سرطان پوست^۳، نجات می‌دهند. اما دو دسته‌ی دیگر A و B به سطح زمین می‌رسند و خطرات و مضرات خود را خواهند داشت. از این‌رو، پاسخ بیوفوتونیک سلول‌ها به این دسته از امواج پُر انرژی و خطرناک در دستور کار دانشمندان حوزه‌ی بیوفوتونیک و پزشکی قرار گرفته است. دانشمندان در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافته‌اند که امواج خارجی تحمیلی (به‌ویژه، فرابنفش و حتی امواج تلفن‌های همراه به ادعای محقق به نام هایلند^۴) با تحریک سلول‌ها، باعث تابش لومینسانس تأخیری (DL) شده و به تبع آن، با تابش بیوفوتون‌هایی که توانایی جفت‌شدن با واکنش‌های رادیکالی در داخل سلول را دارند و حتی با دی‌ان‌ای‌های (DNA) درون سلولی، مرتبط می‌شوند، خودنمایی می‌کنند. فرایندهای رادیکالی وابسته به تابش بیرونی امواج، توانایی تغییر، آسیب و حتی تخریب عملکرد سلول‌ها را دارند. در نتیجه‌ی این فعل و انفعالات، تغییراتی در شدت بیوفوتون‌های گسیلی از سلول و دی‌ان‌ای (DNA) آن‌ها و تحوّل در ساختار و کارکرد درونی سلول، ایجاد می‌شود. به طور کل، جذب امواج فرابنفش، سبب تحوّل در مولکول‌های مهم زیستی می‌شود. از مهم‌ترین فرایندها، به جذب آن‌ها توسط اسید نوکلئیک‌ها^۵، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها، فلاوین‌ها^۶، پورفیرین‌ها^۷، استروئیدها^۸، کوئینون‌ها^۹ و کاروتنوئیدها^{۱۰}، اشاره می‌شود.

^۱ Ozone

^۲ Stratosphere

^۳ Skin Cancer

^۴ G. J. Hyland

^۵ اسید نوکلئیک، به زنجیره‌های دراز مولکولی یک یا دو رشته‌ای، اطلاق می‌شود که از به هم پیوستن تعداد زیادی نوکلئوتید (Nucleotide) تشکیل شده است. در همه‌ی جانداران یافت می‌شوند و از شمار مولکول‌های زیستی هستند.

^۶ فلاوین (Flavin)، به رنگدانه‌های (Pigments) زرد درون بافت‌ها، گفته می‌شود.

^۷ پورفیرین (Prophyryne)، ترکیبی از درشت‌حلقه‌های آلی است و معروف‌ترین نوع آن در ساختار هموگلوبین (Hemoglobin) شرکت می‌کند (مولکول هم (Heme)) و بو و رنگ قرمز خون، از این مولکول ناشی می‌شود.

^۸ استروئید (Steroid)، نوعی لیپید است و دارای چهار حلقه‌ی کربنی است. مهم‌ترین نوع استروئید در انسان‌ها، کُلیسترول است و در حالتی دیگر به صورت هورمون‌هایی مثل تستوسترون، استروژن و کورتیزول، مشاهده می‌شوند.

^۹ کوئینون (Quinone)، از دسته‌ی ترکیبات آلی است و اغلب از آکسایش ترکیبات آروماتیکی، همچون بنزن یا نفتالن، به دست می‌آید.

^{۱۰} کاروتنوئید (Carotenoid)، رنگدانه‌ای است که در جذب نور توسط گیاهان مؤثر است. از نمونه‌های مشهور آن، بتاکاروتن، آلفاکاروتن و لیکوپن هستند.

اسلاوینسکی^۱ و پژوهشگران لهستانی همراه با وی در سال ۱۹۹۲ میلادی، به وضوح اشاره به تأثیر نور فرودی بر افزایش میزان انتشار بیوفوتون‌ها در مخمرها داشته‌اند و جالب آن‌که، آن‌ها اثر هم‌زمان نور و فرمالدهید^۲ را نیز مطالعه و گزارش کرده‌اند که افزایش انتشار بیوفوتون از نمونه‌های مخمّری را مجدداً به اثبات رسانده‌اند!

جالب است اشاره شود که فرمالدهید، گازی است که از سوختن ناقص ترکیبات کربنی به دست می‌آید و گویی توانایی افزایش انتشار بیوفوتون‌ها را دارد. در ضمن، این گروه لهستانی، ادعا نموده‌اند که در حضور فرمالدهید، بیوفوتون‌های گسیلی از مخمرها، با گذشت زمان، از تابش‌های آبی-سبز به قرمز با طول موج حدوداً ۶۶۰ نانومتر، تغییر بسامد می‌دهند.

بیوفوتونیک و تحریک مغناطیسی سلول‌ها

بلیک داتا^۳ به همراه همکارانش از کانادا در سال ۲۰۱۴ میلادی، با ارائه‌ی مدلی هوشمندانه، سلول‌ها را اجزایی از حیات با ویژگی مغناطیسی معرفی می‌نمایند و طبق این مدل، پیش‌بینی برخی خواص مغناطیسی را در به‌کارگیری از میدان مغناطیسی اِعمالی بیان می‌کنند و امیدوارند تا با بهبود و گسترش ایده‌های خود، به نتیجه‌ای کامل‌تر دست یابند. در ایده‌ی مغناطیسی آن‌ها، واکنش سلول‌ها به میدان مغناطیسی بحث می‌شود و حاصل این واکنش، به گسیل بیوفوتون‌های مرئی می‌انجامد. آن‌ها، در این مدل یا الگو، بر تأثیر مستقیم میدان مغناطیسی بر غشاء سلول، متمرکز می‌شوند و عامل انتشار بیوفوتون‌های با شدت کم را به این اثر نسبت می‌دهند. این محققان، با ارائه‌ی مدلی آرمانی (و مطابق با برخی حقایق درون‌سلولی) که سلول را به‌مانند دایره فرض می‌کند، حرکت (یا انتشار و پخش محیطی)^۴ شتاب‌دار لیپیدها و پروتئین‌های غشاء سلول به دور این دایره را طبق قواعد فیزیکی و الکترومغناطیسی (به باور این گروه کانادایی!)، عاملی برای برهم‌کنش سازنده با میدان مغناطیسی اِعمالی، تلقی می‌کنند. حرکت پیوسته به دور دایره، به‌نوعی، تداعی‌کننده‌ی وجود گشتاور (مُمان) مغناطیسی مداری الکترون به دور اتم (یا همان مگنتون بور^۵ در اتم

¹ J. Slawinski

² Formaldehyde

³ Blake T. Dotta

⁴ Circumferential Diffusion

⁵ Bohr Magneton

هیدروژن) است که این گروه آن را با نام گشتاورِ (مُمان) مغناطیسیِ غشاء^۱، معرفی می‌نماید. خوب است تأکید شود که گشتاور مغناطیسیِ الکترون به جرم و بار الکتریکی الکترون و تکانه‌ی زاویه‌ای^۲ آن بستگی دارد. مقدار این گشتاور برای مَگنِتونِ بور از مرتبه‌ی منفی 24×10^{-24} آمپر در متر مربع (Am^2)، برآورد می‌شود.

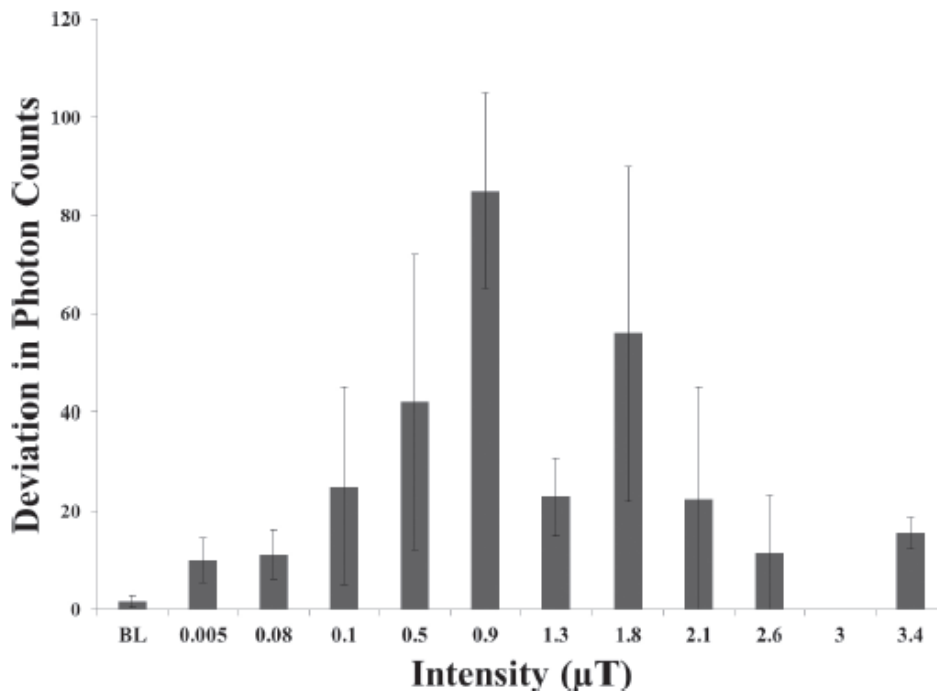
محققان کانادایی، با بهره‌مندی از نتایج و پیش‌بینی‌های نظریِ پژوهش‌های پیشین، با در نظر گرفتن آهسته‌ترین پخش و انتشارِ اجزای اصلیِ غشاء (همچون لیپیدها و پروتئین‌ها) به دور سلول (در محیط سلول) که از مرتبه‌ی منفی ۸ تا منفی ۷ متر بر ثانیه (m/s)، تخمین زده می‌شود، به محاسبات خود ادامه داده‌اند. در این محاسبه، شعاع میانگین و جرم سلول‌های ملانوما، به ترتیب، بین $7/5$ تا $12/5$ میکرومتر (میکرون یا $m\mu$) و در حدود $1/8$ تا $8/2$ نانوگرم (ng)، در نظر گرفته می‌شوند. با این حساب، گشتاور مغناطیسیِ لیپیدها و پروتئین‌های متحرک به دور سلول (در غشاء سلول) از مرتبه‌ی منفی ۲۳ آمپر در متر مربع، تخمین زده می‌شود. همچنین، با اعمال میدان مغناطیسی در حدود یک میکروتسلا ($T\mu$)، انرژیِ محاسبه‌شده از مرتبه‌ی منفی ۱۹ ژول (J)، به دست می‌آید. بنابراین، آن‌ها با پذیرش صحت مدل محاسباتی خود و فرض وجود چنین انرژیِ به دست آمده‌ای، بسامدِ (فرکانس) طیف مرئی امواج الکترومغناطیس را از آن استنتاج و قابلیت رصد بیوفوتون‌ها توسط ابزارهایی همچون فوتومولتی‌پلایر را یادآوری می‌نمایند.

این گروه با انجام آزمایش روی سلول‌های ملانوما و اعمال میدان‌های مغناطیسی با مقادیر متفاوت، دریافتند که بیش‌ترین میزانِ واکنش بیوفوتونیکِ سلول‌ها در حدود $0/9$ تا $1/8$ میکروتسلا خواهد بود. واکنش بیوفوتونیکِ سلول‌ها، به‌وضوح در نمودارِ انحراف در شمارش فوتون^۳ (به عبارتی، همان شدت بیوفوتون‌های گسیلی از سلول ملانوما) نسبت به برخی میدان‌های مغناطیسیِ اعمالی، در شکل ۸، مشاهده می‌شود.

¹ Membrane Magnetic Moment

² Angular Momentum

³ Deviation in Photon Counts



شکل ۸: نمودار ستونی انحراف در شمارش فوتون بر حسب میدان مغناطیسی اعمالی (میکروتسلا).

تشخیص و تصویربرداری بیوفوتونیک سرطان

از کاربردهای ابداعی در حوزه بیوفوتونیک، تشخیص^۱ و گاهی تصویربرداری^۲ از بافت‌های سرطانی است. محققان در این عرصه، به توفیقاتی دست یافته و روش‌های گوناگونی را نیز امتحان نموده‌اند. سلول‌های سرطانی با علائم هشداردهنده‌ای (گسیل بیوفوتون)، خودنمایی و به صورت کاملاً آشکار، خبر از تغییرات در سلامت فرد را به پزشک معالج، مخابره می‌کنند. در این بخش، قصد داریم به طور خلاصه، به برخی تحقیقات در زمینه تشخیص بیوفوتونیک سرطان، اشاره داشته باشیم و در ادامه، به توان و قدرت زبان بیوفوتونیک سلول‌ها و دیگر اجزاء بدن، بیش از پیش پی ببریم.

^۱ Diagnosis

^۲ Imaging

از نمونه‌های پژوهشی نوین در زمینه بیوفوتونیک و تشخیص و تمایز سلول‌های سرطانی، تحقیق و گزارش نیروشا مورگان^۱ آمریکایی و همکاران وی از کانادا به سال ۲۰۱۸ میلادی است که با ابزارهای فیلترکننده‌ی طول موج و تحقیقی مفصل، به بررسی بیوفوتون‌های ساطع‌شده از سلول‌های سالم و سرطانی در شرایط آزمایشگاهی^۲ پرداخته‌اند. آن‌ها، با مهم جلوه‌دادن نوع تشخیص بیوفوتونیک، آن را گونه‌ی تشخیصی بی‌خطر و بدون انجام بافت‌برداری^۳، معرفی می‌کنند و طبق ادعای آن‌ها و دیگر محققان، کم‌ترین میزان از درد (یا حتی بدون درد)، احساس می‌شود. روش‌ها در تشخیص بیوفوتونیک سرطان، بر پایه‌ی دو عامل اندازه‌گیری بیوفوتون‌های ضعیف ساطع‌شده و همچنین، بررسی و تحلیل شدت و طول موج تابشی و تفاوت آن‌ها برای انواع سرطان‌ها است. گروه‌هایی همچون گروه تحت سرپرستی شیموزو^۴ در سال ۲۰۱۴ میلادی و بلیک داتا در همان سال میلادی، با پرداختن به این نوع تشخیص، گام‌های بزرگی را در جهت توسعه و پیشرفت آن برداشته‌اند.

گروه کانادایی - آمریکایی به رهبری مورگان، با کلیدی فرض نمودن طول موج‌های ساطع‌شده از نمونه‌های سلولی، به تحلیل داده‌های بیوفوتونی سلول‌های سالم و سرطانی پرداخته‌اند. اعضای گروه فوق، ادعا می‌کنند که سلول‌های با فعالیت متابولیک^۵ و مصرف انرژی^۶ بالا، ناگزیر به تابش بیش‌تر بیوفوتون‌ها خواهند بود. فعالیت متابولیک بالا را به افزایش در واکنش‌های شیمیایی، نسبت می‌دهند و نتیجه‌ی آن‌ها را آزاد شدن انرژی، به صورت فوتونی و نورانی، تصور می‌کنند. در ضمن، تومورهای سرطانی را مصرف‌کننده‌های انرژی، معرفی و دلیلی دیگر بر انتشار بیوفوتون بیش‌تر از سلول‌های سرطانی می‌دانند. آن‌ها، با چنین تصویری، اقدام به ابداع آزمایش‌هایی نموده‌اند که از قضا، نتایج مثبتی را در پی داشته و توانسته‌اند با تشخیص بیوفوتونیک سرطان، به شیوه‌ی تشخیصی «فیلترهای حذف طول موج»^۷، به موفقیت‌هایی نیز نائل آیند.

^۱ Nirosha J. Murugan

^۲ *in vitro*

^۳ Biopsy

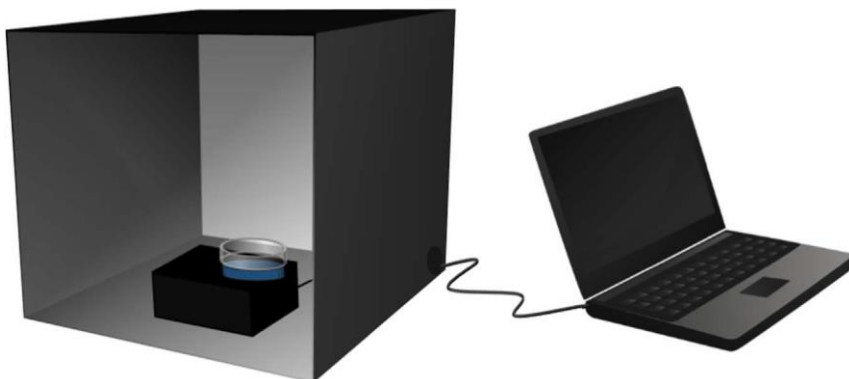
^۴ S. Shimizu

^۵ Metabolic Activity

^۶ Energy Consumption

^۷ Wavelength-Exclusion Filters

نمونه‌ای از طرح ساده‌ی آزمایشگاهی این گروه در شکل ۹، مشاهده می‌شود. در شکل ۹، نمونه‌ی سلول‌های سرطانی و سالم در جعبه‌ی چوبی تاریکی قرار می‌گیرد و نتایج شمارش فوتون‌های گسیلی در رایانه به نمایش در می‌آید.

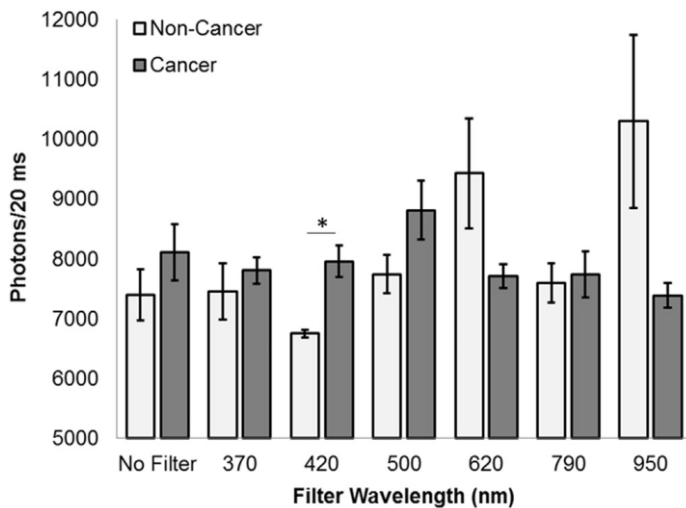


شکل ۹: طرحی ساده از آزمایش بیوفوتونیک موسوم به «فیلترهای حذف طول موج»، جهت تشخیص و تمایز آزمایشگاهی سلول‌های سرطانی و سالم از یکدیگر.

آن‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، نمونه‌ی حاوی سلول‌ها، در ظرفی مخصوص، نگه داشته می‌شود و این ظرف روی قُرصی (دیسکی) آبی‌رنگ قرار می‌گیرد. این دیسک، وظیفه‌ی حذف طول موج‌های مختلف را دارد. در این نمونه‌ی آزمایشگاهی، تنها طول موج‌های ۳۷۰، ۴۲۰، ۵۰۰، ۶۲۰، ۷۹۰ و ۹۵۰ نانومتر، مجوز گذر از فیلتر را کسب می‌کنند. پس از گذر از فیلتر و حذف‌کننده‌ی طول موج، بیوفوتون‌ها به فوتومولتی‌پلایر (در شکل ۹، به صورت جعبه‌ای مشکی، مشخص است!) می‌رسند و اطلاعات، بلافاصله در رایانه، ذخیره می‌شوند. در این رابطه، آن‌ها، با ارائه‌ی نموداری، موفق شده‌اند نقش سلول‌های سالم و سرطانی را در طول موج‌های منتخب، معین نمایند.

همان‌طور که از نمودار شکل ۱۰، معلوم است، در کلیه‌ی طول موج‌های منتخب (غیر از ۶۲۰ و ۹۵۰ نانومتر)، سلول‌های بدخیم سرطانی در مدت ۲۰ میلی‌ثانیه، شدت بیش‌تری از بیوفوتون را ثبت نموده‌اند. این افزایش شدت، بدان معناست که فعل و انفعالات در سلول‌های بدخیم سرطانی، بیش‌تر از سلول‌های سالم است. دیگر نکته‌ای که از نمودار فوق دریافت می‌شود، رفتارهای متفاوتی است که سلول‌ها در سه طیف فرورسرخ، مرئی و فرابنفش از خود بروز می‌دهند. با توجه به نمودار، در طیف فرابنفش نزدیک (۳۷۰ نانومتر) و مرئی (۴۲۰، ۵۰۰ نانومتر)، سلول‌های سرطانی، شدت بیش‌تری را به نمایش می‌گذارند. اما، در همین

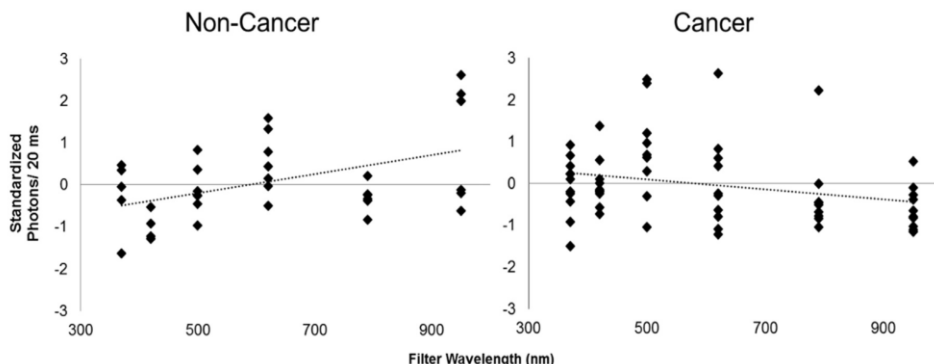
طیف مرئی و با طول موج ۶۲۰ نانومتر، سلول‌های بدخیم سرطانی با کاهش شدت مواجه می‌شوند؛ گویی، سلول‌های بدخیم تمایلی به گسیل بیوفوتون‌های با رنگ قرمز را ندارند (و شاید تمایل کم‌تری دارند!). کاهش شدت بیوفوتونی، همچنان ادامه دارد تا جایی که در طول موج ۹۵۰ نانومتر (فروسرخ)، سلول‌های بدخیم تمایل به نسبت کم‌تری را برای تابش بیوفوتون‌های فروسرخ از خود نشان می‌دهند و برخلاف آن‌ها، سلول‌های سالم، بیوفوتون‌های با شدت بیش‌تری، گسیل می‌کنند. به طور کل، نمودار شکل ۱۰ مشخص می‌نماید، با آن‌که سلول‌های سرطانی، در هر سه طیف فروسرخ، مرئی و فرابنفش، به گسیل بیوفوتونیک، اقدام می‌کنند ولی گویی در طول موج‌های حدوداً ۵۰۰ نانومتر در طیف مرئی (آبی - سبز)، بالاترین احتمال گسیل آن‌ها است. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که در جستجوی سلول‌های سرطانی از طریق شیوه‌ی تشخیص بیوفوتونیک، بهتر است تمرکز محققان و پزشکان بر طیف مرئی تا پیش از رنگ‌های سرخ و زرد (با توجه ویژه‌تر بر رنگ‌های آبی و سبز بیوفوتون‌های گسیلی در طیف) و حتی طیف فرابنفش، باشد.



شکل ۱۰: نمودار شدت ثبت‌شده‌ی بیوفوتون‌ها در مدت ۲۰ میلی‌ثانیه از دو نمونه‌ی سلولی سالم (ستون‌های روشن) و سرطانی (ستون‌های تیره).

نکته‌ی بعدی که در این گزارش و نمودار، از آن دریافت می‌شود، روند وارون شدت بیوفوتونی سلول‌های سالم و سرطانی با افزایش طول موج است. به طور میانگین، سلول‌های

سرطانی، برخلاف سلول‌های سالم، با افزایش طول موج، روندی نزولی را تجربه می‌کنند. این موضوع، به‌وضوح در شکل ۱۱، مشاهده می‌شود.



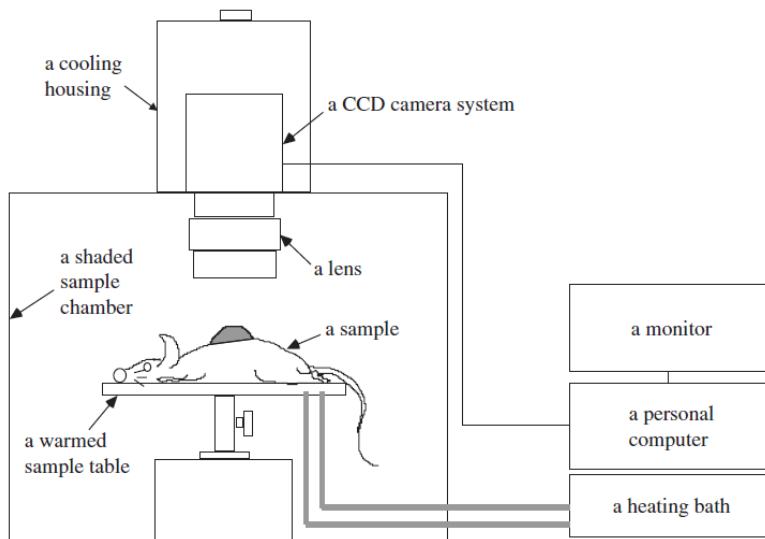
شکل ۱۱: نمایش افزایش خطی در شدت برای نمونه‌های سالم (شکل چپ) و کاهش خطی برای نمونه‌های سرطانی (شکل راست) نسبت به افزایش طول موج گسیلی بیوفوتون‌ها.

با توجه به شکل ۱۱، این محققان، نتیجه می‌گیرند که سلول‌های سرطانی، تابش‌کننده‌های مناسبی از طیف فرابنفش و مرئی هستند و سلول‌های سالم، بیش‌تر در فروسرخ به تابش بیوفوتونی می‌پردازند. از این‌رو، آن‌ها، محاسبه‌ی نسبت شدت بیوفوتونی فروسرخ به فرابنفش را معیاری مناسب در تعیین سرطانی بودن یا نبودن سلول‌ها، معرفی می‌نمایند. به طوری‌که اگر نسبت شدت بیوفوتون‌ها در فروسرخ به فرابنفش، بالاتر باشد، نشان‌دهنده‌ی سلول‌های سالم‌تر است و از سلامت فرد خبر می‌دهد ولی بالعکس، اگر این نسبت، کم‌تر از مقداری معین باشد (مثلاً کم‌تر از عدد یک)، نشان‌دهنده‌ی افزایش در شدت‌های مرتبط با طول موج‌های فرابنفش است و نشان‌دهنده‌ی افزایش تعداد سلول‌های سرطانی در بدن خواهد بود. ایشان، در این گزارش مدعی شده‌اند که هر یک از طول موج‌های منتخب به بخشی از سلول و اثر آن بر تابش بیوفوتون، مرتبط هستند. برای مثال، طول موج ۴۲۰ نانومتر (بنفش‌رنگ) را به پروتئین‌های پاسخ‌ساز^۱ (SOS) و همچنین، مولکول‌های آکتین/

^۱ پاسخ‌ساز ساس (SOS Response)، تغییر در بیان ژن و به‌ویژه در باکتری‌ها، در پاسخ به آسیب دی‌ان‌ای دیده می‌شود. دو پروتئین اصلی LexA و RecA، تقریباً به‌عنوان تنظیم‌کننده‌ی رونویسی ژن‌ها، شناخته می‌شوند.

میوزین^۱، نسبت می‌دهند. در ضمن، این گروه، طول موج‌های ۶۲۰ و ۹۵۰ نانومتر را به-ترتیب، به وظایف لیزوزوم‌ها^۲ و پروتئین‌های سیگنال‌دهنده^۳، ارتباط می‌دهد.

گزارشی در سال ۲۰۰۴ میلادی، توسط گروهی ژاپنی به سرپرستی موتوهیرو تاکیدا^۴، منتشر شده است که براساس ثبت شدت بیوفوتون‌های گسیلی از تومورها و سلول‌های سرطانی در پشت‌کمر موش صحرایی، شیوه‌ای از تصویربرداری بیوفوتونیک تشخیص سرطان، ارائه می‌شود. در این مقاله‌ی پژوهشی، با تأکید بر حفظ اصول اولیه‌ی آزمایش‌های تصویربرداری و مهیا نمودن شرایط آزمایشگاهی، شامل ابزارهای تصویربرداری، سنجش تغییرات، مانیتور و نمونه‌ی حیوان مبتلا به تومورهای سرطانی، به انجام آزمایش تحت شرایط مذکور و دیگر دستورالعمل‌های ممکن، اقدام شده است.



شکل ۱۲: نمایی شماتیک از موش مبتلا به تومورهای سرطانی و ابزارهای مرتبط با تصویربرداری بیوفوتونیک.

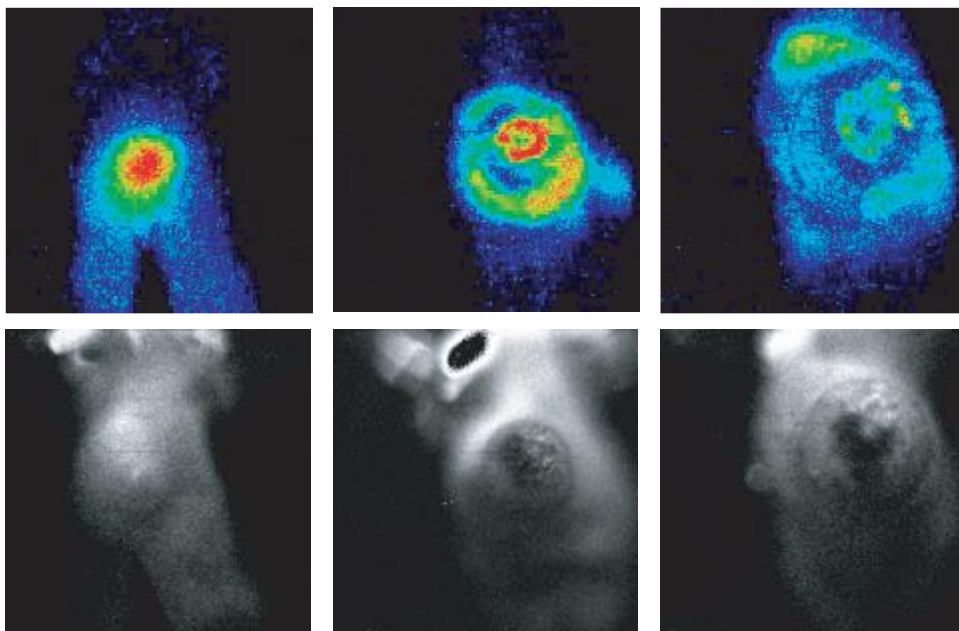
^۱ Actin/Myosin Molecules

^۲ لیزوزوم‌ها (Lysosomes)، کیسه‌هایی غشاءدار هستند که از آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ای تشکیل شده‌اند. این آنزیم‌ها، اغلب، برای هضم مولکول‌های بزرگ به‌کار می‌آیند. در حدود ۶۰ آنزیم در لیزوزوم موجود است که پروتئازها (Protease) و نوکلئازها (Nuclease) از معروف‌ترین‌ها به‌شمار می‌آیند. همچنین، لیزوزوم‌ها، وظیفه‌ی حفاظت از سلول‌ها را به واسطه‌ی خارج‌نمودن مواد بیماری‌زا و میکروب‌ها از درون سلول، بر عهده می‌گیرند.

^۳ برخی پروتئین‌ها نیز در حوزه‌ی بیوفوتونیک، به پروتئین‌های تولیدکننده‌ی سیگنال (Signal Proteins) معروف هستند که تولید سیگنال‌های الکترومغناطیس از وظایف آن‌ها محسوب می‌شود.

^۴ Motohiro Takeda

مطابق شکل ۱۲، موشی، در محیطی برای آزمایش، قرار داده و تصویربرداری از تومور پیوندی و کارگذاشته شده^۱ در کمر آن، پس از یک هفته، تحلیل و بررسی می‌شود. نمایش تصویری از شدت بیوفوتون‌های ساطع شده از تومور پیوندی، قبل و بعد از پیوند، یکی از راهکارهای درخور در تشخیص تومورها و سلول‌های سرطانی است و با بهره‌گیری از این شیوه‌ی بی‌خطر و غیر تهاجمی، می‌توان به راحتی و با سرعت به تحلیل‌های پیرامون سرطانی بودن یا نبودن بافت‌ها و بخش‌های مختلف بدن موجودات زنده، به‌ویژه، انسان‌ها پرداخت.



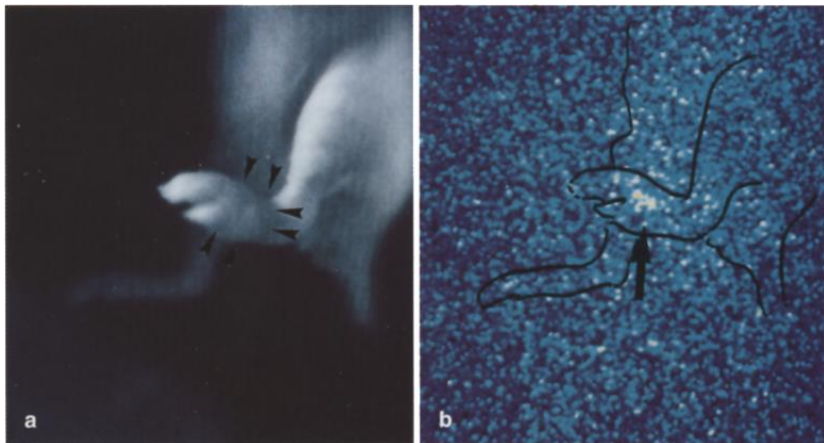
شکل ۱۳: تصویری واقعی و سیاه و سفید (ردیف پایین) از رشد تومور سرطانی در کمر موش و تصویر شدت بیوفوتونیک و رنگی (ردیف بالا) در هفته‌های نخست (تصویر چپ)، دوم (میانی) و سوم (تصویر راست) پس از پیوند.

اعضای این گروه پژوهشی، طبق شکل ۱۳، درک کرده‌اند که الگویی منظم از شدت‌های بیوفوتونی در هفته‌ی نخست پس از پیوند تومور سرطانی مشاهده می‌شود. به طوری‌که بیش‌ترین شدت در مرکز تومور خواهد بود و سپس در دایره‌ای به دور دایره‌ی مرکزی و به همین ترتیب، با افزایش شعاع، از میزان شدت بیوفوتون گسیلی کاسته می‌شود؛ اما در هفته‌های دوم و سوم، نظم در شدت مشاهده شده به تدریج جای خود را به بی‌نظمی می‌دهد و به طور میانگین، از شدت بیوفوتون‌های ساطع شده و ثبت شده نیز کاسته می‌شود. آن‌ها،

¹ Transplanted Tumor

دلیل افت در شدت بیوفوتون‌ها را افزایش بافت‌های نِکروزه^۱ یا همان بافت‌های مُرده، تصور می‌کنند و شدت‌های بالای بیوفوتونی بخش‌هایی از تومور را به بافت‌های زنده^۲، نسبت می‌دهند. شاید، تشخیص زودهنگام و اولیه‌ی تومورهای سرطانی و نظم حاصل در شدت بیوفوتونیک آن‌ها، راهکاری برای درمان ساده‌تر تومورهای سرطانی باشد. به نظر ما، تا پیش از تغییر در الگوی منظم شدت‌های بیوفوتونیک، زمان طلایی برای برداشت یا درمان مؤثر تومورهای سرطانی است.

در پایان این بخش، بایستی اشاره شود که نخستین تلاش در به نمایش گذاشتن تصویری واضح از تومورهای پیوندی و کارگذاشته در بدن جانداران، به گزارش گروهی ژاپنی به رهبری و هدایت آمانو و با همکاری دانشمندان به نام این عرصه، همچون، کوبایاشی، دیورج، اوسا و اینابا (که پیش از این نیز پژوهش‌های‌شان را از نظر گذراندیم) برمی‌گردد. این دانشمندان در سال ۱۹۹۵ میلادی، با پیوند تومور در پای چپ موش، موفق به ثبت افزایش در شدت بیوفوتون‌ها در این ناحیه از بدن موش شدند و عکس بیوفوتونیک دو بعدی را برای نخستین بار از ناحیه‌ی حامل تومور، به تصویر کشیدند. در این پژوهش، به سخت یا حتی غیر ممکن بودن نمایش دو بعدی تومورهای عمیق‌تر به دلیل ضعیف و کم‌شدت بودن بیوفوتون‌ها، اشاره و عملاً یکی از نقاط ضعف تصویربرداری بیوفوتونیک، یادآوری شده است.



شکل ۱۴: تصویری واقعی و سیاه و سفید از پای چپ موش حامل تومورهای سرطانی (تصویر چپ) و تصویر بیوفوتونیک دو بعدی و نمایش افزایش در شدت بیوفوتون‌های ناحیه‌ی حامل تومور (تصویر راست).

¹ Necrotic Tissues

² Live Tissues

در شکل ۱۴ (تصویر راست)، افزایش در شدت بیوفوتون‌های ناحیه‌ی حامل تومور (پای چپ) این جانور با پیکان، به‌وضوح به تصویر کشیده شده است.

مطالعات پوست بیوفوتونیک

یکی از عرصه‌های کلیدی شناخت بیوفوتون‌ها و حوزه‌ی بیوفوتونیک، بدون شک، نمایش گسیل آن‌ها پس از ابتلاء به بیماری‌ها و التهابات پوستی است. این عرصه، به‌دلیل اثرات محافظتی پوست و سلول‌های آن از سراسر بدن، به‌عنوان نخستین لایه از محافظان بی‌شمار بدن در برابر خطرات احتمالی، به یکی از بحث‌های داغ در حوزه‌ی بیوفوتونیک، مبدل شده است. از این‌رو، جالب است که برخی از نشانه‌های بیوفوتونیک پوستی را مطالعه نماییم.

هوگو نیگلی و دانشمندان همراهش در سال ۲۰۰۱ میلادی، با برشمردن برخی بیماری‌های پوستی و اثرات زیان‌بار تابش امواج فرابنفش نوع A، بر تشدید این دسته از بیماری‌ها، به‌طور اخص، به مطالعه‌ی بیماری خشک‌پوستی رنگدانه‌ای^۱ می‌پردازند. آن‌ها، در این گزارش، با انجام آزمایش‌های مکرر، به افزایش شدت تابش بیوفوتون‌ها در نمونه‌های حامل سلول‌های پوست این دسته از بیماران، اذعان می‌کنند. همچنین، قرارگیری پوست این افراد در برابر امواج فرابنفش نوع A، به‌طور کلی خطرناک و عامل تشدید در شدت بیوفوتون‌های ساطع‌شده، تلقی می‌شوند. آسیب‌های دی‌ان‌ای سلولی حاصل از قرارگیری مستقیم در برابر پرتوهای فرابنفش نوع A، از عوامل تأثیرگذار در رشد صعودی شدت گسیلی بیوفوتون‌ها، معرفی می‌شوند. همچنین، در این گزارش، بیان می‌شود که سلول‌های مبتلاء به این بیماری، توانایی کم‌تری نسبت به سلول‌های سالم، برای جذب بیوفوتون‌های پیرامون خود، دارند.

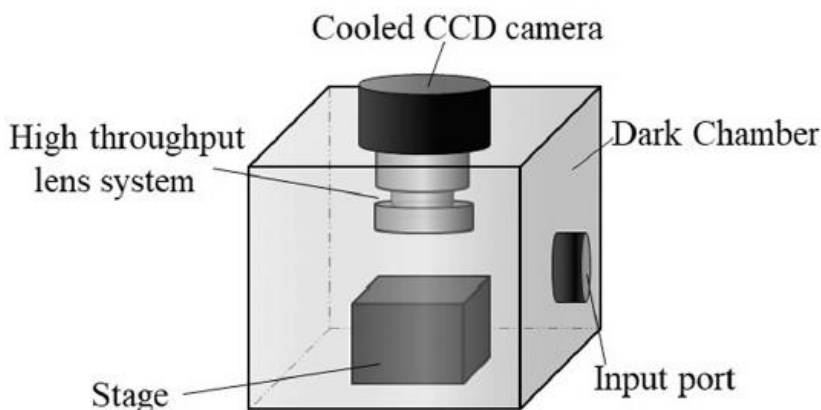
محققان ژاپنی، کاتسوهیکو تسوچیدا^۲، تورای ایواسا^۳ و ماساکی کوبایاشی در سال ۲۰۱۹ میلادی، با بررسی اثرات تابش پرتوهای فرابنفش بر پوست، به‌عنوان عاملی خارجی و تنش‌ی حاصل از امواج الکترومغناطیس، به فعال‌سازی و افزایش در تولید گونه‌های اکسیژن فعال، اشاره می‌کنند و به تبع آن، افزایش در میزان و شدت بیوفوتون‌های ساطع‌شده از دو لایه‌ی

^۱ بیماری خشک‌پوستی رنگدانه‌ای یا گزرودرما پیگمنتوزوم (*Xeroderma Pigmentosum*)، نوعی ناهنجاری ژنتیکی پوستی است که توانایی ترمیم دی‌ان‌ای در برابر پرتوی فرابنفش، به‌شدت کاهش می‌یابد.

^۲ Katsuhiko Tsuchida

^۳ Torai Iwasa

فوقانی پوست (به‌ترتیب، اپیدرم^۱ (روپوست) و درم^۲ (لایه‌ی اصلی پوست)) را گزارش کرده‌اند. این دانشمندان، با استناد به حقیقت‌های مکشوفه از تحقیقات گذشته، بر این باورند که با تابش پرتوهای فرابنفش به لایه‌های فوقانی بدن، از جمله، پوست (اپیدرم و درم)، تغییر در عملکردهای ژن^۳ و پروتئین‌های موجود در آن‌ها، امری غیر قابل‌انکار است که این عدم بهره‌مندی از عملکرد مناسب در ساختار پوست، منجر به برخی مشکلات پوستی در بدن موجودات و به‌خصوص، انسان‌ها می‌شود. این سه دانشمند، شاخص شدت بیوفوتون‌ها و میزان تنش‌های اکسیداتیو را برای شناسایی خطرات احتمالی (همانند بسیاری از دانشمندان بیوفوتونیک)، معرفی می‌نمایند و امیدوارند که در آینده‌ای نزدیک، شیوه‌ی کم‌خطر و حتی بی‌خطر تشخیص بیوفوتونیک، جایگزین روش‌ها و متدهای متداول امروزی شوند.



شکل ۱۵: نمایی از اسباب تصویربرداری بیوفوتونیک از نمونه‌های پوستی.

در شکل ۱۵، شیوه‌ی تصویربرداری از نمونه‌های پوستی تحت مطالعه‌ی بیوفوتونیک این گروه را می‌توان مشاهده نمود. در شکل ۱۵، اتاقک تاریک^۴، عدسی^۵ (لنز) و دوربین CCD^۶، از مهم‌ترین اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی اسباب آزمایش تصویربرداری بیوفوتونیک هستند.

^۱ اپیدرم یا روپوست (Epidermis) همراه با لایه‌ی شاخی، لایه‌ی خارجی پوست را تشکیل و مجموعاً با درم (Dermis)، پوست را شکل می‌دهند. اپیدرم، بافت پوششی سنگ‌فرشی طبقه‌طبقه دارد و نخستین لایه‌ی محافظ بدن در برابر عوامل خارجی است.

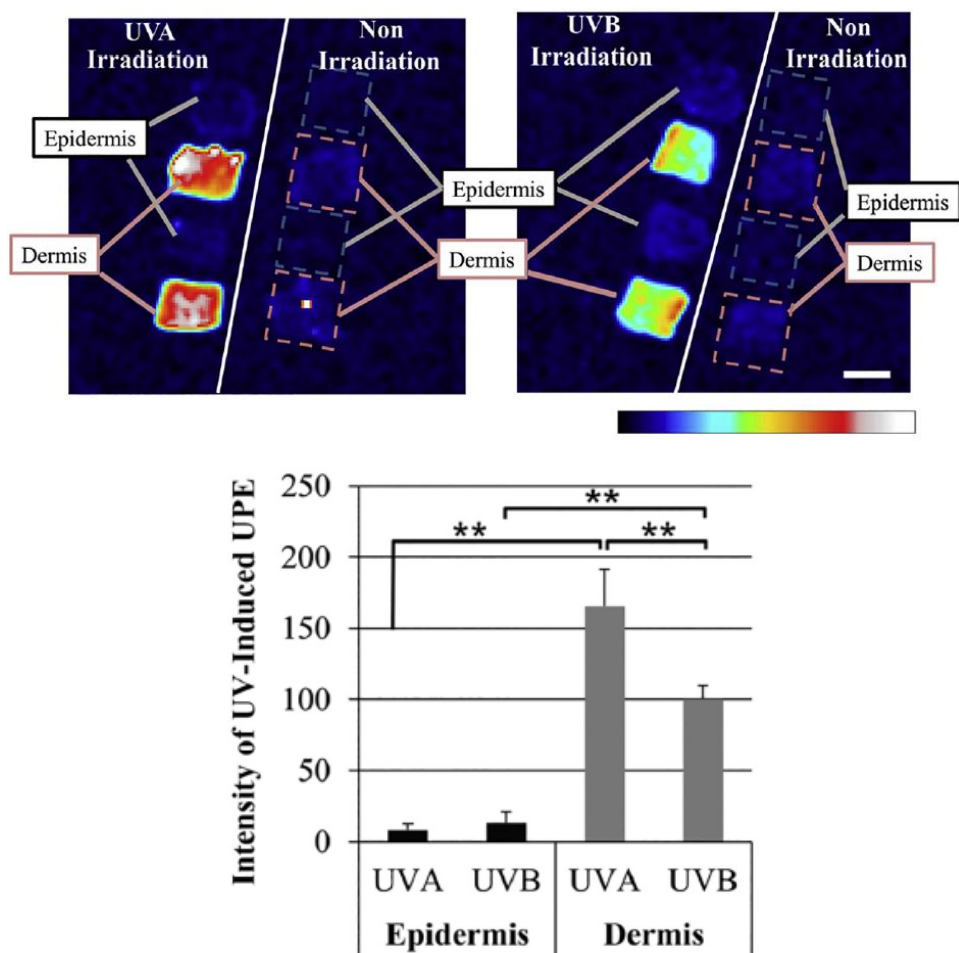
^۲ درم، در زیر اپیدرم قرار گرفته و گیرنده‌های حسی، غدد عرق، عروق خونی و لنفی و غیره را در خود جای داده است.

^۳ Gene Functions

^۴ Dark Chamber

^۵ Lens

این محققان در مقاله‌ی علمی و پژوهشی خود، اشاره کرده‌اند که به دلیل دقت بالاتر در ارائه‌ی نتایج در یک نمونه‌ی پوستی، درم و اپیدرم را از هم، جدا و نتایج را به طور مجزا برای این دو لایه از پوست، مطالعه و تحلیل نموده‌اند. آن‌ها، با انتخاب داوطلبان، نمونه‌های پوستی پشت انگشتان را استخراج و تصاویر ارائه‌شده را پس از پنج دقیقه استقرار در اتاقک تاریک، مورد بررسی و تحلیل قرار داده‌اند.



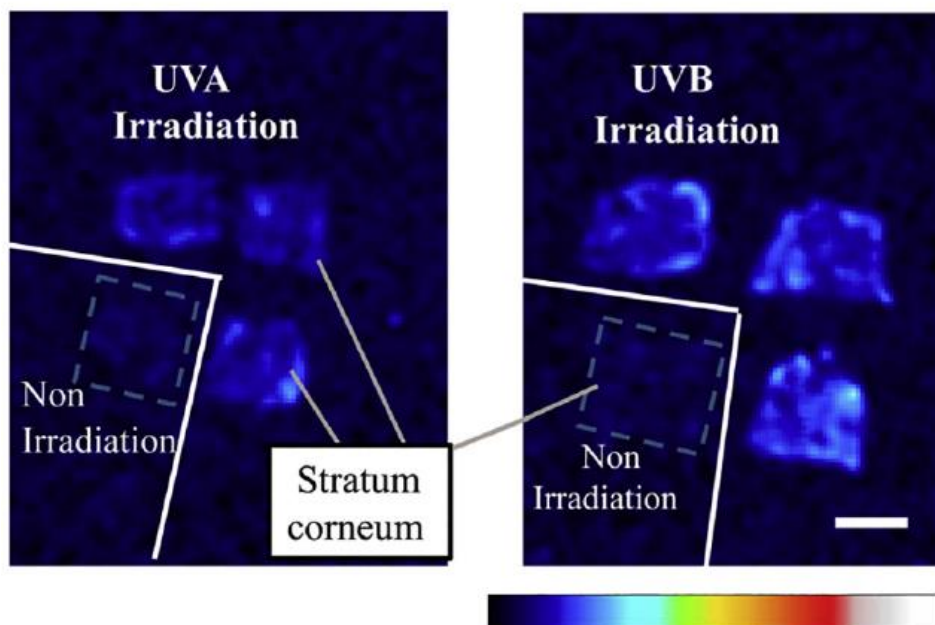
شکل ۱۶: تصویر بیوفوتونیک از درم و اپیدرم پیش و پس از قرارگیری در معرض پرتوهای فرابنفش نوع A (تصویر بالا سمت چپ) و B (تصویر بالا سمت راست). نمودار ستونی شدت بر حسب نوع پرتو برای درم و اپیدرم (شکل پایین).

پژوهشگران نگارنده‌ی مقاله‌ی فوق، پس از پرتودهی فرابنفش UVA و UVB، به ترتیب، با دُزهای^۱ ۱۱۰۰ و ۲۳۴ میلی ژول بر سانتی متر مربع، به نمونه‌های پوستی، آن‌ها را در ابزار آزمایش خود قرار داده و تصاویر بیوفوتونیک را به وسیله‌ی رنگ، مشخص نموده‌اند. با توجه به آنچه که در تصاویر شکل ۱۶ مشاهده می‌شود، طیف رنگی از کم‌ترین شدت تا بالاترین شدت ممکن، از آبی تیره تا سفید مشخص می‌شود.

در تصاویر شکل ۱۶، آن‌طور که ملاحظه می‌شود، پس از پرتودهی به نمونه‌های پوستی، درم، توانایی گسیل بیوفوتون‌های با شدت بیش‌تری نسبت به اپیدرم دارد. به طور کل، هر دو لایه از پوست، پس از قرارگیری در برابر پرتوهای فرابنفش، با تولید و گسیل بیوفوتون‌ها، به این رویداد پاسخ می‌دهند ولی پاسخ درم به مراتب بزرگ‌تر و قابل ملاحظه‌تر خواهد بود. دیگر موردی که از شکل ۱۶ دریافت می‌شود، تولید بیوفوتون‌ها پیش از قرارگیری در معرض پرتوهای فرابنفش است. این نمونه‌ها، شدت بسیار کمی از بیوفوتون را در این مرحله تابش می‌نمایند و مجدداً درم بیش از اپیدرم، بیوفوتون‌ها را گسیل می‌نماید. در نتیجه، درم را در تابش بیوفوتون‌ها و به تبع آن، در میزان تولید گونه‌های اکسیژن فعال، بیش از اپیدرم مقصر می‌دانیم.

در ادامه‌ی بررسی نتایج این گروه، تفاوت در میزان پاسخ‌دهی درم و اپیدرم پس از قرارگیری در معرض پرتوهای فرابنفش و به تبع آن، میزان شدت بیوفوتون‌های گسیلی، به خوبی مشاهده می‌شود. آن‌طور که از شکل ۱۶ مشخص است، اپیدرم پس از قرارگیری در برابر پرتوهای فرابنفش نوع B، شدت بیوفوتونی بیش‌تری را به نمایش می‌گذارد ولی این اتفاق در درم رخ نمی‌دهد و لایه درم پوست، حساسیت بالاتری نسبت به پرتوهای فرابنفش نوع A دارد. گویی، پرتوهای فرابنفش نوع B، در مسیر خود از اپیدرم گذر کرده و احتمالاً دچار تضعیف و میرایی می‌شوند و بخش قابل توجهی از انرژی و اثرگذاری آن‌ها در این مسیر و در اپیدرم، تلف می‌شوند ولی پرتوهای فرابنفش نوع A با نفوذپذیری بالاتر، به درون درم، نفوذ و گونه‌های اکسیژنی را فعال‌تر می‌سازند!

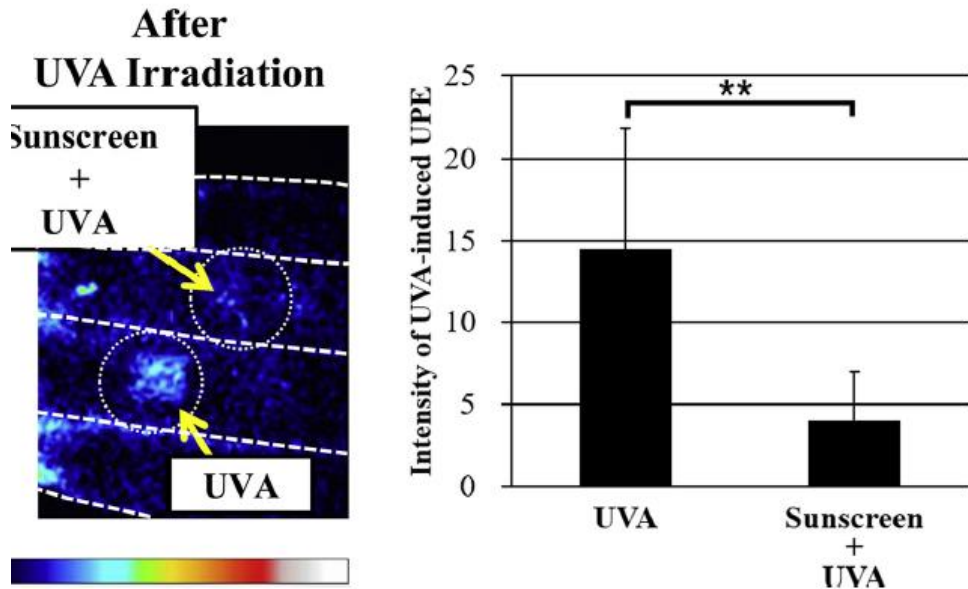
¹ Dose



شکل ۱۷: تصویر بیوفوتونیک از لایه‌ی شاخیِ روپوست (استراتوم کورنئوم) پیش و پس از قرارگیری در معرض پرتوهای فرابنفش نوع A (تصویر چپ) و B (تصویر راست).

همچنین، آن‌ها، معتقدند که میزان کم شدت در اپیدرم به میزان جزئی جذب پرتوهای فرابنفش در این بخش بر می‌گردد. از این‌رو، به بررسی تصاویر بیوفوتونیک لایه‌ی شاخی^۱ در اپیدرم نیز پرداخته و متوجه شده‌اند که لایه‌ی استراتوم کورنئوم یا همان لایه‌ی شاخیِ روپوست (اپیدرم)، همانند اپیدرم به گسیل بیوفوتون در پیش از پرتودهی مشغول است (هر چند کم) و پس از پرتودهی فرابنفش به آن، میزان شدت بیوفوتونی این لایه نیز افزایش می‌یابد اما همچنان در قیاس با لایه‌ی درم، شدت به‌مراتب کم‌تری را نشان می‌دهد. از این‌رو، آن‌ها نتیجه می‌گیرند که اپیدرم و اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی آن، علاقه‌ای به نسبت کم‌تر از درم و اجزاء آن نسبت به تولید و تابش بیوفوتون‌ها دارند و وظیفه‌ی اصلی در پوست برای تابش بیوفوتون را درم بر عهده می‌گیرد.

^۱ لایه‌ی شاخی یا استراتوم کورنئوم (Stratum Corneum)، به خارجی‌ترین لایه‌ی سطح اپیدرم در پوست انسان‌ها، گفته می‌شود. این لایه، به طور مکانیکی، با دنیای پیرامون در تماس است و اجسام مختلف با آن، از طریق اصطکاک، در ارتباط هستند. این لایه‌ی خارجی، سرشار از سلول‌های مرده است.



شکل ۱۸: تصویر بیوفوتونیک از بخشی از پوست انگشت پس از قرارگیری در معرض پرتوهای فرابنفش نوع A، با و بدون استفاده از ضد آفتاب مناسب (تصویر چپ) و نمودار ستونی شدت (شکل راست) و نمایش اثرات مفید ضد آفتاب در کاهش شدت بیوفوتون‌های گسیلی از پوست.

این گروه، در ادامه و با مطالعه‌ی اثرات آنتی‌اکسیدان‌های تجویزی برای لایه‌های پوستی، کاهش در تابش بیوفوتون‌های پوستی را ثبت و با قاطعیت بیان می‌کنند که دلیل اصلی چنین اتفاقاتی، نفوذ ساده‌ی امواج فرابنفش به درون لایه‌های پوستی، همچون درم و اپیدرم (در واقع، لایه‌ی درم، نفوذپذیری بالایی از خود در برابر پرتوهای فرابنفش نوع A را نشان می‌دهد!)، افزایش در تولید گونه‌های اکسیژن فعال و در نتیجه، افزایش در تنش اکسیداتیو است و در نهایت، به استفاده مداوم از ضد آفتاب‌های^۱ مناسب توصیه و تأکید می‌کنند.

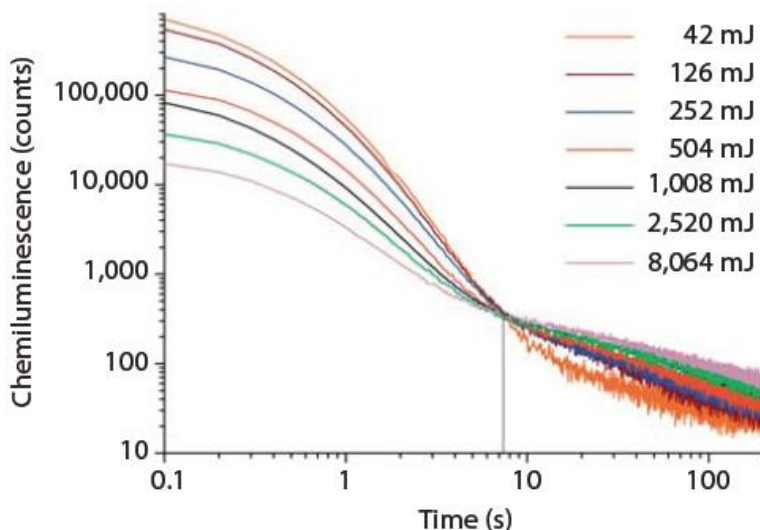
آنها، همچنین، به این نتیجه‌ی مهم دست یافته‌اند که با پرتودهی فرابنفش نوع A و B، به لایه‌های درم و اپیدرم پوست، بیوفوتون‌های در طیف مرئی نیز به شدت فعال می‌شوند.

میزان حساسیت پوست به تابش پرتوی فرابنفش نوع A را پیش از این، گروهی از کشور آلمان تحت هدایت آنیل جین^۲ در سال ۲۰۰۹ میلادی، به نمایش گذاشته‌اند. این افراد، در گزارش تحقیقی و علمی خود، با به نمایش گذاشتن نمودار شدت بیوفوتون‌ها بر حسب زمان،

^۱ Sunscreens

^۲ Anil Jain

در دُزهایِ گوناگون، اثبات کرده‌اند که پس از قرارگیریِ پوست در برابر پرتوهایِ فرابنفشِ نوعِ A، مقادیرِ بزرگی از بیوفوتون، از خود گسیل می‌نمایند ولی به مرور زمان (در کم‌تر از ۱۰ ثانیه) اُفتی قابل‌ملاحظه خواهند داشت و در ادامه و در مرحله‌ی بعد و در زمان‌های پس از مرحله‌ی نخست، به ثبات و اشباعی تقریبی، رسیده و در بازه‌ی زمانیِ طولانی‌تری، کاهش در شدتِ بیوفوتون‌ها را تجربه می‌نمایند. در نمودار شکل ۱۹، موضوع اُفتِ دو مرحله‌ای^۱ شدت بیوفوتون‌ها (یا کمی لومینسانس)، به‌وضوح به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱۹: نمودار شدت بیوفوتون یا کمی لومینسانس بر حسب زمان در دُزهایِ مختلفی از پرتوهایِ فرابنفشِ نوع A فرودی بر پوست.

ارتباط بین سلولی و بیواطلاعات بیوفوتونیک

از عجایی که در دنیای سلول‌ها رخ می‌دهد، ارتباط^۲ و انتقال اطلاعات^۳ از سلولی به سلولی دیگر است. این انتقال اطلاعات یا به‌نوعی، ارتباط از راه دور سلول‌ها با یکدیگر را می‌توان به طور مبسوط در پروژه‌ی تحقیقی دَنیل فِلِس^۴ سوئسی به سال ۲۰۰۸ میلادی، نظاره

^۱ Two-Phase Decay

^۲ Communication

^۳ Information Transfer

^۴ Daniel Fels

کرد.^۱ در این گزارش، وی با بررسی بیوفوتون و همچنین عواملی نظیر ارتباط سلول‌های موجود تک‌سلولی پارامسی^۲ (پارامسیوم کائود/توم مژک‌دار^۳) با یکدیگر حتی با فاصله‌افتادن بین آن‌ها توسط لوله‌های آزمایشگاهی و کووت‌های^۴ از جنس شیشه و کوارتز و دیگر ابزارهای در دسترس، به این نتیجه‌ی مهم دست یافته است که سلول‌ها حتی بدون جابه‌جا نمودن یک مولکول، پیام‌ها و اطلاعات را مابین خود، به اشتراک می‌گذارند.^۵ وی با تحلیل پژوهش‌های پیشین محققان این عرصه و با استناد به نتایج دقیق آزمایشگاهی خود، عامل مهمی به نام تحریک فوتونی^۶ یا همان بیوفوتون‌ها را در کنار سامانه‌ی مبتنی بر گیرنده‌های مولکولی^۷، معرفی می‌نماید. وی، عدم انتقال مولکول، تسریع در تقسیم سلولی و جذب انرژی^۸ را ثمره‌ی دخالت بیوفوتون‌ها در فرایند تبادل و انتقال اطلاعات بین‌سلولی، تلقی می‌کند.

در سال ۲۰۰۷ میلادی، پوپ و همکارش، کلیمک^۹، در گزارشی، ادعا نموده‌اند که حتی برخی ارگانسیم‌ها، فرایند جذب فوتون، جهت درک و پایش اطلاعات از بیرون را در فعالیت‌های روزمره‌ی خود قرار می‌دهند. این دو، شیوه‌ی حیرت‌انگیز ارتباط با محیط توسط ارگانسیم‌ها را مکیدن فوتون^{۱۰} نام نهاده‌اند. گویی سلول‌ها و ارگانسیم‌های زنده، فرستنده‌ها^{۱۱} و گیرنده‌های مناسب امواج الکترومغناطیس و به‌ویژه، بیوفوتون‌ها، هستند.^{۱۲}

^۱ البته، پژوهش‌های کازناچی‌ف (A.V. P. Kaznacheev) و همکارانش در سال ۱۹۸۰ میلادی را می‌توان به‌عنوان نخستین مورد از پژوهش‌های مرتبط با ارتباطات بین‌سلولی قبول نمود. آن‌ها، با کشت فیبروبلاست و انجام آزمایشی دقیق، نشان دادند که اثرات بیوفوتونی و الکترومغناطیس در ارتباطات بین‌سلولی، مؤثر واقع شده‌اند و اثرات شیمیایی، نقشی درخور نداشته‌اند.

^۲ پارامسی‌ها (Paramecia)، تک‌سلولی‌هایی از شاخه‌ی مژک‌داران هستند. این موجودات، در آب‌های آرام و آب‌گیرهای راکد، زندگی می‌کنند و بخش اصلی زنجیره‌ی غذایی را تشکیل می‌دهند. پارامسی‌ها، با حرکت مژک‌های خود، مواد غذایی ضروری را از محیط به حفره‌های دهانی منتقل می‌کنند. علت انتخاب این دسته از موجودات توسط گروه پژوهشی فوق، بنا به ادعای خودشان، سهولت در تغذیه و نگهداری آن‌ها در آزمایشگاه بوده است.

^۳ *Ciliate Paramecium Caudatum*

^۴ Cuvettes

^۵ بیوشیمی‌دان‌های بسیاری، معتقدند که فرایند تولید امواج الکترومغناطیس از سلول‌ها، تنها به اتلاف انرژی باز می‌گردد و مباحثی همچون بیواطلاعات و تبادل اطلاعات توسط سلول‌ها، مفاهیمی انتزاعی و اشتباه هستند!

^۶ Photon Triggering

^۷ Molecule-Receptor-Based System

^۸ Energy Uptake

^۹ W. Klimek

^{۱۰} Photon Sucking

حتی گورویچ، در تحقیقات ابتدایی خود (حدود یک قرن پیش) با اشاره به نقش ریشه-های پیاز و نقش ارتباطی آن‌ها با یکدیگر به وسیله‌ی تابش میثوژنتیک (بیوفوتون)، آغازی را بر اثبات این قضیه بنا نهاده بود. به همین شکل، کوئیکندین و همکارانش در سال ۱۹۷۶ میلادی، این موضوع را برای سلول‌های مخمر بیان داشته‌اند و تبادل و ارتباط مستقیم بیوفوتونی را عامل سرعت‌دهی در رشد و یا تخریب در سلول‌های مجاور، فرض نموده‌اند.

نخستین و دقیق‌ترین تلاش در راستای پی‌بردن به طیف الکترومغناطیس در برگ‌برنده‌ی بیوفوتون‌ها و ارتباط بیوفوتونیک سلول‌های باکتریایی را نیکولائف^۱ در سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۰ میلادی، به سرانجام رساند. با آن‌که آزمایش‌های متعددی تا آن زمان برای جستجو در طیف دقیق بیوفوتون‌ها با استفاده از شیشه و کوارتز انجام شده بود، اما نیکولائف با آزمایشی موسوم به «فلاسک در یک فلاسک»^۲، برای بیوفوتون‌های گسیلی از کشت باکتری‌های^۳ درونی آن‌ها، توانست به اثباتی با دقت بالا برای شناخت ماهیت طیف و مهم‌تر از آن، پی‌بردن به زبان^۴ الکترومغناطیس میکروآرگانیزم‌ها برای ارتباط و تبادل اطلاعات، دست یابد.

وی، مطابق با شکل ۲۰، فلاسکی را درون فلاسکی دیگر قرار داد و محیطی ایزوله و عایق را برای عدم نفوذ امواج الکترومغناطیس مزاحم محیطی در نظر گرفت. در هر دو فلاسک داخلی و خارجی، باکتری ویبریو کاستیکولا^۵ و در آزمایشی دیگر، باکتری سودوموناس فلورسسانس^۶ را با رعایت اصول زیست‌شناسان قرار داد و فلاسک داخلی را به باکتری‌های دریافت‌کننده و فلاسک خارجی را به باکتری‌های منتشرکننده‌ی بیوفوتون‌ها اختصاص داد. پس از پایان دوره‌ی آزمایش، وی دریافت که اثرات محیط کشت

¹¹ Transmitters

^{۱۲} برخی محققان، همچون شخص فریتس آلبرت پوپ و دیگران، معتقدند که نقش جاذب و گیرنده بودن سلول‌ها را دی-ان‌ای‌های سلولی (Cellular DNA) بازی می‌کنند و با به‌دام انداختن امواج الکترومغناطیس پیرامون، بازیابی و بازانتشار آن‌ها را نیز به‌صورت بیوفوتون، بر عهده می‌گیرند! (لازم به ذکر است که آن‌ها به طور غیرمستقیم به چنین نتیجه‌ای دست یافته‌اند).

¹ Y. A. Nikolaev

² Flask in a Flask

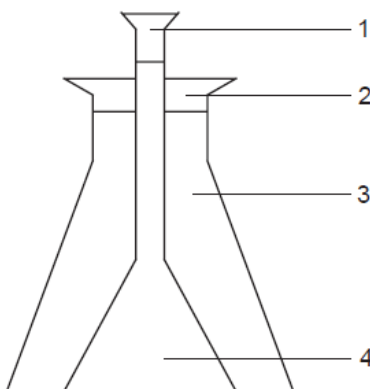
³ Bacterial Cultures

⁴ Language

⁵ *Vibrio Costicola*

⁶ *Pseudomonas Fluorescence*

منتشرکننده‌ی بیوفوتون کاملاً در محیط گیرنده، یافت می‌شود و این موضوع، نشان‌دهنده‌ی انتقال اطلاعات در بین دو محیط کشت باکتریایی، بدون نیاز به جابه‌جایی و انتقال مولکولی است. حتی در گامی فراتر، او، سیگنال‌های الکترومغناطیس را عاملی برای آغاز سیگنال‌دهی شیمیایی (پیام‌رسانی شیمیایی) در نمونه‌ها، فرض کرد.



شکل ۲۰: نمایی شماتیک از طرح «فلاسک در یک فلاسک» نیکولائف. (۱) درپوش فلاسک داخلی، (۲) درپوش فلاسک خارجی، (۳) فلاسک خارجی دارای محیط با قابلیت انتشار و (۴) فلاسک داخلی دارای محیط با قابلیت دریافت بیوفوتون.

در این زمینه، ماکسیم تروشین^۱ در سال ۲۰۰۳ میلادی نیز به انجام آزمایش‌های تأثیر از راه دور^۲ در رشد باکتری‌های *شریشیا گلای*، اقدام نموده است که نتایجی مشابه با نتایج نیکولائف و دیگران، داشته است. این نتایج، به‌روشنی بیان می‌کنند که بیواطلاعات بر پایه‌ی امواج الکترومغناطیس یا همان بیوفوتون، در رشد یا عدم رشد ارگانسیم‌ها و میکروارگانسیم‌ها، اصلی قابل‌ملاحظه است و چشم‌پوشی از آن غیر قابل‌قبول خواهد بود.

کاترین کریث و گری شوارتز که پیش از این در بخش بیوفوتونیک گیاهی به فعالیت‌های آن‌ها اشاره‌ای داشتیم، در پژوهش‌های خود، با نمایش بیوفوتون‌های گسلی از برگ‌های گیاه شمعدانی و ارتباط و برهم‌کنش‌های آن‌ها با یکدیگر سخن گفته‌اند.

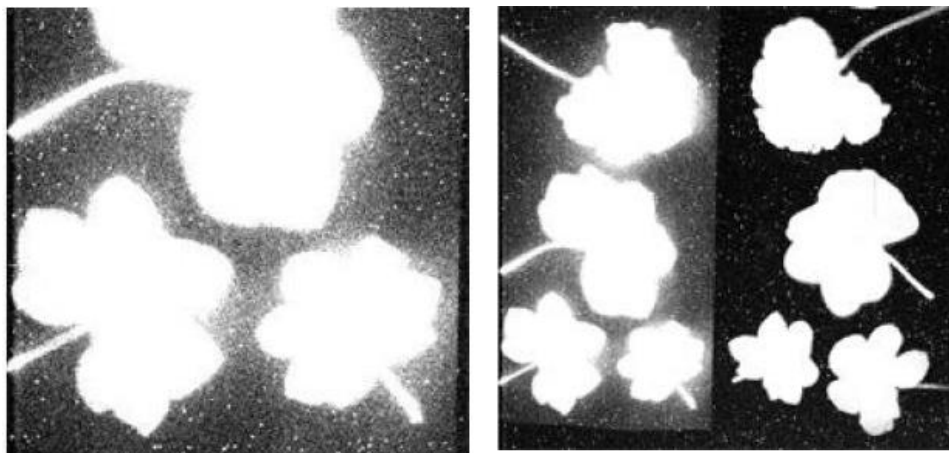
ایشان در عکس‌برداری‌های خود دریافته‌اند که بیوفوتون‌ها در فضای خارج از برگ شمعدانی نیز نفوذ می‌کنند و چنین رفتاری را الگویی هاله‌مانند^۳ توصیف نموده‌اند. این دو

^۱ Maxim V. Trushin

^۲ Distant Interaction

^۳ Halo-Like (Aura-Like)

محقق، بیان داشته‌اند که الگوی هاله‌مانند، احتمالاً وظیفه‌ی انتقال اطلاعات توسط بیوفوتون‌ها را بر دوش می‌کشند و برهم‌کنش بیوفوتون‌های برگ‌ها با یکدیگر، باعث انتقال اطلاعات از برگی به برگ دیگر می‌شود (آن‌طور که گوروچ، بدون ابزاری برای ثبت تصاویر ریشه‌های پیاز، به آن رسیده بود!).



شکل ۲۱: تصویر بیوفوتونیک (در مدت دو ساعت) از برگ‌های شمعدانی در کنار یکدیگر در اتاق تاریک. قراردادن برگ‌ها روی برگه‌ای سفید رنگ (نیمه‌ی چپ از شکل راست) و مشکی رنگ (نیمه‌ی راست از تصویر راست)؛ بزرگ‌نمایی تصویر در بخش پایینی نیمه‌ی چپ از شکل راست (تصویر چپ).

در شکل ۲۱، محققان از دو برگه‌ی سپید رنگ (با میزان بازتابش^۱ و پراکنش و پراکندگی^۲ بالای نور) و مشکی رنگ (با میزان جذب بالای نور) بهره برده‌اند. دلیل انتخاب این دو نوع برگه، تمرکز بهتر بر میزان تابش بیوفوتون‌ها است. در شکل ۲۱، مشخص است که تصویر مرتبط با پس‌زمینه‌ی سپید (برگه‌ی سپید رنگ)، به دلیل بازتابش مناسب امواج بیوفوتونی، پراکندگی بیوفوتونی کاملاً آشکاری را به نمایش می‌گذارد و حتی نفوذ و جذب بیوفوتون‌های بازتابیده از برگی به برگ دیگر هم آشکارا مشاهده می‌شود. در ادامه، آن‌ها، با بررسی تصاویر بیوفوتونیک از لوبیا سبز^۳ در بازه‌ی زمانی یک ساعت، به نتایجی مشابه با برگ‌های گیاه شمعدانی می‌رسند.

¹ Reflection

² Scattering

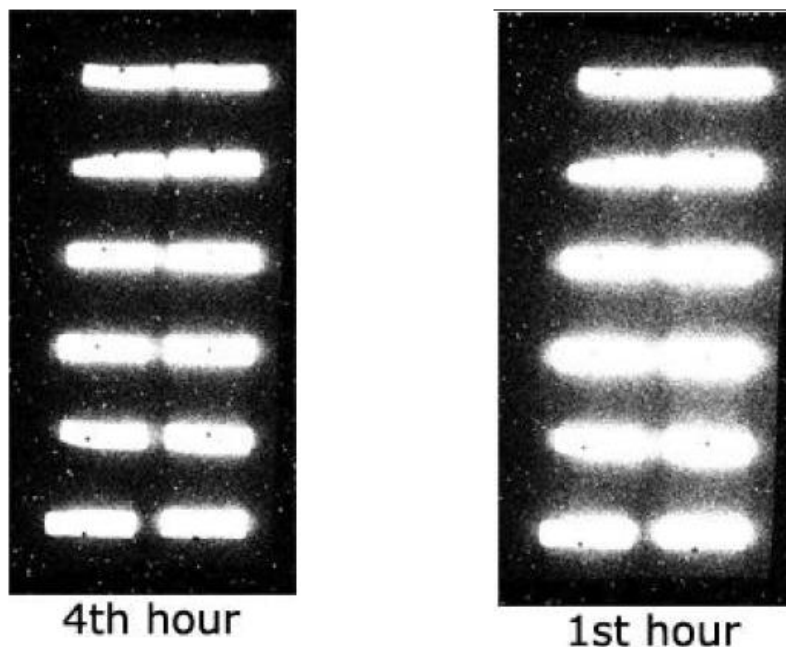
³ String Bean



شکل ۲۲: تصویر بیوفوتونیک (در مدت یک ساعت) از لوبیا سبزه‌ها در کنار یکدیگر در اتاق تاریک. قراردادن لوبیاها روی برگه‌ای سفید رنگ (تصویر راست) و مشکی رنگ (تصویر چپ).

این محققان، همچنین، با تحلیل مدت زمان‌های یک و چهار ساعت از لوبیا سبزه‌های درون اتاق تاریک به این نتیجه دست یافتند که تابش بیوفوتونیک در مدت زمان یک ساعت ابتدایی، بسیار بیش‌تر از بازه‌ی زمانی چهار ساعت، بوده است و میزان برهم‌کنش^۱ بیوفوتون-ها با یکدیگر که خود، نمادی از برهم‌کنش و تعامل گیاهان با یکدیگر است، به‌شدت کاهش می‌یابد. شکل ۲۳، گویای چنین رفتاری است. همان‌طور که متوجه شده‌ایم، تابش‌های هاله-مانند، قطعاً از سلول‌ها و اجزاء درون آن، مانند میتوکندری‌ها، نشئت می‌گیرند که مجدداً اهمیت سلول‌ها در تولید بیوفوتون‌ها و همچنین، ارتباطات بین‌سلولی و حتی در مقیاس بزرگ‌تر، ارتباطات بین اجزای مختلف گیاهان یا جانوران را یادآوری می‌کنند.

¹ Interaction



شکل ۲۳: تصویر بیوفوتونیک از کنار هم قراردادن لوبیا سبزه با فواصل میلی‌متری در اتاق تاریک. در مدت یک (تصویر راست) و چهار ساعت (تصویر چپ).

در نهایت، این سخن خالی از لطف نخواهد بود که آرگانیسم‌ها (به‌ویژه، سلول‌ها)، نه تنها دنیایی از مولکول‌ها را در خود جای داده‌اند، بلکه منبعی غنی از امواج الکترومغناطیس (نور) هستند که وظیفه‌ی اطلاع‌رسانی، تبادل اطلاعات و نقش تنظیم‌گری^۱ را بر عهده دارند.^۲

دیگر موردی که در ارتباطات بین‌سلولی بسیار حیاتی و اثرگذار است، اثر ناظرِ ناشی از تابش^۳ است. طبق این دستورالعمل، سلول‌هایی که حتی تحت تأثیر تابش مستقیم نبوده‌اند، قابلیتِ همسان با آن دسته از سلول‌هایی که در معرض تابش بوده‌اند را از خود به نمایش می‌گذارند. حدس زده می‌شود که این فرایند پیچیده و همچنان ناشناخته، تحت ساز و کارهایی صورت پذیرد که دو نوع از آن مورد پذیرش قرار گرفته است. ساز و کارهایی نظیر

^۱ Regulatory Role

^۲ حتی افرادی همچون پانکراتوف (Pankratov)، معتقدند که کانال‌ها و مجاری انرژی با نام مریدین‌ها (Meridians) (مرتبط با طب سوزنی و سنتی شرق آسیا) نیز از ارتباطات نوری و بیوفوتونی در بدن بهره می‌برند و به‌نوعی، کانال‌های انتقال بیوفوتون‌ها در سراسر بدن، محسوب می‌شوند!

^۳ Radiation-Induced Bystander Effect (RIBE)

انتقال فاکتورهای محلول^۱ از سلولی به سلول دیگر و همچنین، ساز و کاری تماماً فیزیکی و از طریق سیگنال‌دهی الکترومغناطیسی^۲

میشله^۳ و همکارانش از جمهوری ایرلند و کانادا در سال ۲۰۱۸ میلادی، به بیان ارتباطات سلولی و به‌ویژه، اثر ناظر ناشی از تابش، پرداخته‌اند. ایشان، با اشاره به فعالیت‌های سال ۲۰۱۷ میلادی گروه خود، میتوکندری‌های سلول‌های مجاور و ناظر را عاملی برای دریافت اطلاعات از سلول‌های هدف تابش معرفی می‌کنند. این محققان، ادعا می‌کنند که بر اثر القاء شرایط از سلول در معرض تابش به سلول ناظر و مجاور، غشاء میتوکندری، غیر قطبی می‌شود. این اثر القائی، میتوکندری سلول کناری و ناظر را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و تغییری در میزان ATP تولیدی آن ایجاد می‌نماید.

بیوفوتون شوک حرارتی

کوبایاشی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ میلادی، با ارائه‌ی مقاله‌ای در زمینه‌ی تأثیر شوک حرارتی^۴ بر سلول ریشه‌های لوبیای آزوکی، دریافتند که افزایش دما، مسبب افزایش در شدت بیوفوتون‌های ساطع‌شده، می‌شود.

آن‌ها، بیان داشته‌اند که با افزایش دما، تعادل ذاتی بین تنش اکسیداتیو و فعالیت آنتی-اکسیدانی، بر هم می‌خورد و افزایش در تولید گونه‌های اکسیژن فعال را توسط میتوکندری، می‌توان مشاهده و ثبت نمود. به طور کل، افزایش در تولید گونه‌های اکسیژن فعال، آن‌طور که پیش از این بیان کردیم، باعث افزایش شدت بیوفوتون‌ها خواهد شد. در این نمونه، پروتئین‌های درون سلولی ریشه‌ی لوبیای آزوکی، واسرشته یا دناتوره^۵ شده و حالت طبیعی خود را از دست می‌دهند و در نتیجه، ساختار غشاء آن‌ها، مختل شده و کارایی نخستین را نخواهند داشت. همچنین، تحت تنش حرارتی، موسوم به شوک حرارتی، آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی و دیگر آنزیم‌ها، غیر فعال شده و عملاً راه را برای افزایش رادیکال‌های آزاد، باز خواهند نمود و تنش اکسیداتیو، رخ خواهد داد. در طول این فرایند، پروتئین‌های دناتوره

¹ Transfer of Soluble Factors

² Electromagnetic Signalling

³ Michelle Le

⁴ Heat Shock

⁵ Denature

(واسپِرِشته)، به پروتئین‌های شوک حرارتی (HSP)^۱ تبدیل می‌شوند که طبیعتاً با پروتئین‌های نخستین خود (پروتئین‌های مادر) تفاوت‌هایی را خواهند داشت. محققان بر این باورند که حتی با افت مجدد دما در سامانه‌ی تحت مطالعه، شدت و نوع بیوفوتون‌های گسیلی از ریشه‌های لوبیای آزوکی، به‌دلیل حضور همین پروتئین‌های شوک حرارتی (حتی با توقف سَنَتِز آن‌ها)، با بیوفوتون‌های پیش از افزایش دما و شوک حرارتی، یکسان نخواهند بود. این محققان، تأکید می‌ورزند که وجود و حضور پروتئین‌های دنا‌توره‌ی شوک حرارتی در سلول‌ها (از چند ساعت تا چندین روز)، نقشی مؤثر و کلیدی را در تغییر حالت نخستین ارگانیسم‌های حاوی این دسته پروتئین‌ها، بازی می‌کنند. از این‌رو، ایشان بر این باور پافشاری می‌کنند که نباید نقش پروتئین‌های سلولی را در انتشار بیوفوتون‌ها، نادیده گرفت.

این محققان، همچنین، نتایج گروه خود را با تحقیقات گروهی ژاپنی در سال ۲۰۰۰ میلادی و تحت رهبری تومویوکی^۲ تقریباً معادل فرض کرده‌اند؛ با این تفاوت که گروه تومویوکی، با بررسی اثر نمک و شوری^۳، به‌عنوان تنش در ریشه‌های گیاهان، دریافت‌ه بودند که افزایش شوری خاک، باعث افزایش شدت بیوفوتون‌ها می‌شود.

جریان‌های بیوفوتونیک عصبی

به‌کارگیری بیوفوتونیک در سلول‌های عصبی و به‌ویژه، در ساختار نورون^۴ و آکسون^۵ درون آن، یکی از عوامل بررسی و تحلیل سلامت عصبی جانداران محسوب می‌شود. از این‌رو، محققان عصب‌شناس^۶ و بیوفوتونیک، در صدد کشف الگویی مناسب از ارتباطات در ابعاد نانومتری و حتی میکرونی هستند.

^۱ Heat Shock Proteins (HSP)

^۲ O. Tomoyuki

^۳ Salinity

^۴ نورون‌ها (Neurons)، از اصلی‌ترین سلول‌های عصبی محسوب می‌شوند و وظیفه‌ی رسانش و حمل پیام‌های عصبی را بر دوش می‌کشند و تقسیم سلولی در آن‌ها معنایی ندارد. این سلول‌ها، شامل بخش سلولی (شبه به همه‌ی سلول‌ها)، دندریت‌ها (Dendrites)، آکسون و پایانه‌های سیناپسی (Synaptic Terminals) هستند. اصولاً، نورون‌ها توسط شاخه‌های دندریتی (Dendritic Branches) داده‌های عصبی را دریافت می‌کنند (گیرنده) و آکسون‌ها وظیفه‌ی رساندن پیام‌ها و داده‌ها (انتقال‌دهنده) را بر عهده می‌گیرند.

^۵ Axon

^۶ Neurologist

در پژوهشی که استفانوس وایه‌دیت‌مادیا^۱ و پدرام جوهری^۲ با دیگر همکاران خود از دانشگاه‌های کشورهای فنلاند و ایالات متحده در سال ۲۰۱۹ میلادی منتشر کرده‌اند، گوشه‌ای از ویژگی‌های اصیل و اساسی بیوفوتونیک وابسته به مغز، به‌ویژه، بیوفوتونیک اعصاب و نورون‌ها، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

ایشان، در این تحقیق، با فراهم‌نمودن اطلاعات و داده‌های محاسباتی و رایانه‌ای از دنیای اعصاب درون مغز، پی برده‌اند که سلول‌های عصبی با هدف گرفته‌شدن توسط نور، افزون بر پیام‌رسانی عصبی و ایجاد جریان‌های الکتریکی خفیف، با گسیل بیوفوتون‌ها، جلوه‌گری می‌کنند و اساساً این دسته از تابش‌ها در آکسون نورون‌ها، تولید و سپس پخش می‌شوند. از این‌رو، این محققان، این دسته از بیوفوتون‌ها که وظیفه‌ی ارتباط بین‌سلولی را بر عهده دارند، با نام بیوفوتون‌های آکسونی^۳، معرفی می‌نمایند و ارتباطات این چینی را ارتباطات بیوفوتونی آکسونی^۴ نام نهاده‌اند.

گروه فوق، در این راستا، با استناد به مقاله‌ی کومار^۵ و همکاران محققش در سال ۲۰۱۶ میلادی، میلین^۶ را نیز همانند موج‌بری اپتیکی در نظر می‌گیرند و آکسون به همراه غلاف میلین^۷ را شاهراه انتقال نور و امواج الکترومغناطیس در بدن، معرفی می‌نمایند. در این

¹ Stefanus Wirdatmadja

² Pedram Johari

³ Axonal Biophotons

⁴ Axonal Biophoton Communications

⁵ S. Kumar

^۶ میلین‌ها (Myelins)، به صورت ساختاری غنی از چربی شناخته می‌شوند که به دور آکسون در نورون‌ها، پیچیده شده‌اند. میلین‌ها از دیدگاه الکتریکی، نارسانا محسوب می‌شوند. کُلسترول از اجزای اصلی ساختمان میلین‌ها است. از بین‌رفتن میلین به دور آکسون‌ها یا دندریت‌ها، باعث می‌شود تا هدایت و انتقال پیام‌های عصبی، دچار اختلال شود که ساخت مجدد آن‌ها در آکسون‌ها از چالش‌های بسیار مهم در علوم پزشکی است. بیماری ام‌اس (MS)، ناشی از کاهش ضخامت یا از بین‌رفتن لایه‌ی چربی میلین به دور آکسون‌ها است.

^۷ غلاف میلین (Myelin Sheath) به پوشش میلین‌دار آکسون‌ها و برخی دندریت‌ها گفته می‌شود که سبب سپیدفامی نورون‌ها است. این پوشش‌ها و غلاف‌ها، افزون بر محافظت از سلول‌های عصبی، باعث می‌شوند تا سطح خارجی تارهای عصبی، نارسانایی خود را حفظ نمایند و کمکی برای رسانایی درون تارهای عصبی (و حتی رسانش بیوفوتونیک آن‌ها) جهت انتقال بهتر و سریع‌تر پیام‌های عصبی باشند. نورون‌های با پوشش و غلاف میلین، بنیان و اساس ساختمان بخش سفید مغز و نخاع محسوب می‌شوند و نورون‌های عاری از چنین پوشش و غلافی، بخش خاکستری مغز و نخاع را می‌سازند. در ضمن، سرعت رسانش و حمل پیام‌های عصبی در نورون‌های غلاف‌دار به‌مراتب سریع‌تر از نورون‌های بدون غلاف است.

گزارش، پروتئین‌های درون آکسون‌ها، به دلیل جذب بالای امواج با طول موج ۳۰۰ نانومتر، عاملی برای حذف این طول موج بیان می‌شوند و محاسبات آن‌ها نشان داده است که طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر (مرئی و فروسرخ نزدیک)، می‌توانند در سرتاسر غلاف میلین، هدایت و انتقال‌های امواج، به راحتی در سراسر سامانه‌ی عصبی، مغز و بدن، انجام شوند.

در همین راستا، سه محقق چینی به نام‌های یان سان^۱، چائو وانگ^۲ و جیاپی دای^۳ در سال ۲۰۱۰ میلادی، با انتشار مقاله‌ای کاربردی در پاسخ به این پرسش که علت انتقال امواج الکترومغناطیس در طول تارهای عصبی یا همان آکسون‌ها چیست؟!، به این نتیجه دست یافته‌اند که دلیل این موضوع، برهم‌کنش‌های مؤثر بیوفوتونیک پروتئین - پروتئین^۴ در داخل آکسون‌ها و تارهای عصبی هستند که عمل انتقال را به درستی و با کم‌ترین میزان انحراف از سلولی عصبی به سلولی دیگر، انجام و سرتاسر شبکه‌ی عصبی را پوشش می‌دهند. طبق این الگو، برای مثال، موجی با طول موج ۶۵۰ نانومتر، با برخورد و برهم‌کنش مستقیم با نخستین پروتئین نوع A، موجی با طول موج ۶۲۰ نانومتر را منتشر می‌کند و در ادامه، موج با طول موج ۶۲۰ نانومتر، با برهم‌کنش مستقیم دیگری با نخستین پروتئین نوع B، موجی با طول موج ۶۵۰ نانومتر را منتشر می‌کند و این روال تکراری در سرتاسر یک تار عصبی، موجبات انتقال موفق بیوفوتون‌ها (بدون جابه‌جایی ماده) درون این شبکه‌ی پیچیده را فراهم می‌نماید. البته، این پرسش پیش می‌آید که مگر می‌شود مولکول‌هایی همچون پروتئین‌ها، برخلاف قوائد فیزیکی، موجی با انرژی کم (با طول موج بزرگ‌تر) را جذب و موجی با انرژی بیشتر (با طول موج کوچک‌تر) را تابش کنند؟

این گروه در پاسخ به این پرسش اساسی، بیان می‌کنند که چنین رخدادی در نقض آشکار با قوانین فیزیکی نیست؛ بلکه در این زمینه، بهره‌مندی همزمان از دو شکل بیوفوتون - های گنشی^۵ و پس‌زمینه^۶ در برهم‌کنش‌های بیوفوتونیک پروتئین - پروتئین، دلیل کاهش و افزایش طول موج (یا همان انرژی) بیوفوتون‌ها هستند.

¹ Yan Sun

² Chao Wang

³ Jiapi Dai

⁴ Protein-Protein Biophotonic Interactions

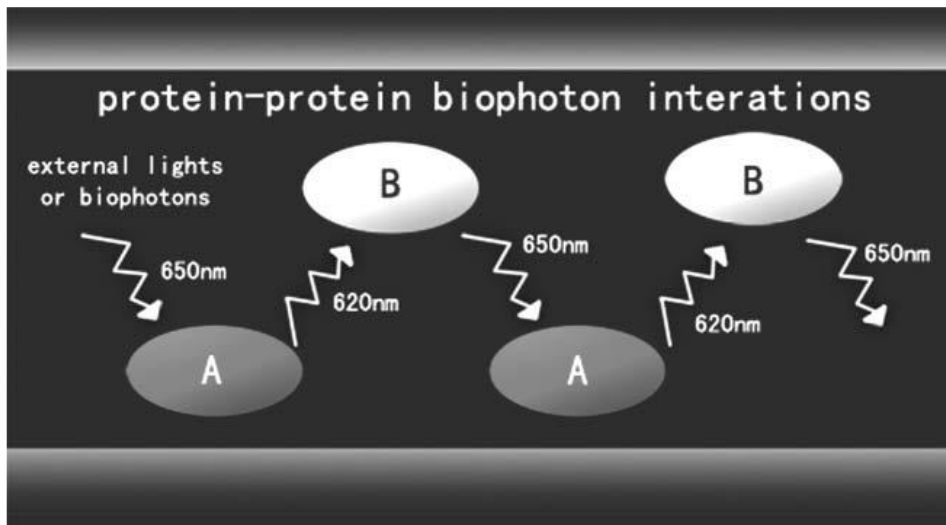
⁵ Action Biophotons

⁶ Background Biophotons

این دانشمندان، در الگوی معرفی‌شده، دو نوع بیوفوتون را درون تارهای عصبی به رسمیت می‌شناسند: بیوفوتون‌های گُنشی و پس‌زمینه؛ که می‌بایست این دو را در روند تحقیق از یکدیگر جدا نمود تا نتایج را به‌درستی مورد تحلیل قرار داد.

بیوفوتون‌های گُنشی، پس از تحریک نوری، مسبب انتقال موفق بیوفوتون‌ها در داخل تارهای عصبی هستند و فعالیت‌های بیوفوتونیک را افزایش می‌دهند. اما، بیوفوتون‌های پس-زمینه توسط میتوکندری‌ها و تنش‌های اُکسیداتیو و در کل، متابولیسم اُکسیداتیو میتوکندری‌ها، درون بخش سلولی یا یاخته‌ای نورو، پدید می‌آیند و در روند انتقال بیوفوتونیک تارهای عصبی، دخالت می‌کنند. از این‌رو، مولکول‌هایی همچون پروتئین‌ها، در قالب چنین مدلی از برهم‌کنش، با استفاده از نقش میتوکندری‌ها و تنش‌های اُکسیداتیو، میزان انرژی و طول موج بیوفوتون‌ها را در مسیر طولانی شبکه‌ی پیچیده‌ی سامانه‌ی عصبی، کنترل و مدیریت می‌کنند. بنابراین، شناخت ماهیت و کارکرد هر دو نوع بیوفوتون معرفی-شده توسط این گروه، در روند تحقیقات، به تحلیل و پیش‌بینی بهتر از وضعیت آینده‌ی بیوفیزیکی یک شبکه‌ی عصبی، می‌انجامد.

نمایی شماتیک از برهم‌کنش‌های متقابل بیوفوتونیک پروتئین - پروتئین، در شکل ۲۴ قابل مشاهده است.



شکل ۲۴: طرحی شماتیک از برهم‌کنش‌های بیوفوتونیک پروتئین - پروتئین، درون شبکه‌ای از تارهای عصبی.

در مورد ماهیت تولید و پخش بیوفوتون‌های گنشی که درون تارهای عصبی یافت می‌شوند، بحث‌ها و تردیدهای جدی وجود دارد. در مقاله‌ای که گروهی ژاپنی به راهنمایی یوسکی کاتاوکا^۱ در سال ۲۰۰۱ میلادی، به نگارش در آمده، اشاره شده است که بیوفوتون‌های پس‌زمینه در حدود ۸۵ درصد از تعداد و شدت بیوفوتون‌های درون تارهای عصبی را شامل می‌شوند و تنها در حدود ۱۵ درصد از آن، مختص بیوفوتون‌های گنشی است.

این گروه، حضور بیوفوتون‌های گنشی را به حضور یون‌های مثبت پتاسیم (K^+)، کلسیم (Ca^{2+}) و به طور کل، واقطبش غشاء^۲ در سلول‌های عصبی نسبت می‌دهند.^۳ طبق این الگو، افزایش غلظت یون‌های پتاسیم و کلسیم، آغازگر فرایندهای واقطبشی غشائی خواهد بود و در نتیجه، افزایش تولید بیوفوتون‌های به اصطلاح گنشی، صورت می‌پذیرد.

علوم شناختی و اعصاب شناختی بیوفوتونیک

دنیای علوم شناختی^۴ و اعصاب‌شناختی^۵، دنیایی فراتر از تصورات انسان‌های چند قرن پیش است. علمی که با بهره‌مندی از علوم دیگر همچون فیزیک، ریاضی، فلسفه، هوش مصنوعی^۶، عصب‌شناسی^۷، روان‌شناسی^۸ و ...، در صدد کشف راه‌حل‌های صحیح از شناخت بشری نسبت به عالم و محیط زندگی، طبقه‌بندی و تفکر سازنده و برنامه‌ریزی هدفمند است. هدف علوم شناختی، پیشرفت و پیشبرد امور ذهنی و شناختی با استفاده از داده‌های علمی متقن است تا راه‌های آزمون و خطا را به کم‌ترین میزان برساند که در نهایت، بشر بتواند راه‌ها و شیوه‌های درست زندگی کردن و تصمیم‌گیری صحیح را بیاموزد. از این‌رو، در این زمانه، دانشمندان مختلف به اقدامات علمی بی‌نظیری در علوم شناختی و حوزه‌های مرتبط با آن دست می‌زنند و از جمله‌ی آن‌ها، دانشمندان حوزه‌ی بیوفیزیک و بیوشیمی را می‌توان یاد

¹ Yosky Kataoka

² Membrane Depolarization

^۳ واقطبش یا دی‌پلاریزاسیون، در علم زیست‌شناسی، به فرایندی گفته می‌شود که در آن، سلول‌ها دچار تغییر در توزیع بارهای الکتریکی، شده و در نتیجه‌ی آن، چگالی بار الکتریکی منفی کم‌تری در سلول مشاهده می‌شود. در گزارش این گروه ژاپنی، حضور یون‌های مثبت پتاسیم و کلسیم، عملاً به کاهش اثر بارهای الکتریکی منفی سلول‌های عصبی کمک می‌کنند.

⁴ Cognitive Science

⁵ Neurocognitive Science

⁶ Artificial Intelligence (AI)

⁷ Neurology

⁸ Psychology

نمود که با به‌کارگیری هم‌زمان از مفاهیم زیست‌شناسی، فیزیک و شیمی، در صدد پی‌بردن به برخی حقایق ناشناخته از ذهن، مغز و نحوه‌ی اندیشیدن در انسان‌ها هستند. بنابراین، نقش بیوفوتونیک در علوم شناختی نیز نقشی غیر قابل‌انکار خواهد بود که در این بخش به طور خلاصه، به تعداد اندکی از هم‌پوشانی‌های علم بیوفوتونیک، علوم شناختی و اعصاب-شناختی، خواهیم پرداخت.

در این راستا، دانشمند اهل مجارستان به نام ایشتون بوگون در سال ۲۰۰۸ میلادی، ایده‌ای جدید در زمینه‌ی علوم اعصاب‌شناختی و بیوفوتونیک ارائه داد. وی، در ایده‌ی خود، به نام پدیده‌ی فُسفن^۱، به علت و چرایی شکل‌گیری و مشاهده‌ی فُسفن در مغز و به تبع آن، در شبکیه‌ی چشم با استفاده از مفهوم بیوفوتونیک می‌پردازد. او در این مقاله، با اشاره به بیوفوتون‌های نورونی و عصبی تولید شده در مغز و سامانه‌ی عصبی، دسته‌ای از بیوفوتون‌های کم‌شدت را دلیل رؤیتِ نقاط و خطوط نورانی فرض می‌کند (به‌خصوص در زمانی که چشم‌ها بسته باشند!). بنابراین، سامانه‌ی بینایی^۲ و مغز، احساسی از نورهای به اصطلاح فُسفن، خواهند داشت.

بوگون با استناد به پژوهش‌های پیشین خود و دیگران، علت تجربه‌ی رؤیا^۳ و خواب‌های افراد را نیز به بیوفوتون‌های بسیار ضعیف تولید شده در سلول‌های مغزی، نسبت می‌دهد. این دانشمند ایده‌پرداز، همچنین ادعا می‌کند که فُسفن با تحریک‌های مکانیکی (مانند فشردن چشم‌ها به وسیله‌ی دست یا ضربه‌ی شدید به سر و به تبع آن، فشار وارد بر قشر بینایی در مغز)، الکتریکی (مثل تحریک قشر بینایی با الکتروُد^۴)، مغناطیسی، تابش‌های

^۱ فُسفن (Phosphene (Phosphène)) به پدیده‌ای گفته می‌شود که در آن، احساس دیدنِ نور یا نمایان شدنِ لکه‌هایی از نور (چه رنگی و چه سفید)، در میدان بینایی فرد، وجود دارد. این پدیده، حتی در هنگامی که چشم‌ها بسته باشند هم رخ می‌دهد. دانشمندان، معتقدند که تحریک‌های مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی و غیره، در شبکیه (Retina) یا قشر بینایی (Visual Cortex) مغز یا از بین رفتنِ سلول‌های شبکه‌ی بینایی، می‌توانند دلیل بروز فُسفن باشند. ازدیاد در مشاهده‌ی فُسفن، از علائم بیماری‌های چشمی و به‌ویژه، شبکیه‌ی چشم، محسوب می‌شود ولی افراد عادی با بینایی کامل نیز این پدیده را به‌وفور مشاهده می‌کنند. البته، افراد با فاکتورهای عاطفی و اضطراب بالا، تب و دمای بالا، مصرف-کننده‌های الکل و مواد مخدر، فضا‌نوردان و بیماران با شرایط روان‌پریشی (Psychotic Conditions)، این پدیده را به فراوانی تجربه می‌نمایند.

^۲ Visual System

^۳ Dream

^۴ Electrode

یونیزان^۱ (مثل تابش‌های پرنرژی ذراتی همچون پروتون و الکترون و تابش‌های الکترومغناطیس پرتوهای ایکس و گامای^۲ خارج از جو زمین و اثرات مخرب آن بر شبکه‌ی چشم، قشر بینایی و ساختار کلی سامانه‌ی بینایی در سفرهای فضایی) یا دارویی (مواد مخدری همچون نیکوتین^۳، کوکائین^۴، اکستازی^۵، آمفتامین^۶، متامفتامین^۷، مورفین^۸ و غیره، می‌توانند با تولید بی‌اندازه‌ی رادیکال‌های آزاد در سلول‌های مغزی و عصبی، سبب برهم‌کنش منفی با سامانه‌ی بینایی شوند) سامانه‌ی بینایی، به تولید بیوفوتون‌های مرئی بیش‌تری اقدام می‌نمایند.^۹

همان‌طور که در بخش جریان‌های بیوفوتونیک عصبی ذکر شد، علت اصلی در ایجاد و انتشار بیوفوتون‌ها در سامانه‌ی عصبی یا تارهای عصبی، حضور یون‌های مثبت پتاسیم و کلسیم و در اصل، واقتطبش غشاء در سلول‌های این سامانه است. با این اوصاف، چه با تحریک یا بدون تحریک، اعصاب و نورون‌های مغز، دست به انتشار بیوفوتون‌های القائی یا خود به خودی بیش‌تری می‌زنند و سامانه‌ی بینایی نیز توانایی مشاهده‌ی آن‌ها را چه در حالت بیداری و چه در حالت خواب، به صورت فُسفَن یا حتی رؤیا دارد. بوکُون، در اصل

^۱ تابش‌های یونیزان (Ionizing Radiation)، از تابش‌هایی محسوب می‌شوند که به‌دلیل انرژی بسیار بالا، توانایی کافی برای جدا نمودن الکترون‌ها از اتم‌ها و مولکول‌ها را دارند و آن‌ها را به یون تبدیل می‌کنند (یونیزاسیون). تابش‌های ذرات با سرعت‌های بسیار بالا مثل پروتون، الکترون یا نوترون و تابش‌های الکترومغناطیس پر انرژی مثل ایکس و گاما، از نمونه‌های معروف تابش‌های یونیزان به‌شمار می‌آیند. تابش‌های پُر انرژی یونیزان، در فضای خارج از جو زمین، به‌وفور یافت می‌شوند ولی خوشبختانه، در سطح زمین، به دلیل حضور لایه‌های مختلفی از اتمسفر (جو)، میزان قابل توجهی از آن‌ها، جذب شده و به سطح زمین نمی‌رسند!

^۲ X & Gamma Rays

^۳ Nicotine

^۴ Cocaine

^۵ Ecstasy

^۶ Amphetamine

^۷ Methamphetamine

^۸ Morphine

^۹ به طور کل، همه‌ی عوامل فیزیکی، شیمیایی و روانی مذکور، به افزایش در روند تولید گونه‌های فعال (اکسیژنی و نیتروژنی) کمک می‌کنند. نتیجتاً، در نگاه کلی، این افزایش، به اختلال در عملکرد آنتی‌اکسیدانی و تولید رادیکال‌های آزاد بیش‌تر می‌انجامد و عدم توازن در میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و رادیکال‌های آزاد در بدن، به وجود می‌آید. عدم تعادل و توازن، منجر به انتشار بیوفوتون‌های بیش‌تر (به‌ویژه، در سامانه‌ی بینایی) می‌شود. بوکُون تأکید می‌کند که سرانجام، افزایش در تولید گونه‌های اکسیژن فعال، بر پراکسیداسیون لیپید میلین‌ها (Peroxidation of Myelin Lipid)، اثر مستقیم می‌گذارد و میلین‌ها هم در انتشار بیوفوتون‌های حاصل از پدیده‌ی فُسفَن، اثرگذاری خود را به نمایش می‌گذارند.

معتقد است که تصویرسازی رخداد در دیدن رؤیا یا خواب و همچنین، تفکر و تصور از یک واقعه، توسط بیوفوتون‌های درون عصب‌ها، صورت می‌گیرد.

در گامی رو به جلو در عرصه‌ی تحقیقات بیوفوتونیک و ارتباط آن با فرضیه‌ی بوگون، دو دانشمند علوم اعصاب به نام‌های پللیک داتا و مایکل پرسینگر^۱ در سال ۲۰۱۱ میلادی، با ارائه‌ی نتایج آزمایشگاهی، مدعی شده‌اند که نه تنها ایده و فرضیه‌ی بوگون صحیح است بلکه این دو با تکمیل این ایده به گسترش دانش و آگاهی ما از روند بیوفوتونیک و واکنش‌های مرتبط با مغز، کمک کرده‌اند. این دو محقق، در روند تحقیقات، به این موضوع پی برده‌اند که با اندازه‌گیری میزان بیوفوتون‌های تابشی از سر داوطلبانی که در اتاقی کاملاً تاریک^۲ قرار گرفته‌اند، عدم توازن در بیوفوتون‌ها را به ثبت رسانده‌اند. طبق این گزارش، این دو محقق، دریافته‌اند که با تفکر، تخیل و تصور^۳ نور سفید^۴ در اتاق تاریک توسط داوطلبان، بیوفوتون‌های ساطع شده از نیم‌کره‌ی^۵ راست سر آن‌ها، افزایش شدت و انرژی معناداری را به نمایش می‌گذارد ولی نیم‌کره‌ی چپ سر، افزایش قابل‌ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد.^۶ این دو، تصور می‌کنند که دلیل افزایش قابل‌توجه شدت و انرژی بیوفوتون‌ها در سمت راست سر، نسبت به سمت چپ، جریان خونی بیش‌تر در این بخش از سر نسبت به نیم‌کره‌ی چپ و احتمالاً فعالیت معنادار آکسون‌ها در این قسمت است. از این‌رو، داتا و پرسینگر، در نتیجه‌ای جالب-توجه، اثرات اعصاب‌شناختی را در نیم‌کره‌ی راست سر، قابل‌ملاحظه‌تر معرفی می‌نمایند. در ثانی، آن‌ها، میزان افزایش در انرژی و شدت بیوفوتون‌ها را مستقیماً به تعداد نورون‌هایی که در فرایندهای شناختی^۷ شرکت می‌کنند، ارتباط می‌دهند و به‌نوعی، نورون‌های مغزی در نیم‌کره‌ی راست، مشارکت بالاتری در امر تولید و انتشار بیوفوتون‌ها دارند.

^۱ Michael A. Persinger

^۲ Dark Room

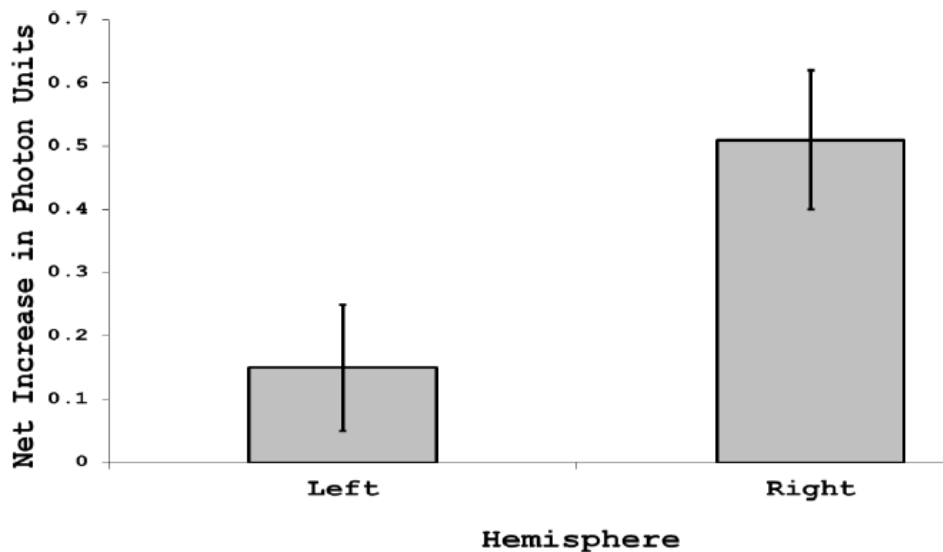
^۳ Thinking & Imagination

^۴ White Light

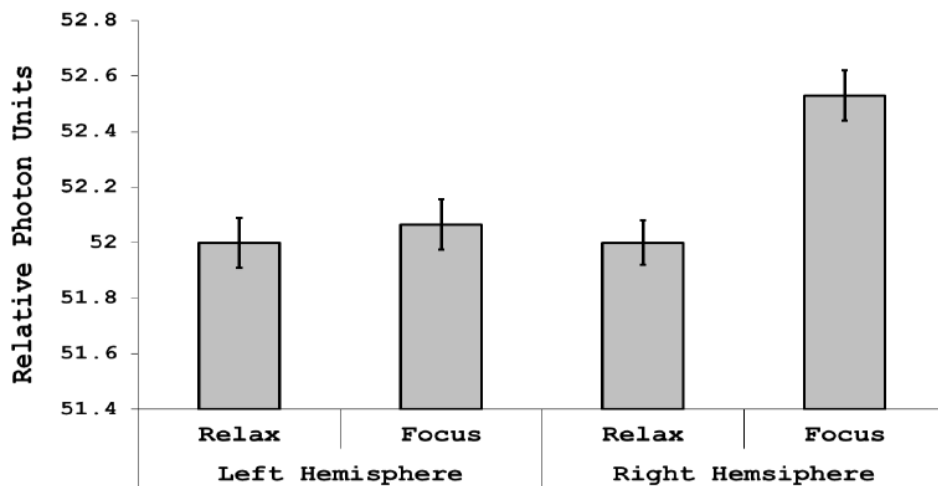
^۵ Hemisphere

^۶ این افزایش، فقط و فقط، با ابزارهای مناسب، قابل تشخیص است. آن‌ها، در مورد میزان افزایش انتشار بیوفوتون‌ها، بیان می‌کنند که این افزایش در حدود یکصد هزار بار ضعیف‌تر از نور ستاره‌ای است که در آسمان شب بدون ماه (شب‌های نخستین و پایانی ماه‌های تقویم قمری)، مشاهده می‌شود!

^۷ Cognitive Processes



شکل ۲۵: نمودار افزایش در میانگین انرژی بیوفوتون‌های تابشی از نیم‌کره‌های چپ (Left) و راست (Right) مغز و جمجمه، در فاصله‌ی ۱۵ سانتی‌متر از سر داوطلبان (هر واحد انرژی در نمودار برابر با نیم پیکووات بر مترمربع است).



شکل ۲۶: نمودار میانگین نسبی انرژی بیوفوتون‌های تابشی از نیم‌کره‌های چپ (Left) و راست (Right) مغز و جمجمه‌ی داوطلبان در دو حالت تصور نور سفید (Focus) و عدم تصور آن (Relax)، در اتاق تاریک.

سرانجام، داتا و پرسینگر در این پژوهش، از مفهوم جفت‌شدگی شناختی با تابش‌های فوتونی^۱ (بیوفوتون‌ها) رونمایی کرده و اشاره می‌کنند که در فرایند تفکر و تخیل نیز می‌توان از تغییر در شدت بیوفوتون‌های ساطع‌شده از نورون‌های قشر عصبی و مغزی، سخن به میان آورد. با توجه به دیدگاه داتا و پرسینگر، فرایندهای شناختی و خودآگاهی^۲، در ارتباطی مستقیم با انتشار بیوفوتون‌ها هستند.

این دو دانشمند به همراه ساروکا^۳ در سال ۲۰۱۲ میلادی، با تأکید بر صحت یافته‌های پیشین خود، در صدد اثبات ارتباط مؤثر تابش‌های فوتونی و فرایندهای شناختی، برآمده و سرانجام، در این گزارش به ارتباط تغییرات در نوار مغزی^۴ داوطلبان و بیوفوتون‌های ضعیف تابشی از سر آن‌ها پی برده‌اند و پالس‌های الکتریکی و جریان‌های الکتریکی یونی را به بیوفوتون‌ها، مرتبط می‌نامند و این امر را به تخیل و تصور از نور سفید پیوند می‌زنند. در این رابطه، مفهومی نوین با نام درهم‌تنیدگی کوانتومی^۵ نیز رخ‌نمایی می‌کند که در بخش بعد به توصیف آن می‌پردازیم.

درهم‌تنیدگی کوانتومی بیوفوتون‌ها

از مهم‌ترین و پرچالش‌ترین مفاهیم در مکانیک کوانتومی، درهم‌تنیدگی و به تبع آن، هم‌بستگی کوانتومی^۶ است. مفهوم درهم‌تنیدگی کوانتومی، به زبان ساده، به معنای اطلاع-یافتن از وضعیت کوانتومی دو ذره در یک لحظه است. برای مثال، اگر دو الکترون، با اسپین کل صفر، در ارتباط و هم‌بسته‌ای با هم باشند و سپس با فاصله‌انداختن بین آن‌ها (حتی در فواصل بسیار دور مثل زمین تا ماه)، عملاً از هرگونه برهم‌کنش مستقیم‌شان جلوگیری شود، باز هم با اندازه‌گیری اسپین یکی از آن دو الکترون، به طور آنی، فوری و لحظه‌ای، از اسپین دیگر الکترون مورد آزمایش، می‌توان مطلع شد.

فیزیک‌دانان معتقدند که با شناخت و اندازه‌گیری اسپین الکترون نخست، این اطلاعات با سرعتی بی‌نهایت و فراتر از سرعت نور به الکترون دوم منتقل می‌شود! از این‌رو، دانشمند

¹ Cognitive Coupling with Photon Emissions

² Consciousness

³ K. S. Saroka

⁴ Electroencephalography (EEG)

⁵ Quantum Entanglement

⁶ Quantum Correlation

شهیری همچون آلبرت اینشتین^۱، این واقعه را کُنشِ شبح‌وار از راه دور^۲، نامید و هیچ‌گاه این ویژگیِ کوانتومیِ ذرات را نپذیرفت. اما، امروزه، این ویژگیِ اساسی و بنیادی در فیزیک کوانتوم، مورد پذیرش و اقبال اکثریت فیزیک‌دانان قرار گرفته است و به عنوان یکی از تفاوت‌ها در اندیشه‌ی کوانتومی و کلاسیک در فیزیک، از آن یاد می‌کنند.

داتا و پرسینگر به همراه لوکاس تیسارو^۳ در سال ۲۰۱۸ میلادی، با بهره‌گیری از دو نوع باکتری *اِشِریشیا کَلای* و *سِریشیا مارسِسِنس*^۴، به کاوش مفهوم ناموضعیّت کوانتومی^۵ (غیر موضعی بودن) تابش‌ها در نمونه‌های باکتریایی مذکور پرداخته‌اند. لازم به توضیح است که بر اثر ایجاد تنش و استرسی در باکتری یا هر آرگانیسمی، توقع داریم که از همان موضع (مکان)، تابشی بیوفوتونی مشاهده شود ولی در این پژوهش، دانشمندان متوجه شده‌اند که با اعمالِ تنش بر نمونه‌های باکتریایی، مکانِ تحت تنش و منبع انتشار بیوفوتون، متفاوت خواهند بود و مفهوم ناموضعیّت کوانتومی را به نمایش گذاشته‌اند. در مکانیک کوانتومی، توصیف مفهوم بنیادی ناموضعیّت کوانتومی انتشار دو فوتون، برای ورود به مفهوم درهم‌تنیدگی کوانتومی، به‌عنوان پایه و اساس، به‌کار می‌رود. این پژوهشگران، بر این باورند که درهم‌تنیدگی کوانتومی و ارتباطات درهم‌تنیده^۶، عاملِ رشد یا عدم رشدِ باکتری‌ها و حتی دیگر آرگانیس‌ها هستند. همان‌طور که گروپیچ اثر بیوفوتون‌ها را بر ریشه‌ی پیازها مشاهده نمود، این دانشمندان در سال‌های اخیر دریافته‌اند که درهم‌تنیدگی کوانتومی است که به رشد پیازهای گروپیچ کمک کرده است. آن‌ها، در این پژوهش مفصل و نوآورانه، دریافته‌اند که اگر نمونه‌های باکتریایی *اِشِریشیا کَلای* و *سِریشیا مارسِسِنس*، در کنار هم و در محفظه‌هایی مختلف قرار داشته باشند، اثرات مثبت یا منفی در انتشار بیوفوتون را بر هم می‌گذارند.

آن‌طور که نشان داده‌اند، دو نمونه‌ی باکتریایی همسان (دو جعبه‌ی شامل یک نوع باکتری) یا غیر همسان (دو جعبه‌ی شامل دو نوع باکتری)، با اعمالِ تنش‌ی همچون افزودن هیدروژن پُرآکسید (آب‌آکسیژنه) بر یکی از آن‌ها، نمونه‌ی دیگر در جعبه‌ی مجاور، از تنش حاصل در نمونه‌ی نخست، مطلع شده و افزایش در انتشار بیوفوتون را به نمایش می‌گذارد.

^۱ Albert Einstein

^۲ Spooky Action at a Distance

^۳ Lucas W. E. Tessaro

^۴ *Serratia Marcescens* (S. Marcescens)

^۵ Quantum Non-Locality

^۶ Entangled Communications

این حالت، مثالی از ناموضعیّت کوانتومی در یک نمونه‌ی زیستی است. از این‌رو، ناموضعیّت کوانتومی در انتشار بیوفوتون‌ها با دیدگاه کاملاً کوانتومی، قابل‌درک است و راهی مناسب برای شناخت و درک بهتر از مفهوم درهم‌تنیدگی کوانتومی بین بیوفوتون‌های حاصل از دو نمونه‌ی همسان یا غیر همسان باکتریایی است. بنابراین، درهم‌تنیدگی یا ناموضعیّت کوانتومی که به معنای پاسخ هم‌زمان نمونه‌ای در مکان خاص، بر اثر رخداد واقعه‌ای در نمونه‌ای دیگر در مکانی دیگر است را می‌توان در این پژوهش بیوفوتونیک باکتریایی، به-راحتی مشاهده و درک نمود.^۱ اعضای این گروه، همچنین، مدعی‌اند که درهم‌تنیدگی کوانتومی، اساس اطلاع‌رسانی موفق درون‌سلولی و برون‌سلولی، خواهد بود و فهم این موضوع کلیدی، ما را در درک بهتر از بیوفوتونیک در ارگانسیم‌های گوناگون، راهنمایی و کمک می-نماید.

کلام آخر آن که، نگاه و دیدگاه کوانتومی، همچون درهم‌تنیدگی کوانتومی در انتشار بیوفوتون‌ها، قطعاً تشخیص علت پیدایش برخی بیماری‌ها را بر ما آسان می‌سازد.

از دیدگاه ما و طبق پژوهش‌های این قبیل دانشمندان، با وجود برخی از علائم بیماری، می‌توان با پژوهش‌های گسترده‌تر، دریافت که بیماری‌ها و تَنَش‌های عصبی و غیر عصبی، بیماری‌ها و آمراض دیگری را در بخش‌های دیگر بدن موجودی زنده به وسیله‌ی انتشار بیوفوتون‌های درهم‌تنیده^۲، پدید می‌آورند و حتی درهم‌تنیدگی و ناموضعیّت کوانتومی، می-

^۱ داتا و پرسینگر، پیش از این در سال ۲۰۱۲ میلادی نیز پدیده‌ی درهم‌تنیدگی کوانتومی بیوفوتونی در نمونه‌های سلولی (سلول‌های سرطانیِ ملانوما‌ی موش (Mouse Melanoma)) تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی یکسانِ دو سیم-لوله (Solenoid) در فواصل معناداری مثل ۱۰ متر را گزارش کرده بودند. این دو، در این پژوهش، به فوتون‌های دو برابر شده‌ای (Doubling Photons) اشاره می‌کنند که برخاسته از درهم‌تنیدگی و ناموضعیّت کوانتومی هستند. در این تحقیق، بیوفوتون‌ها در محلی که با یکدیگر تداخل سازنده دارند، دامنه‌ای دو برابری را به وجود می‌آورند!

این دو دانشمند به همراه همکاران خود در سال ۲۰۱۱ میلادی نیز به حقیقت پدیده‌ی درهم‌تنیدگی کوانتومی درباره‌ی تابش بیوفوتون‌های مغزی - نورونی و نمونه‌های سلولی که در فاصله‌ای ۱۰ متری از هم قرار داشته‌اند (نمونه‌ای در اتاق تاریک و دیگری در اتاق آکوستیک (Acoustic Chamber) با ویژگی قفس فارادی (Faraday Cage))، پی برده بودند. آن‌ها در این گزارش، با ثبت انتشار بیوفوتون‌هایی بیش‌تر، از فرد یا نمونه‌ی سلولی (Cell Cultures) در اتاق تاریک، در هنگامی که فرد یا نمونه‌ی سلولی مشابه دیگر، در اتاق آکوستیک، آماج فلش‌های نوری (Light Flashes) با بسامد (فرکانس) ۱، ۴ یا ۷ هرتز بوده‌اند، موفق شدند، درهم‌تنیدگی بزرگ‌مقیاس (Macroentanglement) و ناموضعیّت کوانتومی بیوفوتون‌ها را عملاً به اثبات برسانند!

^۲ Entangled Biophotons

تواند دلیلی بر گسترش هم‌زمان بیماری از بدن موجودی به موجودی دیگر، بدون انتقال میکروب، باکتری‌های مضر یا ویروس باشد! (البته ادعای بزرگی است ولی شاید در بررسی‌های مستدل و دقیق آتی، بتوان به چنین ادعایی پاسخ داد!).^۱

همدوسی کوانتومی بیوفوتون

از مشخصه‌های اساسی دنیای بیوفوتونیک، گسیل بیوفوتون‌ها (خصوصاً از سلول‌ها) به صورت امواجی همدوس^۲ است.

همدوسی^۳ در آپتیک کوانتومی یا همان آپتیک مدرن^۴، به زبان ساده، به‌مانند حرکت منظم و هماهنگ دسته‌ای از سربازان آموزش‌دیده (رژه‌ی نظامیان) است که حرکات دست و پای آن‌ها به شکلی هماهنگ صورت می‌پذیرد و یک دسته‌ی چند ده نفره به‌سان یک کل واحد نگریسته می‌شود و یکی از اساسی‌ترین ویژگی‌های لیزر است. از این‌رو، محققى به نام هابلند، از بیوفوتون‌ها به‌عنوان نور لیزر بیولوژیک (زیستی)^۵، یاد می‌کند. بیوفوتون‌ها هم به دلیل ذات موج‌گونه‌ی^۶ خود، از همدوسی بالایی^۷ برخوردارند. این موضوع برای نخستین‌بار، توسط فریتس آلبرت پوپ، در مجموعه مقالاتی به اثبات رسید و امروزه، محققان بیوفوتونیک، بیوفوتون‌ها را همانند امواجی همدوس در نظر می‌گیرند. البته، پوپ برای نخستین‌بار موضوع بیوفوتون‌ها در قالب امواج مرئی از سامانه‌های زیستی زنده را مطرح نمود و آن را به متابولیسم سلولی نسبت داد.

در مقابل، نظریه‌ی فرولیش قرار دارد که وی با مدل مولکول‌های قطبش‌پذیر بزرگ^۸ (دوقطبی‌های بیومولکولی^۹) و جفت‌شدگی‌های غیرخطی^{۱۰} آن‌ها و طیف بسامدی میکروموج

^۱ در مباحث ارزشمند دینی و اعتقادی، بزرگان دین از جمله، حضرات معصومین (علیهم‌السلام)، همواره توصیه بر هم‌نشینی با نیکان و صالحان، نموده و پیروان‌شان را از مصاحبت و گذران وقت با گناه‌کاران و دشمنان خدا بر حذر داشته‌اند. از این توصیه‌ی اخلاقی و هوشمندانه، می‌توان دریافت که شاید نیکان و صالحان و همچنین، دشمنان خدا، براساس بیوفوتون‌های درهم‌تنیده، تأثیرات مثبت یا منفی، بر روح و روان فرد مقابل می‌گذارند!

^۲ Coherent Wave

^۳ Coherence

^۴ Quantum Optics (Modern Optics)

^۵ Biological Laser Light

^۶ Wave-Like Nature

^۷ High-Degree

^۸ Large Polarizable Molecules

^۹ Biomolecular Dipoles

به این پدیده‌ی زیستی، نگاه می‌کرد. در این مدت، تلاش محققان از جمله اسوین^۱ و دیک^۲، ایجاد پلی ارتباطی بین دو طیف بسامدی مرئی و میکروموج بوده است تا با پیوند زدن دو نوع ایده و تفکر، بتوانند نظریه‌ی همدوسی کامل‌تری را در مبحث بیوفوتونیک، ارائه نمایند.

به طور کل، دو نوع نظریه در مواجهه با بیوفوتون‌ها مطرح بوده است: نظریه‌ی بیوشیمیایی^۳ و نظریه‌ی بیوفیزیکی^۴ یا همان نظریه‌ی همدوسی^۵.

طبق نظریه‌ی بیوشیمیایی، انتشار بیوفوتون‌ها از سلول‌های گوناگون تنها به اتلاف انرژی^۶ معنا می‌شود و هدفی جز آن برای این انتشار قابل تصور نیست. در این نظریه، انتشار بیوفوتون‌ها را به انرژی بیش از حد برخی از واکنش‌های بیوشیمیایی، نسبت می‌دهند که از جمله‌ی آن‌ها به واکنش‌های رادیکالی در فرایندهای اکسیداتیو (اکسایشی) اشاره می‌شود.

اما، از نقطه نظر بیوفیزیکی، نظریه‌ی همدوسی، ارائه‌دهنده‌ی ایده‌ای کامل‌تر است که تعیین‌کننده‌ی ارتباطات نوری بین سلول‌ها و اجزای زنده خواهد بود. پیشگامان نظریه‌ی همدوسی، با اشاره به توزیع طیفی^۷ گسیل نور، موفق به گذار از عقیده‌ی بیوشیمیایی به همدوسی شده‌اند. آن‌ها، تحلیل این تابع توزیع را راهگشا و کلید چنین فهم عمیقی می‌دانند. ماهیت همدوسی میدان بیوفوتونی در مقابل طبیعت آشفته و آشوبناکی^۸ قرار می‌گیرد که همدوسی برخلاف آشوبناکی، توانایی پاسخ‌دهی به پرسش‌های حال و آینده‌ی علاقه‌مندان این حوزه را خواهد داشت.^۹

پوپ در مقالات خود، تخمین می‌زند که زمان همدوسی (زمان گذار اُپتیکی مجاز^{۱۰}) در حدود یک میلیارد ثانیه باشد و امواج الکترومغناطیسی همدوسی تولید شده (بیوفوتون‌ها) تا حدود ۱۰ سانتی‌متر به حرکت در می‌آیند که تقریباً ۱۰ هزار بار از قطر میانگین سلول‌ها

¹⁰ Nonlinear Couplings

¹ J. Swain

² R. H. Dicke

³ Bio-Chemical Theory (BCT)

⁴ Bio-Physical Theory (BPT)

⁵ Coherence Theory (CT)

⁶ Waste of Energy

⁷ Spectral Distribution

⁸ Chaotic Nature

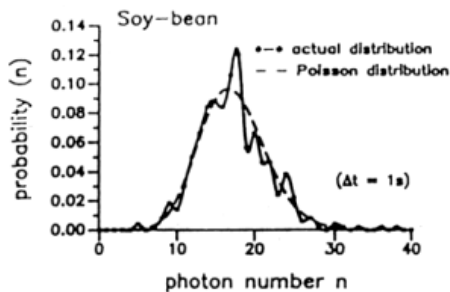
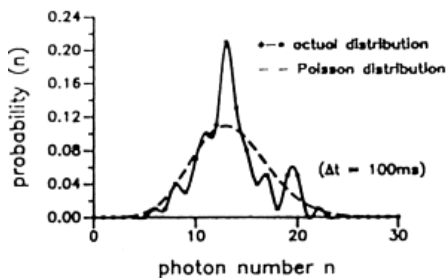
^۹ سلول‌های سالم، بیوفوتون‌های با درجه‌ی همدوسی بالاتری نسبت به سلول‌های بیمار، گسیل می‌کنند.

¹⁰ Allowed Optical Transition

بیش تر است. بنابراین، به نظر می‌رسد که تمامی اطلاعات موجود در بیوفوتون، با صحت و سلامت به سلولی دیگر در همان حوالی سلول تولید کننده‌ی بیوفوتون، انتقال یابد. البته باید توجه داشت که سخن از تعداد زیادی بیوفوتون در زمانی کوتاه و مکانی کوچک است، بنابراین، اثرات تداخلی امواج را نیز می‌بایست در نظر گرفت و الگوی تداخل امواج^۱ (تداخل سازنده^۲ و ویرانگر^۳ امواج)، از اصلی‌ترین رهیافت‌ها در این زمینه خواهد بود و نمی‌توان انتظار همدوسی کامل با درجات بالا را داشت.

در هر حال، همدوسی وجود دارد!

یکی از مهم‌ترین معیارها در تعیین همدوسی نور یا امواج الکترومغناطیس، توزیع پواسونی^۴ آمار شمارش فوتونی (فوتوکانت)^۵، در مدت زمانی بسیار کوتاه است. اگر طبق این معیار، احتمال بر حسب تعداد فوتون‌ها، تابع توزیع پواسونی را دقیقاً (یا حدوداً) به نمایش گذارد، با قطعیت می‌توان بیان داشت که امواج الکترومغناطیس ثبت‌شده، یا کاملاً (یا حدوداً) همدوس هستند.



شکل ۲۷: نمودار تابع توزیع احتمالی بر حسب تعداد فوتون‌ها در مدت زمان معین یک ثانیه برای لوبیای سویا (شکل راست) و صد میلی ثانیه برای گونیالاکس پولیدرا (شکل چپ) و تطبیق مناسب آن‌ها با تابع توزیع پواسونی.

از شکل ۲۷، در می‌یابیم که تابع توزیع احتمالی بر حسب تعداد فوتون‌ها، تطبیقی مناسب با تابع توزیع پواسونی برای هر دو نمونه‌ی لوبیای سویا و گونیالاکس پولیدرا^۶ (نوعی

^۱ Wave Interference Pattern

^۲ Constructive

^۳ Destructive

^۴ Poissonian Distribution

^۵ Photocount Statistics

^۶ *Gonyaulax Polyedra*

تک‌سلولی) را نشان می‌دهد. این تحقیق، بیان‌گر میزان همدوسیِ بالا در بیوفوتون‌های آشکار شده از آن‌ها را مشخص می‌نماید.

بنابراین، پوپ و دیگر محققان، با بهره‌مندی از چنین ایده‌ای، با قاطعیت، انتشار بیوفوتون‌ها را همدوس فرض می‌کنند. این دسته از دانشمندان، معتقدند که بایستی با در نظر گرفتن زمانِ پس از برانگیختگی در سامانه‌ی تولید بیوفوتون‌ها، واهلش^۱ یا اُفتی محسوس، مشاهده شود. این افت‌ها یا واهلش‌های وابسته به زمان را به دو نوعِ هایپربولیک^۲ (یعنی تابع زمانی به شکل $\frac{1}{(1+\alpha t)}$)^۳ یا اِکسپوننشیالی^۴ (تابع زمانی به صورت $\exp(-\frac{t}{\tau})$)، تقسیم‌بندی می‌کنند.

محققان بر این باورند که با نمایش واهلش هایپربولیکی بر حسب زمان، مَهر تأییدی بر ابتدا، پوآسونی بودنِ توزیع، خواهند زد و در مرحله‌ی دوم، همدوسیِ انتشار بیوفوتون‌ها را به اثبات می‌رسانند. جالب است که در همه‌ی مواردی که محققان به بررسی واهلش‌های بیوفوتونی پرداخته‌اند، واهلش هایپربولیک را به‌وضوح مشاهده کرده‌اند که خود اثباتی بی-نظیر از همدوسیِ بیوفوتون‌هاست و نشان می‌دهد که بیوفوتون‌ها از میدانی کاملاً همدوس^۵، نشئت می‌گیرند.

این قبیل دانشمندان، بر هم خوردنِ همدوسی و تبدیل بیوفوتون‌های همدوس به ناهمدوس را یکی از عوامل شناسایی بیماری‌ها و حتی پیدایش آن‌ها، تلقی می‌کنند. به‌گونه-ای که مثلاً تومورهای بدخیم، بیوفوتون‌های ناهمدوس و تداخل‌های ویرانگری از امواج بیوفوتونی را به‌نمایش می‌گذارند و برعکس، سلول‌های سالم، بیوفوتون‌های همدوس و تداخل‌های سازنده‌ای از این دسته امواج را ارائه می‌دهند.

^۱ Relaxation

^۲ Hyperbolic

^۳ شرط دائمی بودنِ تابش بیوفوتونی از همه‌ی آرگانسیم‌های زنده، زمان‌های بسیار بزرگ‌تر از وارونِ آلفا است ($t \gg \frac{1}{\alpha}$). آلفا، ثابتی مستقل از بسامدِ (فرکانس) نور است. جالب است که در موجودات زنده، نوسان‌های سینوسی از نوع $\sin(\ln(1 + \alpha t) + \varphi)$ حول توابع واهلش شبه‌هایپربولیک (Hyperbolic-Like) نیز رخ می‌دهند که φ ، فاز ثابت است.

^۴ Exponential

^۵ Fully Coherent Field

محققان به این نتیجه دست یافته‌اند که تداخل‌های ویرانگر در فضای بین‌سلولی و تداخل‌های سازنده در فضای درون‌سلولی، رخ می‌دهند ولی توانایی پاسخ به این پرسش را ندارند که چرا سرانجام، تداخل‌های سازنده و امواجی با ماهیت همدوس، نشان‌گر سلامتی در بدن ارگانیسم‌های زنده هستند؟!^۱

از دیگر پژوهشگران در زمینه‌ی همدوسی امواج سلولی، دانشمندانی هلندی به نام‌های خیسینک^۲ و مهیر^۳ هستند که با پژوهش‌های خود، در خلال سالیان گذشته، نتایجی مشابه با دیگر محققان را در بحث همدوسی بیوفوتون‌ها و به طور کل، امواج حاصل از فرایندهای سلولی، بیان نموده‌اند. البته، این دو محقق، با نگاهی متفاوت با دیگر محققان به نتایج و دست‌آوردهای خود می‌نگرند و جالب است که زاویه‌ی دید این دو دانشمند را نیز هر چند مختصر از نظر بگذرانیم. در نگاه این دو محقق، امواج الکترومغناطیس و آکوستیک، برای سلول‌ها، هم، نسخه‌ای شفافبخش هستند و هم، مضر و خطرناک.

در این نوع نگاه، برخی بسامدهای طیف الکترومغناطیس و صوتی (در حدود ۱۲ بسامد^۴)، نقشی مؤثر و کلیدی را بازی می‌کنند و مابقی بسامدها، توانایی تخریب کارکرد سلولی را خواهند داشت. آن‌ها، با معرفی الگوی بر پایه‌ی سالیتون‌های زیستی (بیوسالیتون^۵) در صدد هستند که فرایند و روند پیدایش همدوسی در امواج دریافتی و حتی تابشی از سلول‌ها را توجیه نمایند.

^۱ صاحب‌نظران حوزه‌ی بیوفوتونیک، اعتقاد دارند که همدوسی و نظم بالا در انتشار بیوفوتون نیز ضامن سلامتی نیست. زیرا در بیماران مبتلا به ام‌اس (MS)، برخلاف بیماران سرطانی، درجه‌ی بالایی از همدوسی، نظم و ریتم، ملاحظه می‌شود. از این‌رو، دانشمندان، همدوسی با درجه‌ی بالا را همانند همدوسی کم، تصور می‌کنند و معتقدند که همدوسی و نظم زیاد هم سبب فروپاشی (Collapse) سلامت می‌شود (همان‌طور که حرکات کاملاً منظم و همدوس رژه‌ی سربازان، سبب ریزش پل می‌شود!). پس، سلامتی به معنای تعادلی ظریف (Delicate Balance) بین نظم (Order) و آشفتگی (Chaos) است.

^۲ J. H. Geesink

^۳ D. K. F. Meijer

^۴ در مورد امواج آکوستیک، بسامدهای منتخب دوازده‌گانه عبارت‌اند از: ۲۵۶/۸، ۲۶۹/۸، ۲۸۸، ۳۰۳/۱، ۳۲۴، ۳۴۱/۲، ۳۶۴/۷، ۳۸۴، ۴۰۴/۵، ۴۳۲، ۴۵۵/۱ و ۴۸۶ هرتز.

^۵ Bio-Soliton

سالتون‌ها که از برهم‌کنش الکترون‌ها با ارتعاشات شبکه (فونون)^۱ پدید می‌آیند، میان-بری برای رسیدن به مفهوم همدوسی امواج، تلقی می‌شوند و برخلاف آن‌ها، سالتون‌های تاریک^۲ هستند که عاملی برای تضعیف و یا تخریب همدوسی، به‌شمار می‌آیند.

طبق ایده‌ی این دو محقق، سالتون‌ها، توانایی حرکت در فضای درونی سلول‌ها را دارند و با گذر از کنار پروتئین‌ها، میکروتوبول‌ها و حتی دی‌ان‌ای، سبب برانگیختگی آن‌ها می‌شوند و در نتیجه، سلول را وادار به تولید امواجی همدوس می‌نمایند. همچنین، سالتون‌ها، طبق ادعاهای این افراد و داویدوف^۳ روس، توانایی انتقال انرژی (به‌ویژه، در سامانه‌ی عصبی) و حتی حفظ حالت‌های ساختاری^۴ بیومولکول‌های درون سلولی را نیز دارند.^۵

انتقال انرژی^۶، طبق ادعاهای داویدوف، به این صورت رخ می‌دهد که سالتون‌ها توانایی جلوگیری از ناهماهنگی^۷، با برانگیخته‌نمودن ترازهای کوانتومی بالاتر^۸ را دارند. با چنین عملکردی، سالتون‌ها را عامل تسهیل در روند گذر از سدهای پتانسیلی^۹ در نظر می‌گیرند و در نتیجه، حضور سالتون‌ها، گذار بیومولکول‌ها به حالت‌های ساختاری جدید را سرعت می‌بخشد.

این دانشمندان در بحث همدوسی امواج گسیلی از سلول‌ها، از برهم‌کنش‌های همدوسی، یاد می‌کنند که سرانجام، منجر به تولید حالت‌های دلخواه و مفید (ویژه‌حالت‌های^{۱۰}) کوانتومی می‌شوند که وظیفه‌ی همدوس نمودن امواج را به‌دوش می‌کشند. این همدوسی، در

¹ Phonon

² Dark Solitons

³ A. S. Davydov

⁴ Conformational States

^۵ پانگ (X. F. Pang) و تیم او در سال ۲۰۱۶ میلادی، با توجه به تحقیقات گسترده، متوجه شده‌اند که میدان‌های الکترومغناطیسی به‌کار گرفته‌شده توسط انسان‌ها (مانند امواج ماهواره‌ای و رادیویی و گوشی‌های تلفن همراه)، ساز و کار سالتونی انتقال انرژی را با مشکل مواجه می‌کنند. در نتیجه، درجه‌ی همدوسی، کاهش و خطرات برای سلامتی، فزونی می‌یابد.

⁶ Energy Transfer

⁷ Anharmonicity

⁸ Higher Quantum Levels

⁹ Potential Barriers

¹⁰ Eigenstates

واقع، از تشدیدهای همدوس (رزونانس‌های همدوس)^۱ نشئت می‌گیرند که در محیط سلول، رخ می‌دهند.

رزونانس‌های (تشدیدهای) همدوس، اکثراً در محیط آب درون سلولی، اسید نوکلئیک‌ها و کمپلکس‌های یون - پروتئین^۲، رخ‌نمایی می‌کنند که مواد و مولکول‌های مذکور، اغلب، در داخل و یا حوالی نورون‌ها، کانال‌های یونی^۳، پروتئین‌ها و دی‌ان‌ای، قرار دارند.^۴

آب ساختاریافته سلولی: عامل انتشار بیوفوتون

همان‌طور که در بخش‌های پیشین بیان شد، از دیدگاه برخی محققان همچون نیگلی، آب ایزی یا آب‌های ساختاریافته در سلول‌ها که به سیتوزول معروف‌اند، توانایی تولید و انتشار بیوفوتون‌ها را دارند.

آب ایزی در مجموعه مقالات دکتر جرالد پولاک^۵ مطرح شد و امروزه، با تحلیل‌های دقیق دیگر محققان به رشد و بالندگی خود نزدیک شده است و مورد استقبال برخی دانشمندان حوزه‌ی آب و بیوفیزیک قرار گرفته است. افرادی همچون امیلیو دل‌جودیچه^۶، ولادیمیر ووئیکوف^۷ و دیگران، با تحلیل‌های فیزیکی و کوانتومی، موفق به ارائه‌ی ویژگی‌های جالب و جذابی از آب‌های ساختاریافته، شده‌اند. حال، دانشمندان، در حوزه‌ی بیوفوتونیک، معتقد هستند که آب‌های ساختاریافته‌ی درون سلولی، می‌توانند انرژی را همانند ابزارآلات حوزه‌ی علوم رایانه، (مانند دی‌وی‌دی (DVD) و هر ابزار مشابه دیگر) در خود ذخیره نمایند و در زمان مناسب به صورت منظم و همدوس به خارج از سلول، هدایت و منتقل نمایند.

¹ Coherent Resonances

² Ion - Protein Complexes

³ Ion Channels

^۴ خیسینک و مهیر، با معرفی شبه‌ذره‌ای بوزونی به نام اکسایتون (Exciton) یا حالت مقید الکترون - حفره (Bound State of Electron - Hole) در نیم‌رسانا یا مایع) و ارتباط آن با امواج الکترومغناطیس یا همان فوتون‌ها، بحثی به نام شبه‌ذره‌ی بوزونی اکسایتون - پلاریتون (Exciton-Polariton Bosonic Quasi-Particle) در سلول را پیش می‌کشند. آن‌ها، با مطرح‌نمودن این موضوع، قصد دارند سلول را همچون نیم‌رسانایی (Semiconductor) تصور کنند که این قبیل اتفاق‌ها در آن رخ می‌دهد. آن‌ها، قصد دارند با طرح چنین مدلی، سلول و ساز و کار فیزیکی حاکم بر آن را بهتر بشناسند.

⁵ Gerald Pollack

⁶ Emilio Del Giudice

⁷ Vladimir Voeikov

همچنین، آن‌ها پا را فراتر نهاده و بیان داشته‌اند که آب‌های ساختاریافته، قادرند که انرژی-های دریافتی و غیر همدوس را به نور و امواجی الکترومغناطیس با قابلیت همدوس، تبدیل نمایند.

در همین راستا، ووئیکوف، اکسیژن‌های درون سلول را مظنون اصلی در تولید و انتشار بیوفوتون‌ها معرفی می‌کند و با همکاری دل‌جودیچه، تنفس آبی^۱ (تنفس بر پایه‌ی آب) را به عنوان عامل انتشار بیوفوتون‌ها بیان نموده‌اند. ایشان، آب را با حوزه‌های همدوسی^۲ به ابعاد ۱۰۰ نانومتر و متشکل از ۱۰ میلیون مولکول آب، تصور و حوزه‌های همدوسی را عامل همدوسی بیوفوتون‌های گسیلی از سلول‌ها و همچنین، ابزاری برای ذخیره‌سازی میزان عظیمی از انرژی، معرفی می‌نمایند. در ادامه، پا را فراتر می‌گذارند و عامل اصلی تمایز دستگاه‌های زنده و غیر زنده^۳ را آب، فرض و دلیل حیات را دو عامل آب و امواج الکترومغناطیس، معرفی می‌کنند!

تونل زنی کوانتومی بیوفوتون

از پدیده‌های شگفت‌انگیزی که در دنیای مکانیک کوانتومی رخ می‌دهد، پدیده‌ی مشهور تونل‌زنی کوانتومی^۴ است. به طور خلاصه، ذره یا موجی الکترومغناطیس در حالت عادی (یا همان مکانیک کلاسیک) با برخورد به مانع^۵ یا جسمی، یا توانایی نفوذ به آن را ندارند و یا تا اندازه‌ای موسوم به عمق نفوذ^۶، به راه خود ادامه می‌دهند و اصطلاحاً موج نفوذ کرده به جسم یا ذره‌ای دیگر، دچار میرایی^۷ می‌شود (موج میرا^۸).

^۱ Water Respiration

^۲ حوزه‌های همدوسی (Coherent Domains) یا اختصاراً CD، به بخش کوچکی از تجمع مولکول‌های آب گفته می‌شود که در نظریات نوین کوانتومی آب، مطرح شده است. این بخش‌های کوچک با قرارگیری در بین مولکول‌های آب معمولی (بالک)، با القاء خواص همدوسی و نظم، وسعت و حجم خود را افزایش می‌دهند و به تدریج، همه‌ی مولکول‌های آب پیرامون را با خود همراه می‌سازند و حالتی آبرهمدوس (Super-Coherent) را پدید می‌آورند. خوانندگان ارجمند و فرهیخته، می‌توانند این مبحث را به همراه مفاهیم جذاب کوانتومی و ساختاریافتگی در آب که در کتاب‌های پیشین مؤلفین حاضر آمده است (در پاورقی‌های صفحات نخستین این فصل به آن‌ها اشاره شده است)، مطالعه نمایند.

^۳ Animate & Inanimate Systems

^۴ Quantum Tunneling

^۵ Obstacle

^۶ Penetration Depth

^۷ Damping

^۸ Damped Wave

در مکانیک کوانتومی، ذره، به دلیل دوگانگی موج - ذره، با نفوذ به سد یا مانعی موسوم به سد پتانسیل، از آن عبور می‌نماید و به شکل سابق در آن سوی سد یا مانع، به حرکت خود ادامه می‌دهد. این پدیده که در دنیای بزرگ‌مقیاس (یا همان ماکروسکوپیک) احتمال رخداد آن نزدیک به صفر است، برای علاقه‌مندان به علم فیزیک مدرن، همیشه جذابیت و مقبولیت خود را داشته و از موارد بحث‌برانگیز فیزیک در دنیای کوانتومی، از آن یاد می‌شود.

در این راستا، دانشمندانی همچون ماری جیبو^۱ و کونیو یاسوئه^۲ از ژاپن و اسکات هاگان^۳ از کانادا در سال ۱۹۹۶ میلادی، با بررسی و تحلیل نظری و تئوری، به موضوع فوتون‌های محوشونده^۴ یا همان فوتون‌های حاصل از پدیده‌ی تونل‌زنی کوانتومی در سلول‌ها پرداخته و آن را با نگاهی فیزیکی و در قالب تئوری و نظریه^۵، پرورش داده‌اند.

این دانشمندان، در مقاله‌ی خود اشاره داشته‌اند که سلول‌ها همانند همه‌ی موجودات در طبیعت، قابلیت تشخیص و شناسایی محیط اطراف خود را دارند ولی با این تفاوت که موجودات عادی در طبیعت، اغلب از ابزارهایی همچون چشم استفاده و فوتون‌های عادی^۶ را دریافت می‌نمایند و بالعکس، سلول‌ها با دریافت امواج محوشونده از سلولی دیگر و با بهره‌گیری از پدیده‌ی تونل‌زنی کوانتومی، در فواصل چند سلولی نیز از حضور یکدیگر و اتفاقاتی رخ داده در سلول‌های مجاور و حتی غیر مجاور مطلع می‌شوند.^۷ این نظریه‌پردازان، محیط سرشار از آب در سلول‌ها را بستری مناسب و حتمی برای چنین رخدادی قلمداد می‌کنند و نظم مولکول‌های آب درون سلولی و همچنین، برهم‌کنش کوانتومی بین آب و میدان

^۱ Mari Jibu

^۲ Kunio Yasue

^۳ Scott Hagan

^۴ Evanescent Photons

^۵ Theoretical Framework

^۶ Normal Photons

^۷ موجودات، عموماً با چشمان خود و با به دام‌انداختن فوتون‌های عادی (با جرم صفر)، محیط اطراف را شناسایی می‌کنند. حال، این گروه پژوهشی ادعا می‌کند که با تحلیلی نظری و در قالب مکانیک کوانتومی و نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی، به این موضوع پی برده است که سلول‌ها از امواج محوشونده برای شناسایی محیط و ارتباطات، بهره می‌برند. آن‌ها، فوتون‌های محوشونده (یا همان بیوفوتون‌ها) را با جرمی مؤثر و غیر صفر، معرفی می‌نمایند و طبق محاسبات بر پایه‌ی مکانیک کوانتومی، مدعی هستند که برخلاف فوتون‌های عادی، این دسته از فوتون‌ها با افزایش فاصله از چشمه، میرایی و افت شدت کم‌تری را تجربه می‌کنند؛ از این‌رو، مشخصه‌ی بلند بُرد (Long-Range Character) را به فوتون‌های محوشونده، نسبت می‌دهند.

الکترومغناطیس (با در نظرگیری برهم‌کنش بین میدان دوقطبی الکتریکی^۱ مولکول‌های آب و میدان الکترومغناطیس کوانتیده^۲) را برای ایجاد همدوسی و سهولت در تونل‌زنی (با طول همدوسی^۳ کم‌تر از ۵۰ میکرومتر که به معنای طولی مؤثر برای برهم‌کنش‌های موفق بین مولکول‌های قطبی آب با میدان الکترومغناطیس است) و ارتباطات بین‌سلولی توسط بیوفوتون‌ها (یا همان امواج سلولی) ضروری می‌دانند.

این محققان با اشاره به تحقیقات سابق و با بهره‌مندی از نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی^۴، از امواج دوقطبی الکتریکی همدوس^۵ (موسوم به بوزون‌های گلدستون^۶) یاد می‌کنند که در واقع در محیط منظم مولکول‌های آب درون و برون سلولی، پدید می‌آیند و به تبع آن، منتشر می‌شوند. در ادامه، آن‌ها، با اشاره به نظم مولکول‌های آب درون و برون سلولی، آن را مشابه ماده‌ای فروالکتریک^۷ فرض می‌کنند و بوزون‌های گلدستون را پلاریتون^۸ -های نرم (سافت)^۹ می‌نامند. همچنین، با اشاره به پدیده‌ی چگالش بوزون‌ها، این‌طور برداشت می‌کنند که چون این دسته از امواج، بوزون محسوب می‌شوند، توانایی نمایش چگالش بوز - اینشتین^{۱۰} بوزون‌ها را طبیعتاً خواهند داشت و این چگالش بوزونی^{۱۱} فوتون -

¹ Electric Dipole Field

² Quantized Electromagnetic Field

³ Coherence Length

⁴ Quantum Field Theory (QFT)

⁵ Coherent Electric Dipolar Waves

⁶ Goldstone Bosons

⁷ Ferroelectric Material

⁸ Soft Polaritons

^۹ پلاریتون (Polariton)، شبه‌ذره‌ای (Quasi-Particle) کوانتومی است که از برهم‌کنش و جفت‌شدگی بین فوتون و برانگیختگی‌های قطبی در ماده (خواه الکتریکی باشد، خواه مغناطیسی) پدید می‌آید. همچنین، پولارون (Polaron)، شبه‌ذره‌ای است که از برهم‌کنش بین فونون یا همان کوانتوم ارتعاشات شبکه‌ی بلوری با الکترون، به‌وجود می‌آید.

¹⁰ Bose - Einstein Condensation

^{۱۱} بوزون‌ها برخلاف فرمیون‌ها (Fermions) مثل الکترون‌ها، از قواعدی همچون اصلِ طردِ پائولی (Pauli Exclusion Principle) که مطابق با آن، تعداد محدودی فرمیون در هر تراز انرژی، می‌بایست قرار گیرند و در صورت عدم‌امکان برای قرارگیری در تراز موردنظر، به‌تدریج ترازهای بالاتر اشغال می‌شوند) تبعیت نمی‌کنند و در مواردی می‌توانند با تجمع در نخستین تراز انرژی (حالت پایه یا Ground State) و بدون هیچ منعی قرار گیرند. به این پدیده، چگالش بوزونی یا چگالش بوز - اینشتین، گفته می‌شود. ادعا می‌شود که در سلول‌ها، پدیده‌ی چگالش بوزونی، توانایی ذخیره‌ی انرژی را داشته باشد!

های محوشونده (بیوفوتون‌ها) در داخل و خارج^۱ از سلول را به مفهوم حیات و زندگی^۲ مرتبط می‌نمایند. آن هم به این دلیل که آب‌های ساختاریافته در ناحیه‌ی اطراف غشاء^۳ سلول‌های زنده و همچنین، در همسایگی بیومولکول‌های درون سیتوپلاسم (از جمله، رشته‌های پروتئینی^۴، میکروتوبول‌ها، دی‌ان‌ای‌ها) به‌وفور یافت می‌شوند و این آب‌ها، به‌عنوان تسهیل‌کننده در ایجاد پدیده‌ی چگالش بوزونی، محسوب می‌شوند. با مرگ سلول‌ها، ساختاریافتگی آب‌های درون و بیرون سلول‌ها، به‌تدریج کاهش می‌یابد و در نتیجه، در سلول‌های مُرده، هیچ‌گونه چگالش بوزونی رخ نمی‌دهد. از این‌رو، می‌توان چگالش بوزونی را معیارِ سنجشِ مُرده یا زنده بودن سلول‌ها، در نظر گرفت.

این دانشمندان، فرایند پردازش و تحلیل سیگنال‌های دریافتی حامل فوتون‌های محوشونده‌ی جرم‌دار^۵ توسط سلول‌ها را به همان ناحیه‌ی اطراف غشاء سلولی و همچنین، میکروتوبول‌ها و دیگر بیومولکول‌های سیتوپلاسمی، نسبت می‌دهند. اعضای این گروه، اشاره می‌کنند که برای مثال، در ناحیه‌ی اطراف غشاء سلولی، علاوه بر مولکول‌های آب، انبوهی از فوتون‌های محوشونده‌ی جرم‌دار غیر قابل‌انتشار، وجود دارند و پدیده‌ی چگالش بوزونی در آنجا رخ می‌دهد.^۶ با ورود سیگنال‌های فرودی به ناحیه‌ی مذکور، محدوده‌ی دارای مُدهای غیر قابل‌انتشار^۷ بوزونی، دستخوش اختلال شده و به این صورت، پیام فوتون‌های محوشونده - ی جرم‌دار (یا همان بیوفوتون‌ها) را سلول‌های دیگر متوجه می‌شوند.

^۱ آن‌ها، حضور آب منظم و ساختاریافته را حتی در بیرون از محدوده‌ی سلول در نظر می‌گیرند و همدوسی بیوفوتون‌ها را به ساختاریافتگی در آب و نظم مولکول‌های آب، نسبت می‌دهند. با استناد به این موارد، به رخداد صورت‌پذیرفته در خارج از سلول، لقب لیزر آبی (Water Laser)، می‌دهند.

^۲ Definition of Life

^۳ Perimembranous

^۴ Protein Filaments

^۵ Massive

^۶ آن‌ها، از محاسبات نظری دریافته‌اند که دمای بحرانی برای رخداد پدیده‌ی چگالش بوزونی در فوتون‌های محوشونده‌ی جرم‌دار، برخلاف انتظار، دمایی بسیار بیش‌تر از دمای اتاق خواهد بود (دمای اتاق، در متون مختلف در حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه‌ی سلسیوس در نظر گرفته می‌شود). از این‌رو، پدیده‌ی چگالش بوزونی در ناحیه‌ی اطراف غشاء سلول، در موجودات زنده، به‌طور حتم رخ می‌دهد (چون دمای میانگین بدن موجودات زنده در حدود دمای اتاق، یا کمی بیش‌تر و یا کمی کم‌تر است!) و پیام‌رسانی و دریافت اطلاعات و سیگنال‌ها، با کم‌ترین اتلاف در محیط سلولی، به‌درستی به انجام می‌رسد!

^۷ Non-Propagating Modes

مُدل اکسایتونی بیوفوتون

در فیزیک حالت جامد و ماده چگال، نارسانا (عایق) و یا نیم‌رسانا، با معرفی شبه‌ذره‌ای به نام اکسایتون (اکسیتون)، توصیف می‌شود که وظیفه‌ی انتقال انرژی را در بلور دارد. این شبه‌ذره‌ی بدون بار الکتریکی، حاصل افزایش انرژی الکترون، خواهد بود؛ به طوری که الکترون، نوار ظرفیت^۱ (پُر انرژی‌ترین نوار) که الکترون‌ها در بلور نارسانا و یا نیم‌رسانا، به-راحتی اشغال می‌کنند، را ترک و به سمت نوار رسانش^۲ (نواری خالی یا تقریباً خالی از الکترون‌ها، در بلور نارسانا یا نیم‌رسانا که با گرفتن انرژی مناسب کوانتومی، الکترون‌ها تدریجاً به اشغال این نوار می‌پردازند) گذار می‌نماید. در این صورت، جای خالی الکترون در نوار ظرفیت، حفره‌ای با بار الکتریکی مثبت، باقی می‌ماند و با الکترون منتقل شده به نوار رسانش، حالتی مقید به نام اکسایتون را می‌سازند. این حالت از برانگیختگی، طبق نیروی جاذبه‌ی الکترواستاتیکی کولنی، مقید شده (چیزی شبیه به حالت مقید الکترون و پروتون، درون اتم هیدروژن) و شبه‌ذره‌ای بدون بار الکتریکی را شکل می‌دهند. اکسایتون‌ها، از برهم-کنش با فوتون‌های ورودی به بلور، شبه‌ذره‌ای دیگر به نام پلاریتون (یا اکسایتون - پلاریتون) را تولید می‌کنند.

دو دسته از اکسایتون‌ها در فیزیک حالت جامد، تحلیل‌های بیش‌تری را به خود معطوف ساخته‌اند:

الف) اکسایتون‌های فرینکل^۳ و ب) اکسایتون‌های وانیه - مات^۴.

اکسایتون‌های وانیه - مات، برخلاف اکسایتون‌های فرینکل، در طول بلور به حرکت درآمده و انتقال انرژی را با تحرک، برعهده می‌گیرند.

سرگئی می‌بوروف^۵ اهل فدراسیون روسیه در سال ۲۰۱۲ میلادی، با انتشار مقاله‌ای به موضوع اکسایتون‌ها در ساختارهای زیستی پرداخت. او معتقد است که انتقال انرژی در سامانه‌های زیستی (با استناد به مقالات پیشین) بر پایه‌ی اکسایتون‌ها یا همان حالت‌های

¹ Valence Band

² Conduction Band

³ Frenkel Excitons

⁴ Wannier - Mott Excitons

⁵ Sergey Mayburov

مقید الکترون - حفره است. وی، جذب امواج الکترومغناطیس (نور) توسط گیاهان را برای تشکیل شبه ذره‌ی اکسایتون - پلاریتون، ضروری می‌داند و این شبه ذره را به عنوان انتقال - دهنده‌ی انرژی نور خورشید در گیاهان، جهت رشد و نمو (پدیده‌ی فوتوسنتز) و به طور کل، در سامانه‌های زیستی (مثل سامانه‌های مرتبط با پروتئین‌ها) تصور می‌کند.

در ادامه، با معرفی مدل خود، اکسایتون‌های درون سامانه‌های زیستی را متحرک و آزاد متصور می‌شود و سیگنالینگ (پیام‌رسانی) و تنظیم‌گری در سامانه‌های زیستی را از وظایف آن‌ها، بر می‌شمارد. تنظیم‌گری اکسایتون‌ها را به معنای تسلط بر رشد گیاه و ممانعت از تغییرات بسیار ژرف در ساختار و شکل کلی گیاه، می‌داند و همچنین، سیگنالینگ (یا همان پیام‌رسانی که بر عهده‌ی اکسایتون‌ها یا شبه ذرات اکسایتون - پلاریتون است) را عامل رسانش اطلاعات در بین دو بخش از سامانه‌ی زیستی مورد مطالعه، فرض و حتی در گامی فراتر، عامل انتقال اطلاعات از سامانه‌ای به سامانه‌ی دیگر، تصور می‌کند. در ضمن، تأکید می‌کند که این پیام‌رسانی با سرعتی به مراتب بالاتر از پیام‌رسانی‌های شیمیایی بر پایه‌ی پیام‌رسان‌های مولکولی^۱، انجام می‌شود.

می‌بوروف، همچنین، تخم‌های جانداران (مثل تخم ماهی‌ها) را مثالی عینی از ارتباط اکسایتونی و به تبع آن، بیوفوتونی در رشد هم‌زمان، معرفی و عواملی نظیر تغییرات ناگهانی دما و دیگر تنش‌های وارده بر تخم‌ها را عامل بر هم خوردن انتشار بیوفوتون‌ها و تغییرات در اطلاع‌رسانی بیوفوتونی بر پایه‌ی اکسایتونی، تصور می‌کند.

مدل شناخت تشدید (رزونانسی)

یکی از مدل‌ها و نظریه‌های توصیف‌کننده‌ی نقش پروتئین‌ها در تولید تابش‌های الکترومغناطیس را آیرینا کوزیک^۲ استرالیایی، در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی، با نام برهم‌کنش رزونانسی ماکرومولکول‌ها^۳ یا مدل شناخت تشدید (رزونانسی)^۴، مطرح نمود. این مدل که تلفیقی از ایده‌های فیزیکی و ریاضیاتی است، توصیف‌گر نقش ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها، دی‌ان‌ای (DNA) و ...، است که با حرکت الکترون‌ها در طول آن‌ها (با ایجاد

^۱ Molecular Messengers

^۲ Irena Cosic

^۳ Resonant Interaction of Macromolecules

^۴ Resonant Recognition Model (RRM)

مسیرهایی رسانا برای الکترون‌ها یا دیگر ذرات باردار، می‌توانند امواج یا سیگنال‌های الکترومغناطیس را منتشر کنند. در این ایده‌ی نوآورانه، هر ماکرومولکول به وسیله‌ی بسامدی ویژه، مشخص می‌شود که هر بسامد (فرکانس)، مشخص‌کننده‌ی یک عملکرد زیستی است. این بسامدِ ویژه، به سرعت ذره‌ی باردار و انرژی میدان الکترومغناطیس که سبب انتقال بار شده است، بستگی مستقیم دارد. انتقال بار در مسیرهای رسانا در چارچوب ماکرومولکول‌ها، کاملاً محتمل و ممکن است ولی به قولِ کوزیک، تحلیل آن بسیار پیچیده است و همین پیچیدگی، کار را برای محاسبه‌ی دقیق این فرایند و تعیینِ دقیقِ سرعتِ بارهای الکتریکی در این محیط، به شدت سخت و حتی غیر ممکن می‌نماید. از این‌رو، وی بیان می‌کند که درک و فرمول‌بندیِ ارتباط و بستگی بین انتقال بار الکتریکی و عملکرد زیستیِ ماکرومولکول‌ها، تا حدودی غیرممکن خواهد بود.

بنابراین، طبق این مُدل هوشمندانه، هر فرایند زیستی، حاصل تعدادی برهم‌کنش معین از پروتئین‌ها با دیگر ماکرومولکول‌ها (همچون دیگر پروتئین‌ها و دی‌ان‌ای (DNA) یا دیگر مولکول‌های بزرگ و کوچک) است. در این صورت، هر فرایند، تواناییِ انتقالِ انرژی بین مولکول‌های در حال برهم‌کنش را دارد. از این‌رو، مُدل پیشنهادی وی، علاوه بر تعیین نمودن عملکرد کلی پروتئین‌ها، شناختی بین پروتئین‌ها و دیگر مولکول‌ها برای برهم‌کنش را هم مهیا می‌سازد؛ مسئولیتِ چنین شناختی بر عهده‌ی الکترون‌های آزاد و شرایط تشدید (رزونانسی)، خواهد بود. به همین دلیل، وی، مُدل پیشنهادی خود را مُدل شناخت تشدید (رزونانسی)، می‌نامد. این نام‌گذاری، بدان معناست که هر پروتئین یا هر ماکرومولکول، علامتی خاص به نام بسامدِ (فرکانس) تشدید یا رزونانس، دارد که آن را از دیگر ماکرومولکول‌ها، مجزا می‌نماید و روشی برای تشخیص بهتر دیگر مولکول‌ها می‌شود تا متوجه شوند که کدام مولکول با کدام ویژگی در مجاورت و یا در برهم‌کنش با آن‌ها است. روشی شناختی و تشخیصی که گویی مولکول‌ها، اطراف خود را به خوبی، برانداز می‌نمایند و نهایتاً، باعث شناخت بهتر ویژگی‌های آن‌ها توسط دانشمندان هم می‌شود. می‌بوروف، همچنین، با توصیف برهم‌کنش‌های پروتئینی، یادآوری می‌کند که این برهم‌کنش‌ها بر پایه-ی انتقال انرژی الکترومغناطیس تشدید (رزونانسی) در محدوده‌ی طیف تابشی فروسرخ و مرئی، عمل می‌کنند که دقیقاً معادل با آن چیزی است که از بیوفوتون‌ها و حوزه‌ی بیوفوتونیک، می‌شناسیم!

فصل دوم

زیست تحریک سازی الکترومغناطیسی:
مرئی و فروسرخ

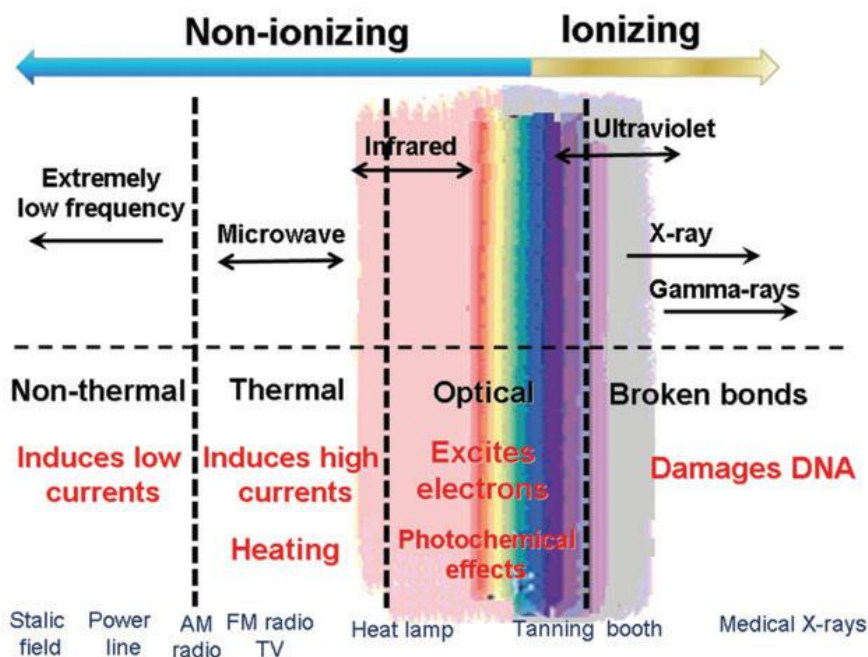
در دنیای امروز، درمان و علاج دردها، به لطف تلاش‌های محققان و پزشکان، پیشرفت قابل توجهی داشته است. با این حال، سالانه و یا حتی ماهانه، ایده‌هایی برای بهبود عملکرد این دسته از شیوه‌ها ارائه می‌شوند و در حوزه‌ی پزشکی مباحثی جدی را نیز به همراه دارند. البته، در اکثر موارد، به دلیل کاربردهای بی‌بدیل این روش‌ها و همچنین پیشینه‌ی پژوهشی آن‌ها، خواسته‌ی پزشکان معالج و بیماران، برآورده می‌شود. در طول سالیان و قرون متمادی، روش‌هایی سنتی برای کاهش درد و یا بهبود آن، در فرهنگ‌های مختلف به‌عنوان میراثی گران‌بها از نسل‌های گذشته و نیاکان ما، به دست بشر امروزی رسیده است که برخی از آن‌ها به دلیل فقدان پژوهش‌هایی جامع، مورد سرزنش اهالی علم پزشکی قرار گرفته‌اند. اما چه بسا، یکی از راه‌های بهبودی و شاید بهترین راه بهبودی و التیام دردهای مزمن^۱ و حاد^۲ در بدن انسان‌ها باشند. از تجربیات خویش در حوزه‌ی طب سنتی ایرانی، دریافته‌ایم که برخی تجویزها، به مراتب کاراتر، کم‌هزینه‌تر و شاید بهینه‌تر از دستاوردهای نوین امروزی است که اشاره به مثال‌های آن را به مخاطب اهل دانش خود می‌سپاریم. روش‌هایی مبتنی بر طب-های شرقی و غربی کهن، نه تنها بازگشت به عقب نیست، بلکه نگاهی به گذشته‌ی پُر بار علمی نیاکان و گذشتگان است و با بهره‌مندی از چنین ذخایر علمی گران‌سنگی می‌توان نگاه جامع‌تر و کلی‌تری نسبت به چگونگی ایجاد و روند رشد دردها و امراض پیدا نمود و امراض را با رویکردی تلفیقی از طب نوین و قدیم، تضعیف و در خوش‌بینانه‌ترین موارد، ریشه‌کن نماییم.

اندیشه‌ی طب شرقی و به‌ویژه، طب‌های ما ایرانیان و مسلمانان، هندی‌ها و چینی‌ها به مسئله‌ی ایجاد درد و درمان آن، تفاوتی آشکار با نگاه طبیبان امروزی داشته و عمق جان و روح زندگی افراد را نشانه می‌گرفته است. برای مثال، در آموزه‌های دین حیات‌بخش اسلام، تأکید بر آن است که لقمه‌ی حرام و یا خوردن مال یتیم، سیاهی دل‌ها را به دنبال و توانایی به نابودی کشاندن توأمان روح و جسم افراد را دارد. طب امروزی، به هیچ‌وجه پاسخی درخور برای چنین گزاره‌هایی حتمی که با روح و جان آدمی سر و کار دارند، ندارد و قطعاً قادر به پاسخ‌گویی نیست. به طور خلاصه، در فصل دوم، قصد داریم تا با معرفی رویکردهایی نوین ولی برگرفته از دیدگاه‌های کلاسیک در حوزه‌ی طب، به بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس

¹ Chronic

² Acute

در دو طیف مرئی^۱ و فروسرخ^۲ (با استفاده از امواج و گرما (حرارت) و استفاده از منابع در دسترسی همچون نور خورشید^۳، زیست‌سرامیک‌ها (بیوسرامیک‌ها)^۴، سنگ‌های قیمتی، پوشاک^۵، لیزر، دیودهای نورگسیل (LED)، درمان بر پایه‌ی سونای فروسرخ (سوناتراپی فروسرخ)^۶، سونای نوین ژاپنی با نام وائون^۷، و یا هر مواد گسیل‌کننده‌ی نور مرئی و فروسرخ) پردازیم و گواهی از دنیای سلولی و مولکولی و فعل و انفعالات درون و بیرون سلول‌ها را به طور خاص، با این دسته از امواج، به نمایش گذاریم.



شکل ۱: طیف امواج الکترومغناطیسی.

^۱ Visible Light

^۲ Infra-Red (IR)

^۳ نور خورشید با در برداشتن امواج الکترومغناطیسی از طیف‌های گوناگون (با طول موج‌ها و فرکانس‌های مختلف)، به نظر گزینه‌ی مناسبی نخواهد بود ولی احتمالاً حرارت آن (امواج فروسرخ) برای روش‌های درمانی مدنظر، پُر فایده باشد. نور خورشید (پس از تولید در خورشید و طی مسافتی طولانی) به زمین و جو آن می‌رسد و به ترتیب، در حدود ۶/۸، ۳۸/۹ و ۵۴/۳ درصد، امواج فرابنفش، مرئی و فروسرخ را در بر دارد.

^۴ Bioceramics

^۵ Garments

^۶ IR Sauna Therapy

^۷ Waon Therapy

تصور ما بر این است که بر پایه‌ی حکمت و فلسفه‌ی اشراقی (سهروردی)، ارتباطات بین نفس، روح بُخاری (همان چی^۱ و پُرانا^۲، در فلسفه‌ی باستانی چین و هند) و جسم، توسط امواج الکترومغناطیس موسوم به نور، صورت می‌پذیرند^۳ که بیان و فهمِ پژوهش‌هایی در این حوزه، به نوعی تلنگری است تا با تحقیقات جامع‌تر در این حوزه، امواج الکترومغناطیس را به‌عنوان میان‌بری شایسته برای درمان امراض، معرفی نماییم تا در گام‌های بعد، نحوه‌ی تأثیرات مثبت و منفی امواج (از جمله، امواج الکترومغناطیس) بر روح و جسم آدمی را دریافته و اندیشه‌ای نوین مبتنی بر امواج الکترومغناطیس (و علم روز) و فلسفه‌ی اسلامی را جهت حل برخی مسائل روحی و جسمی ارائه دهیم! همچنین، تلاش خواهیم کرد اشاراتی هر چند کوتاه به آموزه‌های طب سنتی اسلامی و ایرانی و اصول و سفارشات آن داشته باشیم.

^۱ Qi

^۲ Prana

^۳ در حکمت و فلسفه‌ی جناب سهروردی (ملقب به شیخ اشراق) فیلسوف نامی و شهیر ایران و اسلام، حیات، زندگانی، انرژی، حرکت و جنبش در عالم مادی، از نور سرچشمه می‌گیرد و هستی و همه‌ی موجودات، بر پایه‌ی نور، تفسیر و هر آن‌چه در عالم است، جلوه‌ها و مراتب پایین‌تری از نور الهی، فرض می‌شوند. جناب سهروردی، نور را عامل حرکت و حیات در سراسر عالم و به‌ویژه، در زمین، معرفی و همه چیز را از آن، تصور نمود و اندیشه و حکمت بر پایه‌ی نور را بنیان نهاد. اندیشه‌ی وی که برگرفته از حکمت خُسرَوانیِ ایران باستان (حکمتی بر پایه‌ی نور که منشاء هر آن‌چه هست را نور می‌داند) و اندیشه‌های اسلامی است، نور را در درجات و سلسله‌مراتبی عنوان می‌کند که از نورالانوار، آغاز و به انوار مُستَضَعَّه، ختم می‌شود. در این سلسله‌مراتب، پروردگار عالم به‌عنوان نورالانوار، شناخته می‌شود و نور، به مراتب پایین‌تری مانند انوارِ قاهره، مُدَبَّره و مُسْتَضَعَّه، تنزل می‌یابد و دنیای مادی را به عنصر حیات، انرژی و حرکت می‌آراید. در اندیشه و حکمت جناب سهروردی، نور خورشید، واسطه‌ی فیض الهی و از مرتبه‌ی انوار قاهره است که علاوه بر روشنایی مادی، حیات، زندگانی و انرژی را به عالم پایین (عالم مادی)، منتقل می‌کند و از جلوه‌های نور مطلق پروردگار در عالم مادی است. در فلسفه‌ی ایشان، انسان به ترتیب دارای سه نفس نباتی، حیوانی و انسانی (ناطقه)، است و در درجه‌ی اعلیٰ، نفسِ ناطقه یا انسانی قرار دارد که به ادراک، اختیار، اراده، عقل، تفکر و اندیشه‌ورزی انسان‌ها، مرتبط است و عامل تمایز انسان‌ها از حیوانات و گیاهان (نباتات)، در نظر گرفته می‌شود. در حکمت اشراق، نفس انسانی با نور خدایی و پیروی از دستورات الهی، رُشد نموده و به کمال می‌رسد. جالب آن‌که در این نوع اندیشه‌ی فلسفی، انسان، به سه بخشِ نفسِ مُجَرَّد (نفسِ ناطقه در بالاترین درجه)، روح بُخاری (جسم مثالی) و جسم مادی، تقسیم می‌شود. در حکمت و اندیشه‌ی اشراق، نفسِ مجرد (نوری مجرد و محض که از عالم مُثُل و فرشتگان نازل شده است!) توانِ ارتباطِ مستقیم با جسم مادی را ندارد و نیاز به واسطه‌ای نورانی دارد (تا فرمان‌ها را به آن منتقل نماید) که روح بُخاری (نوری مترکّم‌تر از نفسِ مجرد و لطیف‌تر از جسم مادی) نامیده (که فرمان‌ها را به جسم مادی، منتقل و همانند پلی ارتباطی بین نورِ نفس و جسم مادی، عمل می‌کند) و در نهایت، با جسم مادی (بدن)، مرتبط می‌شود (و تحتِ تأثیر فرمان‌های صادر شده از نفس، حرکت، رُشد یا تغییر می‌کند) و این ارتباط از طریقِ نور (!) امکان‌پذیر است و پس از مرگ نیز نفسِ مجرد، همراه با روح بُخاری در عالمی دیگر، به حیات خود ادامه می‌دهد.

لازم به ذکر است که تعداد پژوهش‌های حوزه‌ی تحریک‌سازی^۱ سلول‌ها و بافت‌های^۲ بدن با نور مرئی (در بازه‌ی طول موجی حدوداً ۴۰۰ تا ۷۶۰ نانومتر) و امواج فروسرخ (با طول موج‌هایی در حدود ۷۶۰ نانومتر تا ۱ میلی‌متر^۳)، از کثرت بسیاری برخوردار است که نشانه‌ی اهمیت و جایگاه این قبیل روش‌ها در طب امروزی است و بررسی این میزان از مقالات علمی و پژوهشی و ارجاع مستقیم به تک‌تک آن‌ها، از اهداف فصل حاضر نخواهد بود و در فصل دوم، سعی بر آن است تا به مهم‌ترین نتایج و استدلال‌های مقالات منتخب، اشاراتی شود!

نور درمانی و درمان با امواج فروسرخ نزدیک

در علم فیزیک، نور، بخشی از طیف گسترده‌ی امواج الکترومغناطیس است که با نام نور یا نور مرئی، معرفی می‌شود.^۴ امروزه، پزشکان و زیست‌شناسان، با استفاده از روش‌هایی مبتنی بر فناوری لیزر، لامپ و دیودهای نورگسیل (LED)، اقدام به تحریک سلول‌های بدن موجودات و انسان‌های بیمار و حتی غیر بیمار می‌کنند. هدف از انجام تحریک‌سازی، مهندسی و مدیریت فرایندهای درون سلولی، بهبود فرایندهای زیستی وابسته به سلول و به تبع آن، بافت‌هایی از بدن بیماران است که به علل گوناگون، عملکردی ناقص و یا کاملاً از بین رفته را به نمایش می‌گذارند. در شکل ۲، دو نمونه از لامپ‌های ساطع‌کننده‌ی انرژی فروسرخ که ساخت شرکتی تایوانی است، به تصویر کشیده شده است.^۵

^۱ Stimulation

^۲ Tissues

^۳ دو نوع تقسیم‌بندی در امواج فروسرخ، مرسوم است که نخستین مورد آن، امواج فروسرخ را به سه دسته‌ی A، B و C تقسیم می‌نماید: امواج فروسرخ نوع A (IR-A) در بازه‌ی طول موجی ۷۶۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر، نوع B (IR-B) در حدود ۱۴۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر و نوع C (IR-C) بین ۳۰۰۰ نانومتر تا ۱ میلی‌متر. تقسیم‌بندی دوم نیز به این شرح است: امواج فروسرخ نزدیک (NIR یا Near IR) در طول موج‌های ۷۶۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر، فروسرخ میانه (MIR یا Middle IR) در بازه‌ی ۳۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ نانومتر و فروسرخ دور (FIR یا Far IR) بین ۳۰۰۰۰ نانومتر تا حدود ۱ میلی‌متر. لازم به ذکر است که این بازه‌ها در مقالات گوناگون، تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند و تقسیم‌بندی‌های متعددی در گزارش‌های مختلف، مشاهده شده است! به طوری‌که در برخی مقالات، فروسرخ دور را از ۴۰۰۰ نانومتر (۴ میکرومتر) تا ۱ میلی‌متر، در نظر می‌گیرند!

^۴ البته در فیزیک نوین، نور دارای دو وجه متفاوت است؛ وجوه موجی و ذره‌ای!

^۵ لامپ‌های حرارتی (Heat Lamps) مورد استفاده در نور درمانی و درمان با امواج فروسرخ، تلفیقی از سه دسته‌ی امواج فروسرخ نزدیک، میانه و دور را گسیل می‌کنند و روش‌های فیلتراسیون و ارائه‌ی باند طول موجی ویژه‌ای از آن‌ها در



شکل ۲: نمونه‌هایی از لامپ‌های حرارتی با قابلیت تولید انرژی فروسرخ و بهره‌برداری در زمینه‌های پزشکی و درمان، با نام‌های تجاری WS TY-301R[®] (تصویر A) و WS TY-101N[®] (تصاویر B و C).

از شیوه‌های مرسوم در پزشکی، استفاده از امواج الکترومغناطیس در طول موج‌های نور مرئی و نزدیک به آن است. این شیوه‌ی پُر کاربرد و غیر تهاجمی که موسوم به «نور درمانی با لیزر کم‌توان (LLLT)»^۱ است، در مقالات، با نام‌هایی مانند «درمان با زیست‌تحریک‌سازی نوری (PBT)»^۲ یا «درمان زیست‌مدولاسیون نوری (PBMT)»^۳ و یا حتی در درمان دستگاه اعصاب، به نام «درمان نورومدولاسیون نوری (PNMT)»^۴ در بین دانشمندان این حوزه، شهرت یافته است. در این بخش، مروری کوتاه و اجمالی بر دستاوردهای تحریک زیستی نوری خواهیم داشت و برخی از نتایج قابل اعتناء در حوزه‌ی درمان و علل فیزیکی و زیستی آن، بحث خواهند شد.

شرکت‌های سازنده، اعمال نمی‌شود. به طور عام، این دسته از لامپ‌های حرارتی، طول موج‌های ۲ تا ۲۵ میکرومتر (در حدود امواج فروسرخ دور) را تولید و ساطع می‌نمایند.

¹ Low-Level Laser (Light) Therapy (LLLT)

² Photobiostimulation Therapy (PBT)

³ Photobiomodulation Therapy (PBMT)

⁴ Photoneuromodulation Therapy (PNMT)

شیوه‌ی درمانی بر پایه‌ی نور، با کنجکاو‌ی‌های دانشمند مجارستانی، اندره مِستر^۱، در سال ۱۹۶۷ میلادی، به سرعت به موضوعی داغ در زیست‌شناسی و پزشکی، تبدیل گشت. مِستر با بررسی اثرات نور مرئی لیزر بر موی پشت (کمر) موش‌ها، دریافت که محل‌های مورد اصابت نور مرئی لیزر (که در آن برهه به تازگی ابداع شده بود)، رشد موی فوری‌تری نسبت به نواحی دیگر دارد. وی، همچنین، دریافت که اعمال نور لیزر هلیم - نئون^۲، نقشی اعجاب - آور در بهبود و التیام زخم‌ها دارد. این تحقیقات هوشمندانه، سبب شد تا مِستر و دیگر دانشمندان عرصه‌ی پزشکی و زیست‌شناسی، به دنبال کشف اثرات ناشی از نور همدوس^۳ لیزر و حتی نورهای غیر همدوس (همچون نور دیودهای نورگسیل) بروند تا این‌گونه تأثیرات را در نواحی دیگری از بدن موجودات، مشاهده نمایند. جالب است که در سنوات ابتدایی پژوهش‌های نور درمانی، فرض بر آن بود که همدوسی و دیگر خواص منحصر به فرد لیزر (همچون تمرکز در یک نقطه و انتشار در یک خط^۴)، از عوامل تأثیرگذار بر درمان خواهند بود ولی با به کارگیری دیودهای نورگسیل (با قیمت‌هایی به مراتب پایین‌تر)، محققان متوجه شدند که ویژگی‌های بنیادی لیزر (همچون همدوسی و تکفامی)، اثرات ناچیزی در نور درمانی دارند و عامل اساسی، طول موج (یا فرکانس) نورهای مرئی و فروسرخ^۵ است که نقشی تعیین کننده، ایفا می‌کنند.

در ادامه و در گام‌های جسورانه‌ی بعد، مِستر و دیگر پیشگامان عرصه‌ی نور درمانی لیزری و غیر لیزری، به سراغ درمان التهاب‌ها^۶، ورم‌ها^۷، اختلالات مزمن مَفصلی^۸ و استخوانی

^۱ Endre Mester

^۲ He - Ne Laser

^۳ Coherent Light

^۴ مثل نقطه‌گذاری لیزری (Laser Speckle) که انرژی و توان محدودی را در یک نقطه همانند میتوکندری سلول یا بخش کوچکی از سلول یا بافت، متمرکز می‌کند و گرادیان‌های ریزگرمایی (Micro-Thermal Gradients) را پدید می‌آورد که باعث تغییر در متابولیسم (سوخت و ساز) میتوکندری‌ها خواهند شد.

^۵ اکثر واکنش‌های فوتوشیمیایی (Photochemical Reactions) در بدن، توسط امواج فرابنفش صورت می‌پذیرد ولی در علم شیمی و فیزیک، اثبات شده است که امواج الکترومغناطیس مرئی و فروسرخ، به ترتیب، توسط الکترون‌های درون اوربیتال‌های مولکولی و پیوندهای شیمیایی جذب می‌شوند. ضمناً، امواج فروسرخ به طور عمده، عامل چرخش‌ها و ارتعاشات مولکولی (Molecular Rotations & Vibrations) هستند. ارتعاشات مولکولی در دسته‌هایی همچون کششی (Stretching)، خمشی (Bending)، پیچشی (Twisting)، جنبانکی (Wagging)، گهواره‌ای (Rocking) و قیچی‌وار (Scissoring) یافت می‌شوند.

^۶ Inflammation

^۷ Edema

(مانند آرتریت روماتوئید^۱ و روماتیسم ستون فقرات^۲)، التیام زخم‌ها^۳ و بافت‌های عمیق‌تر^۴، دستگاه اعصاب^۵، اختلالات روانی و عصب‌شناختی^۶، اختلالات هورمونی، دردها^۷ (از جمله درد دندان‌ها و لثه)، شاخه‌ی بیماری‌های گوش، حلق و بینی^۸، کلیه‌شناسی یا نفرولوژی^۹، ریه‌شناسی یا پولمونولوژی^{۱۰} (مانند بیماری آسم^{۱۱}) و حتی پزشکی زیبایی^{۱۲} (مثل رشد مجدد موی سر، لاغری، کاهش وزن، لیپوساکشن^{۱۳} و از این دست موارد) رفتند.^{۱۴}

لیزرهای کم‌توان در این نوع نور درمانی، چگالی انرژی^{۱۵} کم‌تری نسبت به منابع نوری و لیزرهای شناخته‌شده در دیگر اقسام نور درمانی دارند؛ از این‌رو، نور درمانی با لیزرهای کم-توان، به «درمان لیزری سرد»^{۱۶} یا «درمان لیزری سافت (نرم)»^{۱۷} نیز معروف گشته است. در این شیوه‌ی درمانی، پزشکان، از لیزرهایی با توانی کم‌تر نسبت به لیزرهایی دیگر با قابلیت

⁸ Chronic Joint Disorders

^۱ آرتریت روماتوئید (Rheumatoid Arthritis)، بیماری مزمن خودایمنی (Autoimmunity) است که باعث التهاب و درد در مفاصل (غضروف و استخوان‌های مفاصل) می‌شود. در این بیماری، دستگاه ایمنی بدن به اشتباه به بافت‌های سالم مفاصل، حمله می‌کند و التهاب، تورم و آسیب به مفاصل را به ارمغان می‌آورد.

^۲ روماتیسم ستون فقرات یا اسپوندیلیت آنکیلوزان (Ankylosing Spondylitis)، بیماری التهابی مزمنی است که ستون فقرات و مفاصل بین ستون فقرات و لگن یا همان مفاصل ساکروایلیاک (Sacroiliac Joints) را درگیر می‌کند. این بیماری، باعث التهاب، درد و سفتی در این نواحی شده و در موارد پیشرفته‌تر ممکن است به جوش خوردن مهره‌ها و کاهش انعطاف‌پذیری ستون فقرات، منجر شود. روماتیسم ستون فقرات، بیماری خودایمنی محسوب می‌شود و به این معنا است که دستگاه ایمنی بدن به اشتباه به بافت‌های خودی حمله می‌کند.

³ Healing of Wounds

⁴ Deeper Tissues

⁵ Nerves

⁶ Psychiatric & Neurological Disorders

⁷ Pains

⁸ Otolaryngology

⁹ Nephrology

¹⁰ Pulmonology

¹¹ Asthma

¹² Aesthetic Medicine

¹³ Liposuction

^{۱۴} نباید فراموش کرد که مشابه با هر نوع روش درمانی، روش‌های درمانی بر پایه‌ی امواج نور مرئی و فروسرخ نیز در برخی موارد، عوارض جانبی (Side Effects) را به همراه خواهند داشت و بایستی به این عوارض دقت کافی شده و بیماران را از آن‌ها مطلع نمود. از عوارض جانبی متداول در این روش درمانی، آسیب حرارتی (Thermal Injury) و تولید مستقیم یا غیرمستقیم گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و رادیکال‌های آزاد، است.

¹⁵ Energy Density

¹⁶ Cold Laser Therapy

¹⁷ Soft Laser Therapy

تولید حرارت، بهره می‌برند. در انتخاب لیزر و نور درمانی لیزری، پارامترهایی همچون طول موج (یا بسامد)، توان^۱، چگالی انرژی، ساختار پالس (تپ)^۲ تولیدی و مدت زمان استفاده از نور اعمالی^۳، از درجه‌ی اهمیت بالایی برخوردارند و تنظیم و بهینه‌سازی پارامترهای اشاره شده در استفاده‌ی بهتر و بهینه‌تر، سودمند خواهد بود. بنابراین، انتخابی مناسب از چگالی انرژی (یا دُز) و منبع نور، مهم‌ترین عمل پزشک معالج به حساب می‌آید. اثبات شده است که دُزهای بالاتر و یا پایین‌تر از آنچه که بایستی انتخاب شود، ما را به هدف (که همان درمان و التیام آلام و زخم هاست)، نمی‌رساند. این موضوع که با نام‌های «پاسخ دُز دو حالته»^۴ و «درآنگیختن»^۵ مطرح شده، راهنمایی برای رسیدن به بهترین دُز و انتخاب مناسب‌ترین زمان، توان و انرژی فرودی به بخشی از بدن بیمار است.

اتفاق جالب و شگفت‌انگیزی که در این زمینه مشاهده می‌شود این است که برخلاف تصور اولیه، دُزهای پایین‌تری از انرژی و توان، اثرات سودمندتر و بهینه‌تری نسبت به دُزهای بالاتر دارند.^۶ محققان با اثبات این قضیه که در اکثر موارد، دُزهای بالا از نور لیزر یا دیوهای نورگسیل، توانایی بسیار بسیار ناچیز یا حتی وارونی برای بهبود دردها و دیگر اثرات مفید نور درمانی دارند، گامی مهم و کلیدی در جهت فهم نور درمانی و درمان بیماری‌های قابل علاج توسط نور، برداشته‌اند.

¹ Power

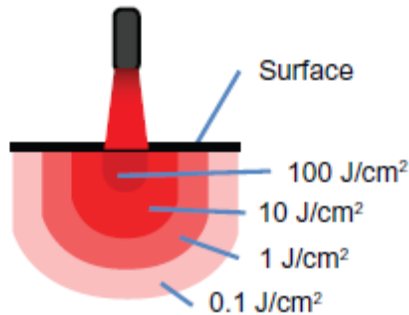
² Pulse Structure

³ Timing of the Applied Light

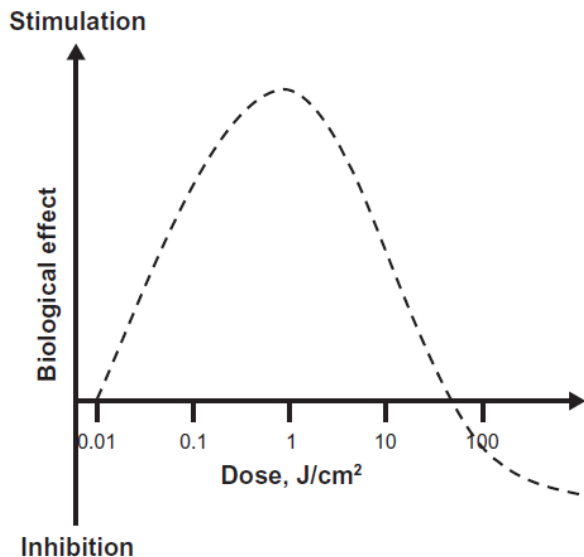
⁴ Biphasic Dose Response

^۵ درآنگیختن (Hormesis)، در علم سم‌شناسی (Toxicology) به معنای آن است که ماده‌ای در دُز بالا برای آرگانسمی مضر است ولی در دُزهای پایین‌تر، اثرات سودمند و حیات‌بخشی خواهد داشت (موسوم به دو روی سکه (Two Sides of the Same Coin)). در نور درمانی نیز این اصطلاح به کار می‌رود.

^۶ این موضوع به قانون آرت - شولتز (Arndt-Schulz Law) مشهور است. در نور درمانی، ادعا می‌شود که با جذب نور مرئی یا فروسرخ، تغییراتی در میتوکندری و سیتوپلاسم سلول رخ می‌دهد. در توان‌ها و چگالی انرژی‌های پایین، یون کلسیم (Ca^{2+}) به سیتوپلاسم و میتوکندری منتقل می‌شود (توسط پروتئین‌هایی همچون پروتئین‌های غشائی تک‌بر یا یونی‌پورتر (Uniporter) انجام می‌شود و به عبارتی، کانال‌هایی در دل سلول و میتوکندری، به نام کانال‌های یونی میتوکندریایی (Mitochondrial Ion Channels) وجود دارد که اساساً کانال کلسیمی از همه‌ی آن‌ها، فعال‌تر و مهم‌تر عمل می‌کند) تا تعادل الکتروشیمیایی و میزان یون‌های کلسیم، حفظ و فرایندهایی مثل تکثیر سلولی و سنتز دی‌ان‌ای و آر‌ان‌ای (DNA & RNA Synthesis) مدیریت شوند. اما، تابش نور با توان و دُز بالا، یون‌های کلسیم بسیاری را آزاد و سرانجام، ساز و کار سلولی (Cell Metabolism) را مختل می‌نماید.



شکل ۳: نمایش نفوذپذیری امواج الکترومغناطیس طیف مرئی یا فروسرخ در سطح، با دُز یا چگالی انرژیِ معین و طرحی از پاسخ دُز دو حالت.



شکل ۴: نمایشی نموداری از پاسخ دُز دو حالت و تأثیر دُز معین (تقریباً پایین و نه بالا و خیلی بالا یا خیلی پایین) بر تحریک‌سازی سلولی و درمان موفق.

از اساسی‌ترین پرسش‌هایی که در تحقیقات بی‌شمار به آن‌ها پرداخته شده و گروه‌های متعددی به آن اشاره کرده‌اند، این است که واقعاً نورهای مرئی و یا فروسرخ نزدیک، چه اتفاقی (فیزیکی یا شیمیایی؟!) را در سطوح سلولی و مولکولی رقم می‌زنند؟

در پاسخ به این پرسش، محققان بر این باورند که تغییرات در شکل و ساختار برخی اکسیدان‌ها و پروتئین‌های درون و بیرون سلول‌ها و تغییر و تعدیل در میزان نفوذپذیری

غشائی^۱ و اختلاف پتانسیل (ولتاژ) سلول‌ها، اساس عمل نور درمانی در سطوح سلولی و مولکولی است و در التیام دردها، بهبودی زخم‌ها و برخی دیگر از بیماری‌ها، کاربرد و اهمیت خود را به نمایش می‌گذارد. در ادامه، این دسته تغییرات در سطوح مولکولی و سلولی، مفصلاً مورد بحث قرار خواهند گرفت.

از نخستین رخدادهایی که در سلول‌ها به وقوع می‌پیوندد، برهم‌کنش لحظه‌ای و آنی امواج الکترومغناطیس فرودی (مثل نور مرئی و فروسرخ نزدیک) با میتوکندری درون سلول است. میتوکندری، از حساس‌ترین اعضای درون سلولی نسبت به تابش نور مرئی و فروسرخ نزدیک، به‌شمار می‌آید. با برهم‌کنش مستقیم امواج الکترومغناطیس و میتوکندری‌ها، میزان تولید محصول اصلی آن‌ها، یعنی ATP (تبدیل مستقیم انرژی فوتونی به انرژی شیمیایی در دل میتوکندری)، افزایش می‌یابد و سبب می‌شود تا سلول‌های در معرض تابش مستقیم، متفاوت‌تر از دیگر سلول‌ها رفتار نمایند و در گام بعد، تغییر تعداد و غلظت گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)^۲ و القاء فاکتورهای رونویسی^۳ را به همراه خواهند داشت و در گام بعدتر، به تنظیم بیان ژن‌ها و سنتز پروتئین‌ها و دی‌ان‌ای (DNA) می‌پردازد.

در این راستا، برخی از فاکتورهای رونویسی، به وسیله‌ی تغییرات در حالت ردوکس سلولی^۴ (واکنش‌های اکسایش - کاهش) در سطوح سلولی^۵، تنظیم می‌شوند. در این میان،

¹ Membrane Permeability

^۲ اثبات شده است که میزان کم گونه‌های اکسیژن فعال که در پرتودهی نور مرئی با توان کم، تولید می‌شود، برای حفظ سلامت، ضروری است ولی با افزایش توان و یا مدت زمان تابش، تولید بیش از اندازه‌ی گونه‌های اکسیژن فعال، به دلیل خواص آکسیدانی، سلامت سلول‌ها و بدن را به خطر خواهد انداخت!

^۳ فاکتورهای رونویسی (Transcription Factors)، مجموعه‌ای از پروتئین‌های گوناگون هستند که با اتصال به فعال-کننده‌ی (راه‌انداز) ژن و فعال نمودن رونویسی در سلول‌ها، باعث فعال‌سازی ژن‌ها، ساخت و تولید آر‌ان‌ای (RNA) از دی‌ان‌ای (DNA)، کنترل انتقال یا رونویسی اطلاعات ژنتیکی از دی‌ان‌ای به آر‌ان‌ای و تولید و سنتز پروتئین‌های دیگر می‌شوند. این فاکتورها با روشن و خاموش نمودن ژن‌ها در سلول، اطمینان حاصل می‌کنند که در طول عمر یک سلول و حتی جاندار، فرایند بیان ژن (Gene Expression)، به‌درستی صورت بپذیرد.

⁴ Cellular Redox State

^۵ این موضوع با نام پتانسیل ردوکس (Redox Potential) هم شناخته می‌شود. مثلاً، اختلاف پتانسیل بین سلولی سرطانی و محیط پیرامونش، در حدود ۱/۵ ولت است. این اختلاف پتانسیل الکتروشیمیایی، به جذب هر چه بهتر امواج و سیگنال‌ها می‌انجامد. برخلاف سلول‌های بیمار، سلول‌های سالم، به دلیل صفر بودن چنین پتانسیلی، تمایلی به جذب امواج مرئی و فروسرخ، ندارند!

از پروتئین فعال‌کننده^۱ (AP-1)^۱ وابسته به فاکتور ردوکسی^۱ (Ref-1)^۲، ژن و پروتئین پی^۳ (p53)^۳ و فاکتور هسته‌ای کاپا بی (NF-κB)^۴ می‌توان یاد نمود. این دسته از فاکتورهای رونویسی، عاملی برای سنتز پروتئین^۵ شده و در نتیجه، افزایش در تکثیر سلولی^۶، مهاجرت سلولی^۷، چسبندگی سلولی^۸ و اکسیژن‌رسانی بافتی^۹ را تسهیل خواهند نمود و مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلولی (آپوپتوز) را کاهش می‌دهند.

^۱ پروتئین فعال‌کننده^۱ (Activator Protein-1) یا به اختصار AP-1، فاکتور رونویسی است که بیان ژن در پاسخ به محرک‌های مختلفی نظیر سیتوکین‌ها (Cytokines)، فاکتورهای رشد (Growth Factors)، استرس و حتی، عفونت‌های ویروسی و باکتریایی را تنظیم می‌کند. این فاکتور، فرایندهای درون‌سلولی همچون مرگ برنامه‌ریزی‌شده (آپوپتوز)، رشد و تمایز سلولی (Cell Differentiation) را تحت کنترل خود دارد.

² Redox Factor-1 (Ref-1)

^۳ ژن پی^۳ (p53)، ژن سرکوب‌کننده‌ی تومور است. پروتئین پی^۳ (P53)، محصول این ژن است که از طریق مرگ برنامه‌ریزی‌شده (آپوپتوز)، از تشکیل تومور و انتشار سلول‌هایی که (از نظر ژنتیکی) آسیب دیده‌اند، جلوگیری می‌کند. اختلال یا عدم فعالیت پروتئین پی^۳، منجر به رشد کنترل‌نشده‌ی سلول‌ها و در نتیجه، ایجاد سرطان می‌شود.

^۴ فاکتور هسته‌ای کاپا بی (Nuclear Factor Kappa B) یا NF-κB، کمپلکس (گروه) پروتئینی کنترل‌کننده‌ی رونویسی دی‌ان‌ای (DNA) است. نام کامل آن «فاکتور هسته‌ای تقویت‌کننده‌ی زنجیره‌ی سبک کاپا از نفوسیت‌های B فعال‌شده» است. این دسته از کمپلکس‌های پروتئینی، وظیفه‌ی پاسخ سلولی به محرک‌هایی نظیر استرس (تنش)، سیتوکین‌ها، تابش‌های الکترومغناطیس (از جمله، فرابنفش)، رادیکال‌های آزاد و آنتی‌ژن‌های ویروسی و باکتریایی را برعهده دارند. به عبارتی، فاکتور هسته‌ای NF-κB، به عنوان نخستین پاسخ‌گو در برابر محرک‌های آسیب‌زننده‌ی سلولی، عمل می‌کند و نقش اساسی در مهار التهاب، تقویت دستگاه ایمنی و آپوپتوز سلولی دارد. در برخی تحقیقات نشان داده شده است که حضور گونه‌های اکسیژن فعال به مانند هیدروژن پراکسید (آب‌اکسیژنه)، باعث القاء، تولید و افزایش حضور فاکتور هسته‌ای NF-κB در درون سلول‌ها می‌شود.

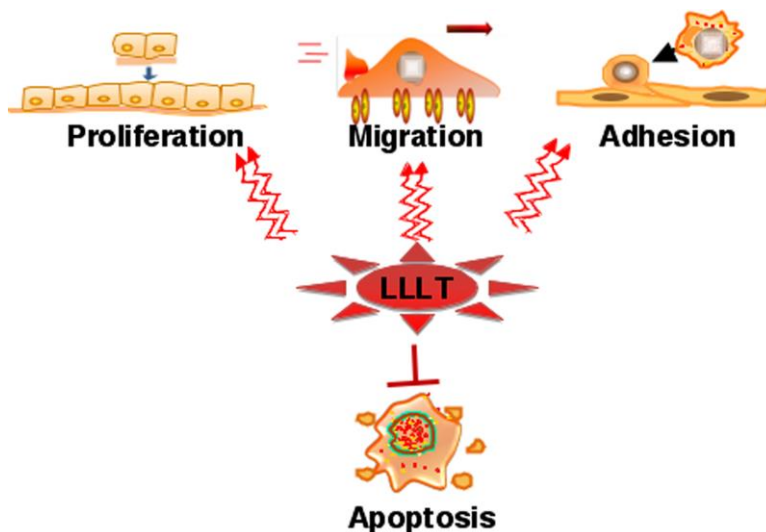
⁵ Protein Synthesis

^۶ تکثیر سلولی (Cell Proliferation)، به فرایندی گفته می‌شود که در آن، یک سلول به دو سلول دختر، تقسیم و با ادامه‌ی این روند، جمعیت انبوه و کنترل‌شده‌ای از سلول‌ها، باعث رشد سریع بافت در بدن موجودات می‌شود.

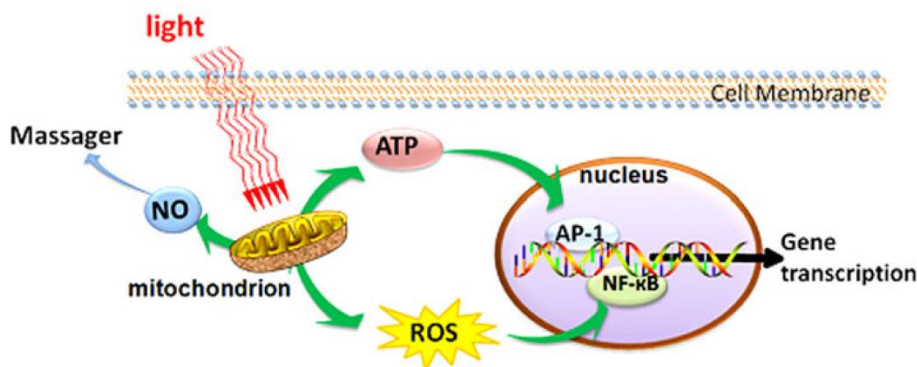
^۷ مهاجرت سلولی (Cell Migration)، جنبش و جنبندگی هماهنگ سلول‌ها است. این مهاجرت‌ها می‌توانند در مراحل نخستین رشد جنین، بازسازی و التیام بافت سلولی زخم‌ها و اطراف آن‌ها و حتی کارکردهایی در دستگاه ایمنی بدن موجودات، سودمند باشند. حرکت سلول‌ها به سمت جایگاه‌ها و مکان‌های مناسب، ضرورتی انکارناپذیر در مهاجرت سلولی است و عدم مهاجرت به جایگاه مناسب یا اختلال در عملکرد، صدمات جبران‌ناپذیری همچون سرطان، بیماری‌های قلبی - عروقی و عقب‌افتادگی ذهنی را به همراه خواهد داشت. از این‌رو، شناخت علل و چگونگی فرایند مهاجرت سلولی و حتی کنترل و مهندسی آن، از ابتلاء به بیماری‌های گوناگون جلوگیری می‌نماید.

⁸ Cellular Adhesion

⁹ Tissue Oxygenation



شکل ۵: چهار فرایند سلولی تکثیر، مهاجرت، چسبندگی و مرگ برنامه‌ریزی‌شده، تحت تأثیر تابش امواج فرودی در نور درمانی با لیزر کم‌توان.



شکل ۶: خلاصه‌ای شماتیک از اثرات ناشی از تابش نور مرئی و فروسرخ نزدیک در سطح سلولی.

افزون بر این مطالب، فرایندهای وابسته به امواج الکترومغناطیس فرودی در بسامدهای نور مرئی و فروسرخ نزدیک، سبب تعدیل، تحریک و تنظیم در سطوح سیتوکین‌ها^۱،

^۱ سیتوکین‌ها، مولکول‌هایی (اغلب) پروتئینی و محلول در آب هستند که در پاسخ به تحریک خارجی، ترشح می‌شوند و پیام‌رسانی بین‌سلولی را بر عهده می‌گیرند. رفتارهایی از جمله، رشد، تغییر یا مرگ سلولی را می‌توان به حضور سیتوکین‌ها، نسبت داد. سیتوکین‌های یک سلول اغلب برهم‌کنش‌های مؤثری با سلول‌های مجاور خود دارند اما در برخی موارد، بر کل سلول‌های ارگانیزم هم اثر می‌کنند. سیتوکین‌ها، به طور کل، در دستگاه ایمنی بدن، مشاهده می‌شوند تا آنجا که برخی از آن‌ها به تنهایی به سلول‌های سرطانی حمله می‌کنند.

فاکتورهای رشد^۱ و واسطه‌های التهابی^۲، می‌شوند. برای مثال، آرون چی‌هاو چن^۳ و همکارانش در سال ۲۰۰۹ میلادی، دریافتند که با تابش نور لیزر به طول موج‌های ۸۱۰ یا ۹۸۰ نانومتر (فروسرخ نزدیک) و با دُز ۰/۳ ژول بر سانتی‌متر مربع و بالاتر^۴، به فیبروبلاست‌های جنینی موش^۵، فاکتور هسته‌ای NF-κB در سلول‌ها فعال می‌شود^۶ که این نتیجه، گویای زیست‌تحریک‌سازی سلول‌ها و بافت‌ها پس از تابش نور کم‌توان بوده است.^۷ در ضمن، گروه پژوهشی تحت نظارت چن، اثبات کرده‌اند که میزان فعال‌سازی فاکتور هسته‌ای NF-κB (توسط نور کم‌توان لیزر)، دقیقاً به مقدار تولید گونه‌های اکسیژن فعال میتوکندریایی، وابستگی مستقیم دارند. به طور کل، فاکتور هسته‌ای NF-κB با برخی ژن‌ها همچون ژن‌های التهاب‌آور^۸، آنتی‌آپوپتوتیک^۹ (ضد مرگ برنامه‌ریزی‌شده)، آنتی‌اکسیدان، سیتوکین‌ها، کموکین‌ها^{۱۰} و غیره، در ارتباطی تنگاتنگ است. این ارتباط مستقیم، اثر نور درمانی با نور کم‌توان را نیز آشکار خواهد نمود؛ به طوری که با فعال شدن فاکتور هسته‌ای NF-κB، تمایل سلول‌ها به نمایش برخی وقایع تقویت می‌شود. این رخدادها، از جمله، تمایل به کاهش یا مهار مرگ‌های سلولی (با فعال‌سازی ژن‌های آنتی‌آپوپتوتیک)، فزونی در تعداد سلول‌های تکثیرشده (با فعال‌سازی ژن‌های پیش‌تکثیری^{۱۱})، سَنَیَز کُلَاژن^{۱۲} بیش‌تر،

^۱ فاکتورهای رشد، مولکول‌هایی پروتئینی یا استروئیدی هستند که در رشد و تمایز سلول‌های بسیاری مؤثرند. این مولکول‌ها در دسته‌ی سیتوکین‌ها، طبقه‌بندی می‌شوند. فاکتورهای رشد، با دارا بودن گیرنده‌های غشایی، بر متابولیسم (سوخت و ساز) سلولی نیز اثر می‌گذارند.

^۲ واسطه‌های التهابی (Inflammatory Mediators)، مولکول‌هایی هستند که در هنگام یورش عوامل آسیب‌زننده، توسط سلول‌های ایمنی بدن، آزاد می‌شوند.

^۳ Aaron Chih-Hao Chen

^۴ در این پژوهش، دُز ۰/۳ ژول بر سانتی‌متر مربع، بالاترین تأثیر را بر فیبروبلاست‌های جنینی موش داشته است.

^۵ Mouse Embryonic Fibroblasts (MEF)

^۶ بالاترین تأثیر و بیش‌ترین میزان از فعال‌سازی فاکتور هسته‌ای NF-κB در مدت زمان ۶ تا ۱۰ ساعت، گزارش شده است.

^۷ تولید بیش‌تر فاکتور هسته‌ای NF-κB در سلول‌ها، باعث افزایش در بیان لوسیفراز (Luciferase Expression) می‌شود. آنزیم لوسیفراز، واکنش‌های شیمیایی مرتبط به تولید نور را سرعت می‌بخشد.

^۸ Pro-Inflammatory

^۹ Anti-Apoptotic

^{۱۰} کموکین‌ها (Chemokines)، دسته‌ای از سیتوکین‌ها و با اندازه و ابعاد کوچک‌ترند که در بعضی موارد و در هنگام التهاب، سلول‌های دستگاه ایمنی را فرا می‌خوانند و به طور کل، در هومئوستاز، نقشی اساسی دارند.

^{۱۱} Pro-Proliferation

زیاد شدن مهاجرت فیبروبلاست‌ها به محل زخم (با فعال سازی ژن‌های مولکول‌های چسبندگی^۱)، افزایش غلظت رادیکال‌های آزاد (پروآکسیدان‌ها^۲) در کوتاه مدت و غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در بلندمدت (با فعال سازی ژن‌های آنتی‌اکسیدان^۳) و در نهایت، اثرات ضد التهابی، با اعمال نور کم توان، قابل حصول خواهند بود.

در همین راستا و در تحقیقات مرتبط با اثر نور درمانی بر فیبروبلاست، الکساندراتو^۴ و تیم پژوهشی وی در سال ۲۰۰۲ میلادی، با بررسی سلول‌های فیبروبلاست پوست ختنه‌گاه جنین^۵ دریافتند که نور لیزر ۶۴۷ نانومتری، با دز بسیار پایین ۱/۵ میلی ژول بر سانتی متر مربع، ۸ دقیقه پس از تابش، منجر به افزایش pH سلولی و پتانسیل غشایی میتوکندریایی^۶ ($\Delta\Psi_m$) می‌شود.

در واقع، با گسیل نور، واکنش‌های فوتوشیمیایی درون سلولی، رخ می‌دهند و به همین سبب، به فرایندهای زیست تحریک سازی نوری، معروف شده‌اند. در این فرایندها، با تابش نور فرودی به سوی سلول، نور، توسط مولکول‌های کروموفور (رنگ‌بر^۷) یا مولکول‌های پذیرنده نور^۸ در سلول، جذب و یک الکترون در ترازهای مربوطه، برانگیخته شده و به سمت ترازها یا مدارهای پُر انرژی‌تر، جهش می‌نماید. در این فرایند فیزیکی و کوانتومی، در زمانی مناسب، انرژی ذخیره شده برای انجام وظایف سلولی، آزاد می‌شود و برخی اتفاقات، درون سلول‌ها، به

^{۱۲} کلاژن (Collagen)، پروتئینی است که در محیط خارج از سلول‌های مختلف وجود دارد. این پروتئین‌ها به صورت رشته‌هایی موسوم به رشته‌های کلاژنی، یافت می‌شوند. رشته‌های کلاژنی در انواع بافت‌های پیوندی یا همبند (Connective Tissues) (البته به میزان متفاوت)، مشاهده می‌شوند. این پروتئین را بدن، خودش می‌سازد و می‌توان آن را مانند چسبی طبیعی، در نظر گرفت.

^۱ مولکول‌های چسبندگی (Adhesion Molecules)، پروتئین‌هایی‌اند که روی سطح سلول‌ها قرار دارند و در چسبندگی سلول‌ها به یکدیگر مؤثر هستند. چسبندگی، در تشکیل بافت‌ها، مهاجرت سلولی و پاسخ‌های ایمنی، نقش به‌سزایی دارد.

² Pro-Oxidant

^۳ در مقالات متعدد به مفید بودن حضور رادیکال‌های آزاد، همچون گونه‌های اکسیژن فعال، اشارات فراوانی شده است. به عقیده این دانشمندان، حضور هم‌زمان رادیکال‌های آزاد با غلظت پایین و آنتی‌اکسیدان‌ها با غلظت بالا، به حفظ سلامت کمک می‌کند.

⁴ E. Alexandratou

⁵ Fetal Foreskin Fibroblast Cells

⁶ Mitochondrial Membrane Potential (MMP)

⁷ Chromophore

⁸ Photoacceptor Molecules

وقوع می‌پیوندند. در اکثر موارد و در مقالات متعدد، مولکول کروموفور، متعلق به میتوکندری درون سلول، تصور و با نام کروموفور میتوکندریایی^۱ معرفی می‌شود. در گزارش‌های متعدد، بنا بر فرضیات زیست‌شناسی سلولی و مولکولی^۲، ادعا شده است، پس از تابش نور فرودی، ارتقاء در میزان تولید محصولات اصلی میتوکندری، از جمله، ATP، ان‌آدهاش (NADH)^۳، آر‌ان‌ای (RNA)، پروتئین و ازدیاد در مصرف اکسیژن^۴، مشاهده می‌شود. علاوه بر این، تحقیقات نشان می‌دهند که تنفس سلولی (نشئت‌گرفته از وظایف میتوکندری)، پس از اعمال نور مرئی و فروسرخ نزدیک، تنظیم و متعادل می‌شود. از با اهمیت‌ترین کروموفورهای درون سلولی، سیتوکروم اکسیداز سی (CCO) به‌شمار می‌آید که کمپلکس پروتئینی غشایی^۵ بزرگی است که شامل دو مرکز مس (Cu_A و Cu_B) و دو مرکز هم - آهن^۶ (هم a و a_3) است.^۷ CCO، به همراه مراکز حاوی مس و آهن خود، از اجزاء زنجیره‌ی تنفسی انتقال الکترون در سلول‌ها، محسوب می‌شود.^۸

¹ Mitochondrial Chromophore

^۲ بنا بر فرضیات زیست‌شناسی، زنجیره‌ی تنفس سلولی، از پنج کمپلکس متصل به هم از پروتئین‌های غشایی تشکیل شده است. کمپلکس یک (I): آنزیم ان‌آدهاش دهیدروژناز (NADH Dehydrogenase)؛ کمپلکس دو (II): سوکسینات دهیدروژناز (Succinate Dehydrogenase)؛ کمپلکس سه (III): سیتوکروم ردوکتاز سی (Cytochrome C Reductase)؛ کمپلکس چهار (IV): سیتوکروم اکسیداز سی (Cytochrome C Oxidase) و کمپلکس پنج (V): سنتاز ATP (ATP Synthase).

^۳ نیکوتین‌آمید آدنین دی‌نوکلوئید (Nicotinamide Adenine Dinucleotide) یا به اختصار NAD، کوآنزیمی (Coenzyme) است که در همه‌ی سلول‌ها یافت می‌شود. این مولکول، به دو صورت NAD⁺ و NADH وجود دارد. اغلب، در تنفس سلولی، نقشی اساسی و حیاتی بازی می‌کند. NADH در گلیکولیز (قندکافت)، به‌دست می‌آید و در این واکنش‌ها، NAD⁺ با دریافت یک پروتون و دو الکترون، کاهش می‌یابد و به NADH تبدیل می‌شود. به طور کل، کوآنزیم NADH، در تولید انرژی، بهبود عملکرد مغز و حمایت از دستگاه عصبی، نقش دارد.

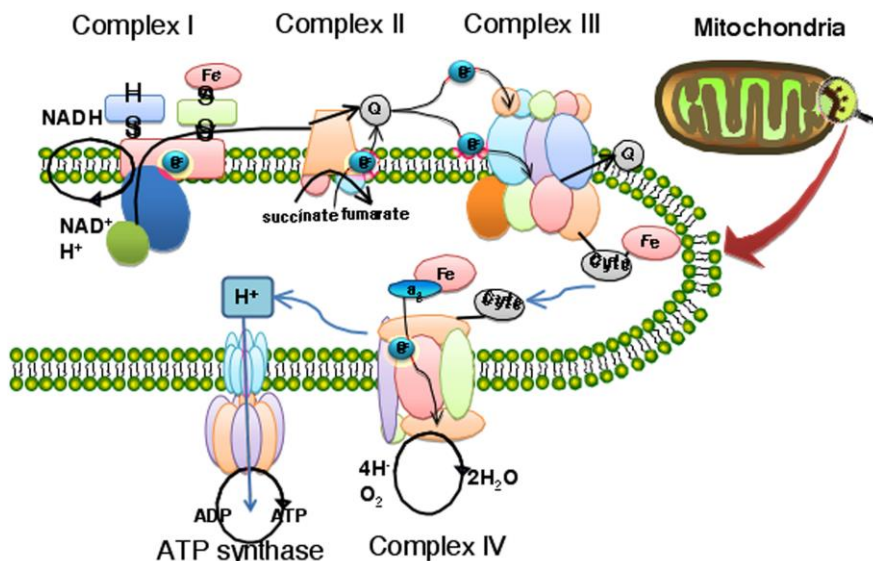
⁴ Oxygen Consumption

⁵ Transmembrane Protein Complex

⁶ Heme - Iron (Haem - Iron)

^۷ از دیگر موارد اختلافی در تعیین کروموفور در دنیای میکروسکوپی بدن موجودات، آب است. برخی محققان بر این باورند که آب‌های درون سلول‌ها (که به نوعی آب ایزی است) جاذب مناسبی از نورهای مرئی، فروسرخ نزدیک و حتی فروسرخ دور، هستند و در نتیجه، اتفاقاتی از جمله جذب نور توسط سلول‌ها را به آب‌های ایزی درون سلولی (سیتوزول) و لایه‌های ساختاریافته‌ی آب، نسبت می‌دهند. طبق این نظریه، آب‌های ایزی درون سلول، توانایی ذخیره‌سازی بارها و انرژی الکتریکی در خود را دارند و ادعا می‌شود که تا ۷۰ درصد این انرژی را آزاد می‌کنند. از این‌رو، آب‌های ساختاریافته‌ی ایزی، با کمک تابش فروسرخ و در فضای درون سلول، همانند باتری نانومتری نقش مؤثری ایفا می‌کنند.

^۸ از دیگر کروموفورهای مهم درون سلولی (غیر از CCO و سیتوزول)، می‌توان از برخی پروتئین‌ها (مثل پروتئین‌های شوک حرارتی (HSP)) و آنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک (Nucleic Acids) و آدنین نوکلئوتیدها



شکل ۷: شمایی کلی از کمپلکس‌های پنج‌گانه‌ی زنجیره‌ی تنفسی میتوکندریایی.

زنجیره‌ی انتقال الکترونی، الکترون‌های پُر انرژی را از طریق یک سری کمپلکس‌های غشائی (همچون CCO)، به سمت پذیرنده‌های الکترونی^۱، هدایت می‌کند تا سرانجام، گرادیان پروتونی^۲، ایجاد و در پایان، تولید ATP انجام شود.^۳ بنابراین، اعمال نور به بافت و سلول (CCO) به طول موج‌های بین ۷۰۰ تا ۷۸۰ نانومتر (محدوده‌ی آغازین فروسرخ نزدیک) حساسیت بیش‌تری دارد!، افزایش تولید ATP (با اثرگذاری بر یکی از کمپلکس‌های غشائی درون‌زنجیره‌ای مانند کمپلکس چهارم^۴) را به همراه خواهد داشت. در فرجام این

(Adenine Nucleotides) یاد کرد. از این‌رو، به دلیل نقش پُر رنگ و بی‌بدیل میتوکندری در برهم‌کنش با نور، به برهم‌کنش‌های نور و سلول، برهم‌کنش‌های نور و میتوکندری نیز گفته می‌شود.

^۱ Electron Acceptors

^۲ Proton Gradient

^۳ به طور خلاصه، در کمپلکس‌های پنج‌گانه‌ی درون سلول، انتقال الکترون از NADH و دیگر اجزاء (مثل FADH₂) که از اسید سیتریک (Citric Acid) و با چرخه‌ی کربس (Krebs Cycle) تهیه شده‌اند، به سمت مولکول‌های اکسیژن صورت می‌پذیرد و در ادامه، با کمک پروتون‌ها (یون‌های هیدروژن)، مولکول‌های آب را شکل می‌دهند. این فرایند، انرژی آزاد شده برای پمپاژ پروتون‌ها را به سمت فضای بین‌غشائی (Inetrmembrane Space)، کنترل و گرادیان پروتونی درون‌سلولی و به‌ویژه، در غشاء داخلی، ایجاد می‌نماید و در نهایت، منجر به تولید باتری مینیاتوری در ابعاد و اندازه‌ی سلول می‌شود.

^۴ در کمپلکس چهار (IV)، به طور خلاصه، چهار الکترون از چهار مولکول سیتوکروم سی، جدا شده و به سمت مولکول‌های اکسیژن (O₂) منتقل می‌شوند و سرانجام، دو مولکول آب را تولید می‌کنند. در همین زمان، چهار پروتون از غشاء

بحث، می‌توان خلاصه‌ای از تابش با نور کم‌توان را چنین بیان داشت که فرود و تابش نور کم‌توان، میزان و کیفیت تولید محصول ATP و انتقال الکترونی را توسعه خواهد داد.^۱

گوردون^۲ در سال ۱۹۶۰ میلادی دریافت که با تابش نور مرئی به طول موج‌های ۶۵۰ و ۷۲۵ نانومتر به میتوکندری‌ها، سنتز ATP در آن‌ها افزایش می‌یابد و در ۴۷۷ و ۵۵۴ نانومتر، افزایشی مشاهده نمی‌شود. همچنین، وکشین^۳ در سال ۱۹۹۱ میلادی، نشان داد که مصرف اکسیژن درون میتوکندری‌ها در تابش‌های با طول موج‌های ۳۶۵ و ۴۳۶ نانومتر، روندی رو به اوج را تجربه می‌کند ولی در طول موج‌های ۳۱۳ و ۵۴۶ و ۵۷۷ نانومتر، چنین اتفاقی رخ نمی‌دهد. در ضمن، سالواتوره پاسارلا^۴ و گروه تحقیقاتی وی در سال ۱۹۸۸ میلادی، پی‌بردند که تابش نور با طول موج ۶۳۳ نانومتر، به بالا بردن پتانسیل غشائی میتوکندریایی و گرادیان پروتونی می‌انجامد و به دلیل این رخدادها، ویژگی‌های نوری و اپتیکی میتوکندری، تغییر می‌یابد و سرانجام، فرایندهای سنتز پروتئین و آران‌ای (RNA) درون میتوکندری‌ها، رونقی چشم‌گیر را تجربه خواهند نمود.^۵

نور درمانی و گسیل امواج، به حالت‌های اکسایشی (اکسیداسیون) متفاوت در آنزیم‌های مختلف می‌انجامد و این حالت‌های اکسایشی دارای قله‌های جذب متفاوت در طیف گسترده-ی نورهای مرئی و فروسرخ نزدیک هستند. برای مثال، تینا کارو و کولیاکوف^۶ در سال ۲۰۰۵ میلادی، با بررسی فوتوتراپی و نور درمانی وابسته به پاسخ‌های سلولی، چهار محدوده‌ی طول موجی برای قله‌های جذب CCO در طیف الکترومغناطیس به‌کار برده، ارائه داده‌اند که به شرح زیر است:

میتوکندری، گذر کرده و گرادیان پروتونی را شکل می‌دهند. در ضمن، بیش‌ترین مصرف اکسیژن سلول در کمپلکس چهار (IV)، اتفاق می‌افتد.

^۱ در CCO کاملاً اکسیدشده، اتم‌های آهن و مس، به ترتیب، در حالت اکسایشی (اکسیداسیون) Fe(III) و Cu(II) و بالعکس، در CCO کاملاً احیاءشده، این اتم‌ها در حالت اکسایشی Fe(II) و Cu(I)، قرار دارند.

^۲ M. W. Gordon

^۳ N. L. Vekshin

^۴ S. Passarella

^۵ در بعضی پژوهش‌ها، میزان گونه‌های اکسیژن فعال هم با افزایش پتانسیل MMP، افزایش می‌یابد ولی برخی دیگر، نظری عکس دارند! اما بیش‌تر مقالات در دیدگاهی مشترک، افزایش در پتانسیل MMP حاصل از تابش نور یا امواج فروسرخ نزدیک را گزارش داده‌اند.

^۶ S. F. Kolyakov

قله‌ی نخست: ۶۱۳/۵ تا ۶۲۳/۵ (مربوط به فرایند کاهش یا احیاء در مرکز Cu_A)؛ قله‌ی دوم: ۶۶۷/۵ تا ۶۸۳/۷ (مربوط به فرایند اکسایش در مرکز Cu_B)؛ قله‌ی سوم: ۷۵۰/۷ تا ۷۷۲/۳ (مربوط به فرایند کاهش در مرکز Cu_B) و قله‌ی چهارم: ۸۱۲/۵ تا ۸۴۶/۰ نانومتر (مربوط به فرایند اکسایش در مرکز Cu_A).^۱

از دیدگاه شیمیایی و فیزیکی، با افزایش تابش نور و جذب آن توسط CCO، حالت‌های برانگیخته‌ی الکترونی، رخ می‌دهند و در نتیجه، منجر به توسعه و ارتقاء واکنش‌های مرتبط با انتقال الکترونی، می‌شوند. افزایش در انتقال الکترونی، الزاماً به افزایش در تولید ATP توسط میتوکندری‌ها، منجر خواهد شد و به قول برخی محققان، زنجیره‌ای از وقایع مولکولی درون سلولی و میتوکندریایی، به وقوع می‌پیوندد.^۲ البته، تأثیر مستقیم نور فرودی بر کمپلکس پروتئینی CCO (به تنهایی) هنوز هم چالشی است که ذهن برخی متخصصان را درگیر خود کرده است. محققانی ادعا می‌کنند، در اثر برهم‌کنش مستقیم نور با سلول، افزون بر اثرگذاری مستقیم بر CCO، نیتریک‌اکسید یا مونو‌اکسید نیتروژن (NO)^۳ نیز آزاد می‌شود (البته در بعضی گزارش‌ها، افزون بر نیتریک‌اکسید، به آزاد شدن مونو‌اکسید کربن (CO)^۴ نیز اشاره شده است!) که برخی از اثرات و ویژگی‌های پایه‌ای و بنیادی نور درمانی را توجیه و تفسیر می‌نماید.

نخستین راهکار در شناخت هر چه بهتر برهم‌کنش مستقیم امواج الکترومغناطیسی مرئی و فروسرخ نزدیک با CCO، تجزیه‌ی نوری نیتریک‌اکسید از CCO است. در سلول‌ها و به -

^۱ در برخی گزارش‌ها، طول موج‌های ویژه‌ای را در مطالعات سلولی در کشت سلولی (Cell Culture) خارج از بدن (*in vitro*) و مرتبط با نور مرئی و فروسرخ به‌دست آورده‌اند که به شرح زیر است:

افزایش تکثیر سلولی در ۸۶۰ نانومتر (فروسرخ نزدیک)، افزایش سنتز دی‌ان‌ای در ۸۱۲ نانومتر (فروسرخ نزدیک)، افزایش در تولید فاکتور رشد bFGF در ۶۶۰ نانومتر (مرئی)، تبدیل فیبروبلاست به میوفیبروبلاست (Myofibroblast) در فیبروبلاست‌های کشت‌شده (Cultured Fibroblasts) در ۶۳۲/۸ نانومتر (مرئی)، فعال‌سازی ماکروفاژها در ۶۳۲/۸ نانومتر و یا در مورد سلول کراتین‌ساز یا کراتینوسیت (Keratinocyte) در حال کشت، افزایش تکثیر سلولی در ۶۳۲/۸ و ۷۸۰ نانومتر.

^۲ به زبانی ساده، زنجیره‌ی تنفس سلولی (Cell Respiratory Chain)، رادیکال‌های آزاد آکسیژنی را تولید (نقش اکسیدانی) و بالعکس، CCO این دسته از رادیکال‌های آزاد را حذف می‌کند (نقش آنتی‌اکسیدانی). بنابراین، حضور CCO در زنجیره‌ی فوق جهت حفظ تعادل تولید و حذف رادیکال‌های آزاد (تعادل بین اثرات اکسیدانی و آنتی-اکسیدانی)، الزامی است و عدم حضور CCO، به افزایش سطوح رادیکال‌های آزاد در داخل سلول می‌انجامد.

^۳ Nitric Oxide (NO)

^۴ Carbon Monoxide (CO)

ویژه در غشاء داخلی میتوکندری، به تدریج، تولید نیتریک‌اکسید از سنتاز^۱ نیتریک‌اکسید میتوکندریایی^۲، افزایش می‌یابد (سنتاز نیتریک‌اکسید میتوکندریایی، مقید و متصل به CCO است). در نتیجه، با افزایش تولید نیتریک‌اکسید، فرایند تنفس سلولی، کاهش می‌یابد و افزایش کوچکی در پتانسیل غشائی میتوکندریایی، رخ می‌دهد.^۳ در این فرایند، نیتریک‌اکسیدها، اکسیژن‌های درون CCO را از جایگاه‌های خود جدا می‌کنند و جایگزین آن‌ها می‌شوند^۴ و در نتیجه، تنفس سلولی، کاهش و تولید ATP به شدت تقلیل می‌یابد و به نوعی اختلال عملکرد میتوکندری را به نمایش می‌گذارند. با اعمال نور کم‌توان^۵، فرایند مذکور (جدا شدن بیش‌تر مولکول‌های اکسیژن از CCO و جایگزینی آن‌ها با نیتریک‌اکسیدها)، وارون شده، نیتریک‌اکسیدها از قید CCO، رها و گسترشی در تولید ATP، مشاهده می‌شود.^۶

راهکار نخست، بیش‌تر در سلول‌ها و بافت‌های آسیب‌دیده و در شرایط هیپوکسی (کم-اکسیژنی) آن‌ها، سودمند واقع می‌شوند (نسبت به سلول‌ها و بافت‌های سالم) و به نور کم-توان، پاسخ مثبت می‌دهند.^۷ با آزاد شدن نیتریک‌اکسیدها از میتوکندری‌های سلولی، افزایش

^۱ سنتاز (Synthase)، آنزیمی است که واکنش‌های ترکیبی را سرعت می‌بخشد.

^۲ Mitochondrial NO Synthase (mtNOS)

^۳ با ازدیاد تعداد نیتریک‌اکسیدها و افزایش پتانسیل غشائی میتوکندریایی، واقطبی (دی‌پلاریزاسیون) غشاء میتوکندریایی (Mitochondrial Membrane Depolarization)، رخ می‌دهد و به ناچار فرایند مرگ برنامه‌ریزی‌شده-ی سلولی وابسته به نیتریک‌اکسید (موسوم به NO-Induced Cell Death)، آغاز می‌شود. برای مثال، سلول‌هایی همچون نورون‌ها، دچار آپوپتوز (یا همان مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی) شده و پیامد آن، ابتلاء به بیماری‌های عصبی (از جمله، اختلالات دژنراتیو) خواهد بود.

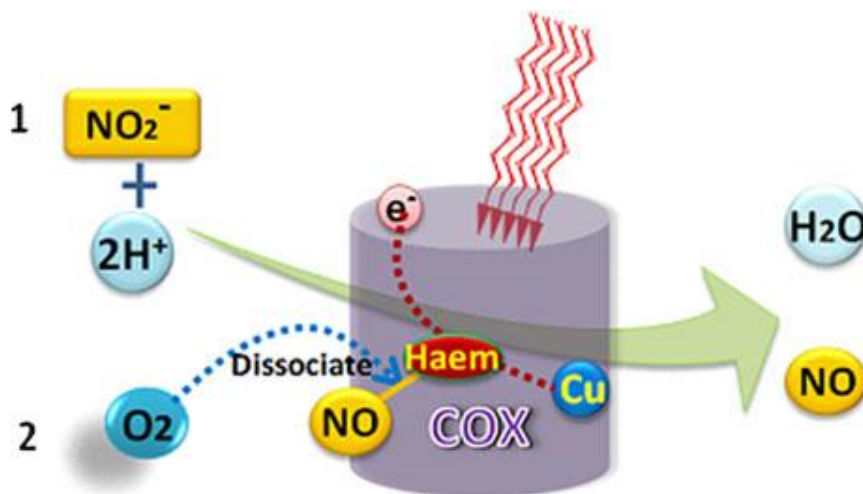
^۴ برهم‌کنش نیتریک‌اکسید با سیتوکروم اکسیداز سی (NO - CCO Interaction).

^۵ جالب است اشاره شود که امواج فرابنفش نزدیک با طول موج ۳۶۶ نانومتر (UVA)، برای جداسازی نیتریک‌اکسیدها از دیواره‌ی رگ‌های خونی (Blood Vessel Walls)، مناسب است. نور آبی ۴۴۱ نانومتری، برای جداسازی نیتریک‌اکسیدها از هموگلوبین‌ها، کاربرد دارد و در نهایت، نیتریک‌اکسیدهای متصل به CCO نیز برای رها شدن، به نورهای سرخ و فروسرخ، پاسخ مثبت می‌دهند.

^۶ رقابتی بین مولکول‌های NO و O₂ برای تصاحب جایگاهی مناسب در مولکول CCO، رخ می‌دهد و جالب است بیان شود که دانشمندان، حضور بیش از حد مولکول‌های NO را از عوامل مهم در اختلال عملکرد سلول‌های بیمار و ناسالم، تصور می‌کنند.

^۷ این راهکار، تا ساعت‌ها و حتی روزها، می‌تواند سبب بهبود و عامل عملکرد شایسته‌ی فرایند تنفس سلولی شود. دلیل این امر، به عدم توانایی نیتریک‌اکسید بر ایجاد پیوند سریع با CCO بر می‌گردد.

موقتی و گذرای جریان خون، ثبت و به طور ویژه، ریزجریان‌های^۱ پوستی در اثر اعمال نور کم‌توان، به‌خوبی فعال می‌شوند. رهاسازی نیتریک‌آکسیدها به درون بافت‌ها، همچنین، باعث افزایش تخلیه‌ی لنفاوی^۲ در شرایطی نظیر ورم لنفاوی (ادم لنفاوی)^۳ و کاهش تورم در تروما^۴ می‌شود.



شکل ۸: دو مسیر ادعایی اثرگذاری CCO بر تولید محصول نیتریک‌آکسید در درون سلول، پس از تابش نور.

دومین راهکار، ایده‌ای است که براساس وظیفه‌ی کاهش‌دهندگی (احیاء‌کنندگی) CCO، پیشنهاد شده است. در این راهکار و مسیر ادعایی، CCO، آنزیم کاهش‌دهنده‌ی (احیاء‌کننده‌ی) یون منفی نیتريت^۵ (NO₂⁻)، معرفی و با کاهش یک الکترون از آن، مجبور به

^۱ ریزجریان (Microcirculation)، جریان خونی است که خون را به رگ‌های کوچک‌تر درون بافت منتقل می‌کند. ریزجریان‌ها در سه دسته‌ی پیش‌مویرگی، مویرگی و پس‌مویرگی، طبقه‌بندی می‌شوند.

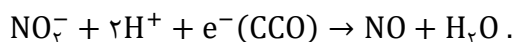
^۲ تخلیه‌ی لنفاوی (Lymphatic Drainage)، به معنای کاهش درد و تسکین تورم‌های دردناک ناشی از دستگاه لنفاوی بدن است. دستگاه لنفاوی، بخشی از دستگاه ایمنی بدن محسوب می‌شود و مایعات موجود در بیرون سلول‌ها را به جریان خون، باز می‌گرداند.

^۳ ورم لنفاوی یا ادم لنفاوی (Lymphedema) یا رسوب مایع لنف، به تجمع غیر طبیعی مایع لنفاوی در بافت‌ها گفته می‌شود که معمولاً در دست‌ها و پاها رخ می‌دهد و باعث تورم‌های آشکار و نمایانی می‌شود. این بیماری، زمانی که دستگاه لنفاوی به‌درستی نتواند مایع لنف را از بافت‌ها تخلیه نماید، پدید می‌آید و ممکن است دستگاه لنفاوی را با خطری جدی مواجه کند. به طور کل، انسداد لنفاوی (Lymphatic Obstruction)، به افزایش میزان پروتئین، چربی یا آب در بافت‌ها می‌انجامد و باعث نگهداشت آب و ایجاد ورم در بافت‌های نرم (Soft Tissues) می‌شود.

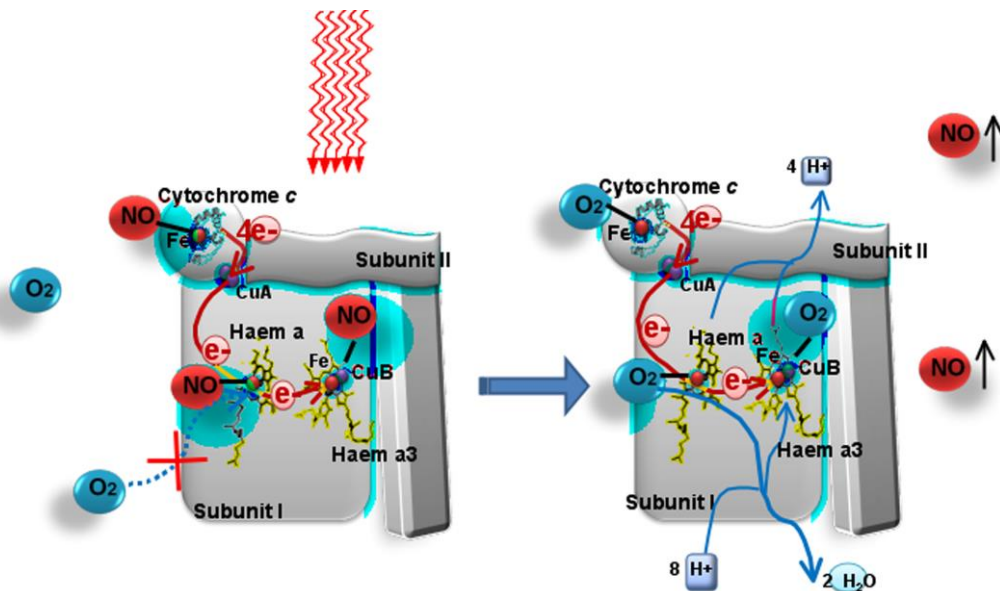
^۴ Trauma

^۵ Nitrite

تولید نیتریک‌اکسید می‌شود. برای مثال، بال^۱ و محققان همراهش در سال ۲۰۱۱ میلادی، نشان دادند که با اعمال نور مرئی با طول موجی در حدود ۵۹۰ نانومتر (نور سرخ‌فام) از یک دیود نورگسیل (LED)، می‌توان فرایند تولید نیتریک‌اکسید در شرایط هیپوکسی (کم-اکسیژنی) را به نمایش گذاشت. این گروه پژوهشی، واکنش شیمیایی درون سلولی توسط نور سرخ دیود نورگسیل که منجر به آزاد شدن آب و نیتریک‌اکسید از CCO می‌شود را مطابق واکنش زیر شرح داده‌اند:



طبق واکنش فوق، درمی‌یابیم که اکسیژن، نقشی کلیدی به‌عنوان پذیرنده الکترونی در زنجیره انتقال الکترونی، بازی می‌کند و در این حالت، ترکیب شیمیایی اکسیژن با هیدروژن، ماده‌ی حیات بخش آب را تولید می‌نماید. بنابراین، از طریق دو شیوه‌ی ذکر شده، تولید ATP در سلول‌ها و به‌ویژه، در میتوکندری آن‌ها، فزونی می‌یابد و گویی، نور درمانی با نور کم‌توان، اسبابی مناسب برای تحریک سودمند سلول‌ها و میتوکندری‌ها است.



شکل ۹: تابش نور به سلول و میتوکندری؛ رها شدن نیتریک‌اکسید از اتصال با مراکز هم - آهن و مس در CCO و اجازه یافتن اکسیژن برای اتصال مجدد به آن‌ها و افزایش تولید مولکول‌های آب و پروتون و نهایتاً، افزایش سطح ATP.

^۱ K. A. Ball

در سلول‌ها و با نقش آفرینی نورهای کم توان لیزری یا دیودی، تولید گونه‌های اکسیژن فعال (از قبیل سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و هیدروکسیل‌ها)^۱، افزایش می‌یابند.^۲ گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌ها، به دلیل سیگنال دهی (پیام رسانی)^۳ و مشارکت در پیام رسانی سلولی، تنظیم چرخه سلولی^۴، فعال سازی آنزیم‌ها^۵، سنتز پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، مورد توجه هستند. اثبات شده است که طول موج‌های فرودی ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (آبی و سبز)، توانایی تحریک فلاوین‌ها و فلاووپروتئین‌ها در فرایند حساس به نور^۶ را دارند و منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌شوند، نورهای زرد تا سرخ، توسط پورفیرین‌ها جذب می‌شوند ولی طول موج‌های سرخ و فروسرخ نزدیک، به طور مستقیم گونه‌های اکسیژن فعال را از طریق میتوکندری درون سلول و CCO تولید می‌نمایند. این پدیده، اهمیت میتوکندری و کروموفورها در تولید گونه‌های اکسیژن فعال و به تبع آن، نور درمانی در طیف‌های الکترومغناطیسی مرئی و فروسرخ را نمایان می‌سازد. در کل، اعمال نور فرودی،

^۱ گونه‌های اکسیژن فعال اولیه (Primary ROS) که توسط میتوکندری ساخته می‌شوند، اغلب آنیون سوپراکسید هستند که از طریق دو شیوه دیسموتاسیون خود به خودی (Spontaneous Dismutation) و با آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، به هیدروژن پراکسید (آب اکسیژنه) تبدیل می‌شوند.

^۲ عوامل مهار تولید گونه‌های اکسیژن فعال، مثل آنتی اکسیدان‌ها، می‌توانند اثرات نور درمانی با نورهای کم توان را خنثی نمایند. در ضمن، دُزهای تابشی ویژه‌ای برای تولید بیش تر گونه‌های اکسیژن فعال کاربرد دارند که پی بردن به آن‌ها مستلزم در نظر گرفتن شدت تابش نور یا همان چگالی توان (Irradiance)، چگالی انرژی یا دُز (یا شار انرژی یا فلوئنس و به زبان انگلیسی Fluence) و زمان تابش (Exposure Time) است.

^۳ سیگنال دهی (سیگنالینگ یا پیام رسانی) در سلول‌ها، با روش‌هایی همچون سیگنال دهی ردوکس (Redox Signaling) و سیگنال دهی رتروگرا (Retrograde Signaling) رخ می‌دهد. در سیگنال دهی ردوکس یا سیگنال دهی بر پایه واکنش‌های اکسایش - کاهش، الکترون بین مولکول‌ها و اتم‌ها مبادله می‌شود (به سبب تغییرات شیمیایی در مولکول‌های حاوی الکترون) و به هماهنگی مولکول‌ها کمک می‌نماید. این شیوه از سیگنال دهی، در تنظیم برخی فرایندهای سلولی از قبیل رشد، تقسیم، تمایز سلولی و پاسخ به تنش و استرس کاربرد اساسی دارند. به طور کل، سیگنال دهی ردوکس، سیستمی ارتباطی بین مولکول‌ها و اندامک‌های درون سلول ایجاد می‌نماید و به تنظیم فعالیت‌های سلول و ارتباطات بین سلولی می‌پردازد. اما، سیگنال دهی رتروگرا، فرایندی است برخلاف دیگر سیگنال دهی‌ها. در این فرایند، سیگنال از منبع هدف به سمت منبع اصلی خود باز می‌گردد! در سلول‌ها معمولاً بین اندامک‌ها و هسته رخ می‌دهد و برای مثال، در سلول‌های گیاهی بین کلروپلاست یا میتوکندری و هسته صورت می‌پذیرد؛ به طوری که، مولکول‌های سیگنال دهنده از کلروپلاست یا میتوکندری به سمت هسته منتقل می‌شوند و بر بیان ژن‌ها در هسته اثر مستقیم می‌گذارند.

⁴ Cell Cycle

⁵ Enzyme Activation

⁶ Photosensitization Process

تولید گونه‌های اکسیژن فعال (رادیکال‌های آزاد یا پروآکسیدان‌ها) را فزونی می‌بخشد. در آزمایش‌های متعدد، نشان داده شده است که نور درمانی در کوتاه‌مدت، نقش پروآکسیدانی (کمک‌آکسند) در سلول را پررنگ می‌کند ولی در بلندمدت، هدف نهایی و مورد نظر که همان بروز ویژگی‌های آنتی‌آکسیدانی (پاد آکسند) است را سرعت می‌بخشد. این نتیجه، مستقیماً به اثر ژن‌های آنتی‌آکسیدان در واکنش به تولید فاکتور هسته‌ای NF- κ B، اشاره و به نقش حیاتی تولید گونه‌های اکسیژن فعال در تابش نور کم‌توان، تأکید دارد. همچنین، گونه‌های اکسیژن فعال، فاکتورهای رونویسی را فعال می‌کنند که این موضوع، منجر به افزایش بیان ژن‌های تحریک‌کننده^۱ و محافظتی^۲ می‌شود. این ژن‌ها، مرتبط با فرایندهای مهمی همچون تکثیر سلولی^۳، مهاجرت سلولی، تولید سیتوکین‌ها و فاکتورهای رشد هستند.

علاوه بر خصوصیات مذکور برای نور درمانی، در مقالاتی متعدد، ادعا شده است که روش نور درمانی با لیزرهای کم‌توان یا به عبارتی دیگر، روش درمانی زیست‌تحریک‌سازی نوری، در درمان اثرات ناشی از ضربه^۴، سکته و حملات قلبی^۵، آسیب‌های نخاعی^۶، تروماتیک مغزی^۷

^۱ Stimulatory Genes

^۲ Protective Genes

^۳ ویلین (P. Wilden) و همکارانش در سال ۱۹۹۸ میلادی، ادعا کرده‌اند که افزایش در تنفس سلولی و تولید ATP، دو پروتئین از نوع کینازهای برون‌سلولی تنظیم‌شده با پیام سلولی (Extracellular Signal-Regulated Kinase) که با نام‌های اختصاری ERK۱ و ERK۲ شناخته می‌شوند را به فعالیت وا می‌دارند. آنزیم‌های فسفاتیدیل‌اینوزیتول ۳-کیناز (Phosphatidyl Inositol 3-Kinase (PI3K)) نیز با فعالیت ATP در میتوکندری، فعالیت‌شان را آغاز می‌کنند.

پروتئین‌های ERK۱ و ERK۲، به خانواده‌ی پروتئین‌های موسوم به کینازهای تنظیم‌شده با پیام سلولی با نام پروتئین کیناز فعال‌شده با میتوژن (Mitogen-Activated Protein Kinase) یا اختصاراً MAPK متعلق هستند و نقش مهمی در انتقال سیگنال‌های سلولی مرتبط با رشد، تقسیم، تکثیر و حیات سلول‌ها، ایفا می‌کنند. این پروتئین‌ها بخشی از مسیر سیگنال‌دهی سلولی محسوب می‌شوند. این دو پروتئین، سیگنال را از طریق غشاء سلول به هسته منتقل می‌کنند و منجر به تغییر در رفتار سلول و فعالیت و بیان ژن‌ها می‌شوند. حتی، در برخی از انواع سرطان، فعالیت بیش از حد ERK۱ و ERK۲، به رشد و تکثیر غیرطبیعی سلول‌ها می‌انجامد. تابش نور مرئی می‌تواند مسیر کینازی مرتبط با این دو پروتئین را فعال نماید.

در ضمن، آنزیم PI3K در انتقال پیام‌های سلولی و فرایندهای مهمی همچون رشد، تکثیر، تمایز، حرکت، حیات و تبادلات درون‌سلولی نقش دارد. در واقع، آنزیم PI3K با فسفریله کردن (فسفریلاسیون (Phosphorylation)) فسفاتیدیل‌اینوزیتول، به عنوان پیام‌رسان سلولی شناخته می‌شود. آنزیم PI3K در مسیر سیگنال‌دهی سلولی قرار می‌گیرد و اختلال در عملکرد آن به بروز بیماری‌هایی همچون سرطان می‌انجامد.

^۴ Stroke

^۵ Heart Attacks

^۶ Spinal Cord Injury

^۷ Traumatic Brain Injury

(ضربه‌ی مغزی) و حتی اختلالات دژنراتیو مغز^۱، از جمله پارکینسون^۲ و آلزایمر^۳، اثرات بدیلی را به نمایش می‌گذارد. پژوهشگران، دلیل کارایی و سودمندی نور درمانی در این دسته از بیماری‌ها و اختلالات را در سرعت بخشی به فرایندهایی مثل عصب‌زایی^۴ و مهاجرت نورون‌ها^۵، نسبت داده‌اند.

از موارد استفاده‌ی نور درمانی با نور کم توان، لیزر درمانی درون‌وریدی^۶ (داخل عروقی) است. در این مدل از درمان، با کار گذاشتن فیبر نوری^۷ (رشته‌ی نوری) درون دست و ساعد، رگی در این ناحیه را آمایج نور درمانی مؤثر قرار می‌دهند. این شیوه که بیش تر در آسیا و به ویژه، در فدراسیون روسیه مورد توجه قرار گرفته است، با اثرگذاری بر خون و جریان خون (اثرات همودینامیک^۸)، به حفظ سلامتی کمک می‌نماید. محققان ادعا می‌کنند که با تابش

^۱ اختلالات دژنراتیو مغز (Degenerative Brain Disorders) یا تحلیل برنده‌ی مغز، به گروهی از بیماری‌های مغز و اعصاب اطلاق می‌شود که باعث تخریب سلول‌های مغز می‌شوند. این دسته بیماری‌ها، سبب اختلال در عملکرد مغز شده و علائمی از قبیل از دست رفتن حافظه، مشکلات تفکر و تمرکز، تغییر رفتار و حتی تغییر حرکت را بروز می‌دهند.

^۲ پارکینسون (Parkinson)، بیماری عصبی مزمن و پیش‌رونده‌ای است که با از بین رفتن تدریجی سلول‌های تولیدکننده‌ی دوپامین (Dopamine)، در مغز ایجاد می‌شود. دوپامین، ماده‌ای شیمیایی و پیام‌رسانی در مغز است که وظیفه‌ی هماهنگی حرکات را بر عهده دارد. دوپامین، سلول‌های عصبی را به هم متصل و پیام‌ها را بین آن‌ها، منتقل می‌نماید و در تقویت رفتارهای لذت بخش و حفظ بقاء، نقشی اساسی دارد. کاهش میزان دوپامین، باعث بروز علائمی مانند لرزش اندام‌ها، سفتی عضلات، کندی حرکات و مشکلات در تعادل و راه رفتن، می‌شود. پارکینسون و کاهش میزان دوپامین در مغز، علاوه بر مشکلات حرکتی، باعث مشکلات غیر حرکتی مانند افسردگی، اختلالات خواب، کاهش حس بویایی، خستگی، بی‌وست و مشکلات شناختی نیز می‌شود.

^۳ آلزایمر (Alzheimer)، بیماری پیش‌رونده‌ی مغزی است که بر حافظه، تفکر و رفتار فرد، تأثیر می‌گذارد. این بیماری، شایع‌ترین نوع زوال عقل (Dementia) است و معمولاً با از دست رفتن حافظه، به‌ویژه حافظه‌ی کوتاه مدت در افراد مسن، همراه است. با پیشرفت بیماری، علائمی همچون مشکلات زبانی، گیجی، تغییرات رفتاری و کاهش توانایی انجام کارهای روزمره، ظاهر می‌شود. علت دقیق بروز آن به درستی مشخص نیست ولی تجمع غیر عادی پروتئین‌هایی به نام آمیلوئید بتا و تاو (Amyloid Beta & Tau) در مغز، باعث آسیب و مرگ سلول‌های عصبی، می‌شود.

^۴ عصب‌زایی (Neurogenesis)، فرایندی است که سلول‌های دستگاه عصبی (نورون‌ها)، توسط سلول‌های بنیادی عصبی، تولید می‌شوند.

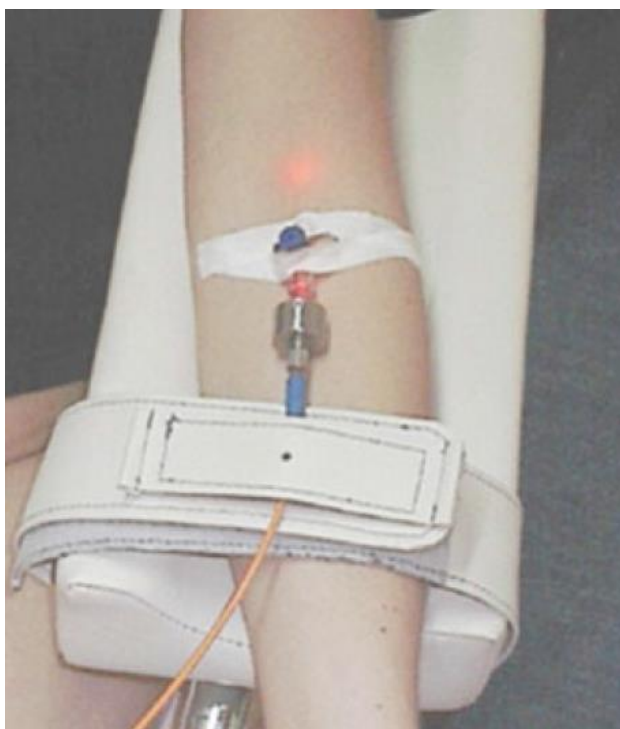
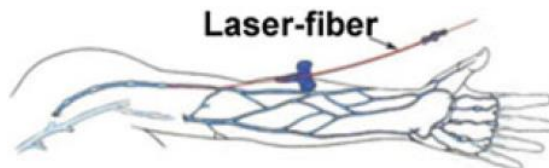
^۵ Migration of Neurons

^۶ Intravascular Laser Therapy

^۷ Fiber Optic

^۸ همودینامیک (Hemodynamics)، به علم مطالعه‌ی جریان خون و نیروهایی اشاره دارد که بر آن تأثیر می‌گذارند. به عبارتی، علم مطالعه‌ی حرکت‌شناسی خون و قوانین فیزیکی حاکم بر سیستم گردش خون بدن است. بررسی عواملی همچون فشار خون، حجم خون، ویسکوزیته‌ی خون (گران‌روی خون)، مقاومت رگ‌ها و عروق، انتقال مواد مغذی و

نور مرئی بر رگ‌های خونی، میزان چربی خون همچون گُلسترول^۱، تنظیم و بهنجار می‌شود. همچنین، تصور بر این است که با چنین عملی، تجمع پلاکت‌ها^۲، کاسته می‌شود و در نتیجه، از لخته‌گی خون^۳ در بدن جلوگیری می‌کند. ضمناً، ادعا شده است که دستگاه ایمنی بدن نیز فعال‌تر از پیش، به کار خود می‌پردازد.



شکل ۱۰: لیزر درمانی درون‌وریدی.

اکسیژن از طریق خون به سلول‌های بدن و دفع مواد زائد، از وظایف محققان در این حوزه است تا نحوه‌ی انتقال خون در رگ‌ها و سلامت بافت‌ها را به درستی تحلیل و پیش‌بینی کنند.

^۱ Cholesterol

^۲ پلاکت‌ها (Platelets)، کوچک‌ترین سلول خونی هستند که در انعقاد خون نقش دارند و از ادامه‌ی خونریزی در جراحات‌ها، جلوگیری می‌کنند. اگر تعداد پلاکت‌ها افزایش یابد، خطراتی همچون لخته‌شدن را در پی خواهند داشت.

^۳ Clot Formation

نور درمانی با نور کم توان، به اثرات مثبتی نظیر انبساط و گشادشدن عروق و رگ‌ها^۱ و بازتنظیم و افزایش ریز جریان‌ها، می‌انجامد. اثرات مستقیم نور، با زیاد شدن غلظت و تعداد نیتریک‌آکسیدهای تولید شده در سلول‌ها (افزایش تولیدگری اسید آمینه‌ی ال- آرژنین^۲) و حتی ذخایر بیرون از سلول‌ها (مانند اشکال نیتروزیلاسیون‌شده^۳ هموگلوبین^۴ و میوگلوبین^۵) همراه است. برای مثال، پرتوهای کم توان، با اثرگذاری بر عضلات صاف^۶ مرتبط با لایه‌ی درون‌رگی (اندوتلیوم)^۷، به درمان التهاب مفاصل^۸، کمک می‌کنند. گشادسازی و انبساط عروق، به اکسیژن‌رسانی بهینه‌تر به سلول‌ها و رساندن سلول‌های دستگاه ایمنی به بافت‌های آسیب‌دیده، سرعت می‌بخشد که این دو عامل (اکسیژن‌رسانی کافی و تجمع

^۱ Vasodilation

^۲ بیست اسید آمینه (Amino Acid)، وظیفه‌ی ساخت پروتئین‌ها را دارند و از بین آن‌ها، ال- آرژنین (L-Arginine)، تنها اسید آمینه‌ای است که مقدار قابل توجهی نیتریک‌آکسید تولید می‌کند. در این فرایند، آنزیم سنتاز نیتریک‌آکسید (NO Synthase) با نام اختصاری NOS، تولید نیتریک‌آکسید از ال- آرژنین را برعهده می‌گیرد. این آنزیم در سه دسته‌ی عصبی (NOS۱)، القایی (NOS۲ یا iNOS) و اندوتلیالی (NOS۳ یا eNOS)، یافت می‌شود. برای مثال، بخش عظیمی از دسته‌ی القایی این آنزیم (iNOS) در گلبول‌های سفید خون (WBC) تولید می‌شوند و با گشاد شدن رگ‌ها و با همکاری متقابل با دسته‌ی اندوتلیالی (eNOS)، گلبول‌های سفید بیشتری (با افزایش تولید نیتریک‌آکسیدها) به محل انباشت عفونت و باکتری، حمله‌ور می‌شوند. در بیماران دیابتی، فعالیت سنتاز اندوتلیالی نیتریک‌آکسید (eNOS)، اغلب پایین‌تر از سطح پهنجار و نرمال است که این کاهش فعالیت، به کم شدن تولید نیتریک‌آکسید (کم‌تر از نرمال) می‌انجامد.

^۳ اشکال نیتروزیلاسیون‌شده (Nitrosylated Forms) به شکل‌های مختلف فرایند نیتروزیلاسیون (Nitrosylation) اشاره دارد. در این فرایند، ترکیبات آلی (Organic) و یا فلزی، به مشتقات نیتروسو (Nitroso)، که حاوی گروه عاملی R-NO است، تبدیل می‌شوند (مثل آهن نیتروزیل Fe-NO).

^۴ هموگلوبین، پروتئینی است که توسط مغز استخوان (Bone Marrow) تولید، منتشر و در گلبول‌های قرمز خون، ذخیره می‌شود. گلبول‌های قرمز با داشتن ابزاری به نام هموگلوبین، توانایی اکسیژن‌رسانی مؤثر از ریه‌ها به بدن و برگرداندن دی‌آکسید کربن به ریه‌ها را دارند. همچنین، زیست‌شناسان استدلال می‌کنند که دلیل سرخ‌فامی خون، حضور هموگلوبین در گلبول‌های قرمز است.

^۵ میوگلوبین (Myoglobin)، نوعی هموگلوبین است که در فیبرهای (رشته‌های) عضلانی و ماهیچه‌ای، یافت می‌شود و توانایی اتصال به یک مولکول اکسیژن را دارد. این پروتئین حیاتی، ذخیره‌سازی اکسیژن در ماهیچه‌ها و عضلات بدن را بر عهده دارد.

^۶ عضله‌ی صاف (Smooth Muscle)، نوعی عضله‌ی غیر ارادی است که در دیواره‌های اعضای داخلی بدن وجود دارد و به حرکت ارگان‌ها کمک می‌کند.

^۷ لایه‌ی درون‌رگی یا اندوتلیوم (Endothelium)، لایه‌ی نازکی از سلول‌ها است که درون رگ‌های خونی و لنفاوی را می‌پوشاند. لایه‌ی درون‌رگی، موظف است تا خون یا لنف را از سطح زیرین خود و مجرای درون رگ، جدا کند.

^۸ Joints Inflammation

مناسب و به‌اندازه‌ی سلول‌های ایمنی)، به بهبود و درمان برخی امراض، کمک بی‌نظیری می‌کنند.

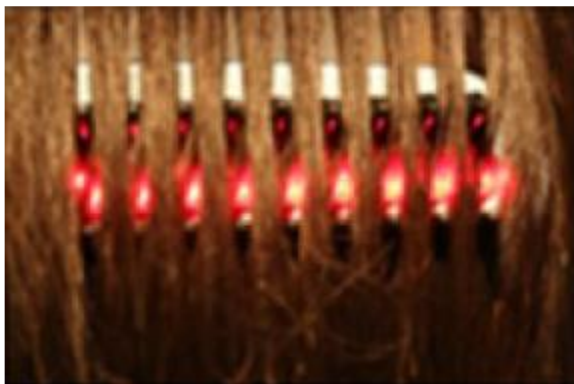
از دیگر موارد در نور درمانی، استفاده از نور کم‌توان در درمان بر پایه‌ی طب سوزنی^۱ است. در این حالت، با تحریک نقاط موسوم به نقاط طب سوزنی، می‌توان طب سوزنی بدون سوزن را تجربه نمود. اشاره به این نکته الزامی است که بایستی توان انتخاب‌شده نه زیاد باشد و نه کم، چون نشان داده شده است که افزایش توان نور فرودی، اثرات عکس و وارونی در طب سوزنی نوری بر جای خواهد گذاشت (همان پاسخ دُرِ دو حالت یا درآنگیختن).



شکل ۱۱: طب سوزنی نوری.

^۱ Acupuncture

با شیوه‌های نوری و بهره‌مندی از شانه و کلاه لیزری گسیل‌کننده‌ی نور مرئی نیز می‌توان به رشد موها کمک نمود.



شکل ۱۲: شانه‌ی لیزری با نور مرئی (تصویر بالا) و کلاه لیزری (تصویر پایین)، مناسب برای رشد مو.

لازم به توضیح است که نور درمانی با نور کم‌توان، تکثیر، بلوغ^۱ و تحرک^۲ فیبروبلاست‌ها را نیز توسعه می‌دهد و این امر سبب افزایش فاکتور رشد فیبروبلاستی پایه‌ای^۳، می‌شود. در

^۱ Maturation

^۲ Motility

^۳ فاکتور رشد فیبروبلاستی پایه‌ای (Basic Fibroblast Growth Factor) یا به اختصار bFGF، فاکتور رشد و پروتئین پیام‌رسان سلولی است که در انسان، توسط ژن FGF۲ کدگذاری می‌شود. این فاکتور، در رشد سلول و جنین، ترمیم بافت، بهبود زخم، رگ‌زایی (Angiogenesis)، حفاظت از سلول‌های قلب پس از سکته‌ی قلبی و ...، نقش‌های مهمی را ایفا می‌کند.

این حین، لنفوسیت‌ها^۱، فعال و فوراً تکثیر و در نتیجه، سلول‌های اپیتلیال، متحرک‌تر شده و اجازه می‌یابند تا محل‌های زخم را ترمیم و به تندی ببندند. در همین اثناء، توانایی ماکروفاژها (درشت‌خوارها)^۲ در نقش فاگوسیتی (بیگانه‌خواری)^۳، تقویت می‌شود. برای مثال، در التیام و ترمیم زخم‌ها، نور درمانی فوق در هر سه مرحله‌ی متوالی بهبود زخم‌ها مشارکت جدی دارد، به طوری که در فاز نخست (التهاب)، عامل تسهیل مهاجرت سلول‌های ایمنی به سمت زخم، شده و در فاز دوم (تکثیر)، تولید و تکثیر فیبروبلاست‌ها و ماکروفاژها را سرعت می‌بخشد و نهایتاً، در فاز نهایی، کلاژن‌ها در محل زخم قرار می‌گیرند و بازسازی بافت‌های جدید پوستی^۴، صورت می‌پذیرد. محققان بر این باورند که نور درمانی با شیوه‌ی مذکور، منجر به آزادسازی بیش‌تر سیتوکین‌ها، کموکین‌ها و عوامل زیستی کاهش‌دهنده‌ی مدت زمان بسته‌شدن زخم‌ها می‌شود. محققان بر این اعتقاد پافشاری می‌کنند که نور فرودی با طول موج مناسب، ازدیاد تولید و فعالیت فیبروبلاست‌ها و ماکروفاژها را رقم می‌زند و به تبع آن، تحرک‌پذیری لکوسیت‌ها^۵ (گلبول‌های سفید) را بهبود می‌بخشد و سرانجام، فرایند

^۱ لنفوسیت‌ها (Lymphocytes)، از انواع گلبول‌های سفید هستند که با تشخیص و مقابله‌ی با عوامل خارجی و بیماری‌زا همانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها، از بدن در برابر عفونت‌ها و بیماری‌ها، حفاظت می‌کنند.

^۲ ماکروفاژها (Macrophages) یا همان درشت‌خوارها، نوعی سلول در دستگاه ایمنی بدن هستند که باقی‌مانده‌ی سلول‌ها، مواد بیگانه، میکروب‌ها، سلول‌های سرطانی و هر چیزی را که پروتئین‌های ویژه‌ی سلول‌های سالم بدن را روی سطح‌شان نداشته باشند، با فرایندی موسوم به بیگانه‌خواری می‌بلعند و به پاک‌سازی محیط بافت‌ها، کمک می‌نمایند.

^۳ فاگوسیت‌ها (Phagocytes)، یا بیگانه‌خوارها، سلول‌هایی هستند که بخشی از دستگاه ایمنی بدن را تشکیل می‌دهند. این سلول‌ها، بیگانه‌خوارند که به معنای توانایی آن‌ها در بلعیدن، هضم و نابودی پاتوژن‌ها (Pathogens) یا سایر سلول‌ها و مولکول‌های بیگانه و اجزاء سلولی فرسوده است.

^۴ از مضرات قرارگیری بیش از حد در مقابل نور خورشید و امواج فرابنفش، ابتلاء به پیری زودرس ناشی از تابش نور (Photoaging) و افزایش احتمال ابتلاء به سرطان پوست ناشی از تابش نور (Photocarcinogenesis) است. در هر دو بیماری، آسیب‌های جدی به بافت و لایه‌های پوستی و رشد و تکثیر بی‌ضابطه، مشکل‌ساز می‌شوند (که با عنوان آسیب‌های امواج فرابنفش بر پوست انسان (UV Damages to Human Skin) نیز شناخته می‌شوند). جالب اینجاست که امواج فروسرخ تابیده شده از خورشید، توانایی بهبود همین بیماری‌ها را دارند. از این‌رو، این موضوع به چالشی تبدیل شده است که آیا نور خورشید پدیدآورنده‌ی چنین بیماری‌هایی است یا درمان‌کننده؟ این چالش همانند دو روی یک سکه رخ‌نمایی می‌کند! در اصل، پرسش محققان این است که پیری زودرس یا جوان‌سازی حاصل از تابش مستقیم نور؟ (Photoaging or Photorejuvenation?)

^۵ Leukocytes (White Blood Cells (WBC))

کلاژن سازی را ارتقاء می دهد.^۱ این نتایج می توانند نقشه ی راهی در درمان زخم های حاد از قبیل زخم های دیابتی باشند. با این حساب، می توان نتیجه گرفت که سلول های ایمنی^۲، حساسیت بالایی نسبت به تابش نور مرئی در این نوع درمان دارند. سلول های ماست^۳ یا همان ماستوسیت ها^۴، نقشی اساسی در حرکت لکوسیت ها (یا همان گلبول های سفید) و به تبع آن، ایجاد التهاب دارند. نور مرئی یا فروسرخ نزدیک، با طول موج مناسب، قادر به تحریک ماستوسیت ها هستند و این عمل، منجر به رهاسازی سیتوکین $TNF-\alpha$ ^۵ از سلول ها می شود. در نهایت، این فرایند، به بالارفتن ضریب نفوذ گلبول های سفید به درون بافت های آسیب دیده، کمک می نماید.

در ادامه ی تحلیل نور درمانی و اثرات مستقیم آن بر سلول ها و بافت ها، شناخت آپتیک بافت^۶ (نورشناسی بافت) و ویژگی های اپتیکی و نوری بافت (مانند پوست، بافت های چربی^۷ و غشاء های مخاطی^۸)، از جمله مهم ترین عوامل در فهم بهتر واکنش بافت ها و سلول ها، خواهد بود. برهم کنش، جذب و پراکندگی نور (امواج الکترومغناطیسی) در بافت، به طول موج نور فرودی وابسته است؛ طوری که ناحیه ی آبی طیف، جذب و پراکندگی بالاتری نسبت به نور

^۱ از سیتوکین های کلاژن ساز که به نور درمانی نیز (در زمینه هایی همچون جوان سازی (Rejuvenation))، پاسخ مثبت می دهند، فاکتور رشد تغییر دهنده ی بتا ($TGF-\beta$) یا به اختصار $TGF-\beta$ است که در چهار ایزو فرم (Isoform) یافت می شود.

^۲ Immune Cells

^۳ سلول ماست یا ماست سل (Mast Cell)، سلولی مهاجر از بافت پیوندی یا همبند است که شامل گرانول های (ریزدانه های) سرشار از هپارین (Heparin) و هیستامین (Histamine) است ولی مولکول های دیگری همچون فاکتورهای کیموتاکتیک (Chemotactic Factors)، سیتوکین و فسفولیپید (Phospholipid) را نیز آزاد می کند. ریزدانه های سلول ماست، شبیه به بازوفیل (Basophil) هستند ولی در ابعاد بسیار کوچک تر از بازوفیل، جلوه گیری می کنند. عملکرد اصلی سلول ماست، در آلرژی و حساسیت است اما در نقش های محافظتی نظیر ارتباط با التیام و بهبود زخم ها، تحمل ایمنی، دفاع در برابر بیماری ها، رگ زایی و ... نیز عهده دار وظایف حیاتی خود است.

^۴ Mastocytes

^۵ فاکتور نکروز توموری آلفا ($Tumor\ Necrosis\ Factor-\alpha$) یا به اختصار $TNF-\alpha$ ، سیتوکین یا پروتئینی سیگنال دهنده به سلول هاست. نقش اساسی این فاکتور در تنظیم سلول های ایمنی بدن است، به طوری که، از مهم ترین واسطه های ایجاد التهاب و از سیتوکین های درگیر در ایجاد واکنش حاد در بدن به شمار می آید. همچنین، این فاکتور در مهار پیشرفت تومورها و ایجاد تب در بدن، دخالت مستقیم دارد.

^۶ Tissue Optics

^۷ Adipose Tissue

^۸ غشاء های مخاطی (Mucous Membranes)، لایه هایی سلولی اند که بخش هایی از بدن را که نباید خشک شوند، حفاظت می کنند. این پرده ها، دهان، بینی، داخل پلک ها، مجاری تناسلی، گوارشی و تنفسی را می پوشانند.

سرخ را به نمایش می‌گذارد، به گونه‌ای که کروموفورهای اصلی بافت (هموگلوبین‌ها)، در طول موج‌های زیر ۶۰۰ نانومتر، جذب‌کننده‌ی مناسب‌تر امواج الکترومغناطیس، خواهند بود. در ضمن، به اثبات رسیده است که آب در طول موج‌های بلندتر از ۱۱۵۰ نانومتر (محدوده‌ی فروسرخ نزدیک)^۱، وظیفه‌ی جذب امواج فرودی را خواهد داشت.^۲ به محدوده‌های طول موجی با جذب حداکثری امواج الکترومغناطیس مرئی و فروسرخ، پنجره‌ی نوری^۳ گفته می‌شود که در این بخش از طیف، نفوذ حداکثری از امواج الکترومغناطیس به درون بافت، فراهم می‌شود. مثلاً، بافت پوست، در معرض طیف فروسرخ نزدیک، شفافیتی قابل‌ملاحظه‌تر نسبت به نور مرئی را به نمایش می‌گذارد.

در پژوهشی که گروسمن^۴ و همکارانش در ۱۹۹۸ میلادی منتشر نموده‌اند، دیوده‌های با طول موج ۷۸۰ نانومتر (فروسرخ نزدیک)، تکثیر سلول‌های کراتینوسیت (که سلول اصلی لایه‌ی خارجی اپیدرم (روپوست) است) را سرعت می‌بخشند.^۵ آن‌ها، دُز انرژی بر واحد سطح بین ۰/۴۵ تا ۰/۹۵ ژول بر سانتی‌متر مربع، به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت تابش را برای افزایش

^۱ یکی از جذاب‌ترین ایده‌ها در مورد امواج فروسرخ اعمالی و آب درون‌سلولی، ایده‌ی تغییر ظرفیت غشاء سلولی توسط برهم‌کنش مستقیم آب و امواج فروسرخ است. این مدل که پرورده‌ی ذهن و تجربه‌ی میخائیل شاپیرو (Mikhail G. Shapiro) و همکارانش است، توصیف می‌کند که با اثرگذاری مستقیم امواج فروسرخ بر سلول، امواج و انرژی، توسط آب درون‌سلولی، جذب شده و افزایش دمای سریع در محیط رخ می‌دهد و در نتیجه، سلول، برانگیخته می‌شود. آن‌ها در گزارشی سال ۲۰۱۲ میلادی خود بیان داشته‌اند که گرمای حاصل، باعث تغییر در پتانسیل و ظرفیت الکتریکی غشاء پلاسمایی سلول هدف شده و سرانجام، واقطبی سلولی رخ می‌دهد (تمرکز این گروه بر سلول‌های تخمک نابالغ (Oocyte) بوده است).

^۲ جینگ یائو (Jing Yao) و همکارانش در سال ۲۰۰۹ میلادی، طول موج مؤثر ۱۴۶۰ نانومتر را در جذب موفق توسط آب درون‌سلولی، معرفی می‌نمایند.

^۳ Optical Window

^۴ N. Grossman

^۵ برخلاف امواج فروسرخ ادعایی، امواج مخرب فرابنفش نوع B (UVB) با طول موج بین ۲۹۰ تا ۳۲۰ نانومتر (در بیش‌ترین حالت، در مناطق استوایی و فصل تابستان، تنها ۰/۱ درصد از آن‌ها به سطح زمین برخورد می‌کنند)، سبب مرگ و آپوپتوز سلول‌های کراتینوسیت شده و تکثیر و رشد مناسب آن‌ها را به خطر می‌اندازد (مثل آفتاب‌سوختگی). لازم به توضیح است که دو دسته‌ی دیگر امواج فرابنفش، نوع A (UVA) و نوع C (UVC) آن هستند. UVA با طول موج مابین ۳۲۱ تا ۴۰۰ نانومتر، توسط جو (اتم‌سفر) زمین جذب شده و در حدود ۵ درصد از آن به سطح زمین می‌رسند (این دسته امواج با رخنه در درم و اپیدرم پوست، توانایی تولید بیش از اندازه‌ی رادیکال‌های آزاد را دارند و عامل آسیب به دی‌ان‌ای، آران‌ای و پروتئین‌های درون‌سلولی پوست هستند!) ولی UVC با انرژی بسیار بالاتر (با طول موج بین ۲۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر)، خوشبختانه توسط جو زمین و لایه‌ی اوزون، به طور کامل جذب و به سطح زمین نمی‌رسند.

میزان تکثیر، پیشنهاد می دهند. همچنین، با ورود آنتی اکسیدان ها و موانع و مهارکننده های رشد رادیکال ها به محیط سلولی، توقف در تکثیر را گزارش کرده اند.

سئونگیون سلین لی^۱ و پژوهشگران گروهی همراه با وی در سال ۲۰۱۱ میلادی، با انجام پژوهشی جامع به وسیله ی پرتوهای فروسرخ نزدیک با طول موج ۱۰۷۲ نانومتر، مشخصه ی توانی (چگالی یا شدت تابش یا چگالی توان) ۲۰ میلی وات بر سانتی متر مربع، دُز ۱۲ ژول بر سانتی متر مربع و نیز مدت زمان تابش ۱۰ دقیقه ای، عملکرد ایمنی بدن در برابر عفونت باکتریایی^۲ /استافیلوکوک /اورئوس مقاوم به متی سیلین (MRSA)^۳ را ارتقاء داده اند. آن ها، موفقیت این روش را به افزایش سطوح آران ای پیام رسان (mRNA)^۴ سیتوکین ها، همچون افزایش در بیان سیتوکین های پروتئینی اینترلوکین ۱ بتا (IL-1β)^۵ ۱۲ ساعت پس از پرتودهی، TNF-α پس از ۴ ساعت، سطح آران ای پیام رسان پروتئینی اینترلوکین ۶ (IL-6)^۶ پس از ۱ تا ۱۲ ساعت، نسبت می دهند. افزایش در بیان فاکتور رشد اندوتلیال

¹ Seung Yoon Celine Lee

² Bacterial Infection

^۳ باکتری استافیلوکوک اورئوس مقاوم به متی سیلین (Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus*) با نام اختصاری MRSA، نوعی خاص از باکتری های استافیلوکوک اورئوس است که در برابر آنتی بیوتیک های متی سیلین، مقاومت کرده و عفونت های ناشی از آن با آنتی بیوتیک های معمولی درمان نمی شود. این عفونت، از رایج ترین عفونت های بیمارستانی محسوب می شود و در صورت بی احتیاطی، خطر مرگ را افزایش می دهد.

^۴ آران ای پیام رسان (messenger RNA) با نام اختصاری mRNA، مولکولی تک رشته ای از RNA است که توالی ژنتیکی یک ژن را نسخه برداری (رونویسی) و آن را برای ساخت پروتئین، منتقل می کند. برای ساخت پروتئین ها، دی-ان ای سلول ابتدا با ساخت آنزیم آران ای پلی مراز (RNA Polymerase)، اقدام به جداسازی زنجیره ی دو رشته ای می کند و در ادامه، نسخه ای از دستورات ژنتیکی آران ای پلی مراز (که به عنوان ماشین رونویسی الگوی دی ان ای و سازنده ی مولکول های آران ای شناخته می شود) را به صورت آران ای پیام رسان تک رشته ای می سازد. مولکول mRNA، سپس از هسته ی سلول، خارج و به محیط سیتوپلاسم وارد می شود. در سیتوپلاسم، وارد اندامک هایی (آرگانل هایی) به نام ریبوزوم، شده و در این حین، ریبوزوم ها رمزهای ژنتیکی mRNA را خوانده و با ابزارهای سلولی در اختیار خود، رشته ای از اسیدهای آمینه را به هم متصل و در نهایت، مولکولی پروتئینی را می سازد.

⁵ Interleukin 1β (IL-1β)

^۶ اینترلوکین ۶ (Interleukin 6) با نام اختصاری IL-6، از سیتوکین های پروتئینی در بدن است که در سلول ها (مانند ماکروفاژها) ترشح می شود و در دستگاه ایمنی بدن نقش هایی اساسی ایفا می کند. در بیماری های عفونی، غلظت آن افزایش می یابد و حتی نشان داده شده است که در بیماران مبتلاء به عفونت ویروسی کووید ۱۹ (COVID-۱۹)، غلظت اینترلوکین ۶، به وضوح افزایش می یابد. به طور کل، افزایش در سطح اینترلوکین ۶، نمایش گر وجود برخی بیماری های عفونی و باکتریایی در بدن، برای مقابله و مبارزه است.

عروقی (VEGF)^۱ پس از ۴ تا ۸ ساعت، فاکتور رشد فیبروبلاستی پایه‌ای (bFGF) پس از ۵ روز، فاکتور هسته‌ای NF-κB پس از ۱۲ ساعت، آر‌ان‌ای^۲ پیام‌رسان ژن TLR۲^۲ پس از ۱۲ ساعت، سطح آر‌ان‌ای پیام‌رسان پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیتیک^۳ MCP-۱ پس از ۱۲ ساعت و افزایش در سنتز القایی نیتریک‌اکسید (iNOS) پس از ۱۲ ساعت، پس از تحریک‌سازی الکترومغناطیسی را نشان می‌دهند.

در مجموع، محققان این گروه، تغییرات پس از پرتودهی فروسرخ نزدیک را به دو دسته، تقسیم می‌نمایند: دسته‌ی نخست: افزایش در سطح سیتوکین‌های اولیه (مثل IL-۱β، TNF-α و IL-۶) جهت مقابله با عفونت (که به عنوان نخستین پاسخ‌دهنده‌ها پس از تشخیص عفونت توسط سلول‌های دستگاه ایمنی از جمله سلول‌های لانگرهانس^۴ عمل می‌کنند و سبب فعال‌نمودن دیگر سلول‌های ایمنی بدن برای آغاز اقدامات آنتی‌باکتریایی (ضد باکتریایی) از قبیل تولید آنتی‌بادی‌ها (پادتن‌ها)^۵، فاگوسیتوز (بیگانه‌خواری) پاتوژن‌ها (یا همان عوامل بیماری‌زا) و تولید و ترشح سیتوکین‌های ثانویه^۶ و فاکتورهای رشد، می‌شوند.) و

^۱ فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (Vascular Endothelial Growth Factor) یا اختصاراً VEGF، پروتئینی سیگنال-دهنده است که در تشکیل عروق خونی جدید، مشارکت دارد. این پروتئین، به سلول‌های دیواره‌ی عروق خونی (اندوتلیال) جهت تکثیر، مهاجرت موفق و ایجاد ساختار رگ‌های خونی جدید، کمک می‌رساند. به طور کل، حضور VEGF در رشد جنین، بهبود و ترمیم زخم‌ها و همچنین، اقدامات آنتی‌باکتریایی (با رساندن هر چه بهتر اکسیژن، مواد غذایی و سلول‌های ایمنی به نقاط مورد نیاز در بدن)، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است ولی در رشد تومورها و افزایش احتمال بیماری‌های عروقی، نقش غیر سازنده‌ای ایفا می‌کند.

^۲ TLR2 Gene

^۳ پروتئین جاذب شیمیایی مونوسیتیک^۱ (Monocyte Chemoattractant Protein-1) یا به اختصار MCP-۱، نوعی کیموکلین است که در دستگاه ایمنی و ایجاد التهاب، نقش دارد. این پروتئین، سیگنالی شیمیایی است که سلول‌های ایمنی با نام مونوسیت‌ها (Monocytes) را به محل التهاب، جذب می‌کند و باعث مهاجرت و نفوذ آن‌ها به بافت‌های التهابی می‌شود. برای مثال، در سالیان اخیر، سطوح بالای این پروتئین در بیماران مبتلا به عفونت ویروسی کووید^{۱۹}، گزارش شده است که میزان بالای MCP-۱، بیان‌گر شدت بیماری خواهد بود.

^۴ سلول‌های لانگرهانس (Langerhans Cells)، نوعی سلول ایمنی هستند که در پوست، دهان، ریه و روده وجود دارند. این سلول‌ها، وظیفه‌ی جمع‌آوری و ارائه‌ی آنتی‌ژن‌ها به دیگر سلول‌های ایمنی را دارند تا دستگاه ایمنی بدن بتواند به خوبی به وظایف خود عمل نماید.

^۵ پادتن یا آنتی‌بادی (Antibody)، نوعی پروتئین در دستگاه ایمنی بدن است که جهت مقابله با آنتی‌ژن‌ی خاص، تولید می‌شود و در خون به گردش در می‌آید و یا در موضع خود باقی می‌ماند تا نهایتاً، به آنتی‌ژن مورد نظر، حمله کرده و خطر آن را دفع کند.

^۶ Secondary Cytokines

دسته‌ی دوم: افزایش معنادار VEGF. در نتیجه، با اعمال پرتوهای فروسرخ نزدیک ۱۰۷۲ نانومتر و با توسعه‌ی موارد ذکر شده، احتمال مقابله‌ی مؤثر با عوامل بیماری‌زا مانند باکتری‌های مضر، به مراتب بالا می‌رود و این پژوهشگران، نوردرمانی با طول موج ۱۰۷۲ نانومتر را برای بهبود و سلامت بیماران و به‌ویژه، بیماران مبتلاء به عفونت باکتریایی / استافیلوکوک / اورئوس مقاوم به متی‌سیلین، پیشنهاد می‌دهند.



شکل ۱۳: روند مناسب بهبود زخم حاصل از عفونت باکتریایی / استافیلوکوک / اورئوس مقاوم به متی‌سیلین پس از پنج روز از نور درمانی ۱۰۷۲ نانومتری (تصویر راست) نسبت به گروه شاهد یا کنترل (تصویر چپ).

جورج هارگیت^۱ در سال ۲۰۰۶ میلادی، با بهره‌گیری از دیودهای نورگسیل (LED)، نشان داد که التیام و بهبود تب‌خال لب^۲ در افراد تحت درمان نور درمانی (با امواج فروسرخ نزدیک با طول موج ۱۰۷۲ نانومتر)، سه روز زودتر از داوطلبان تحت درمان با دارونماها (به طور میانگین، ۶/۳ روز در مقابل ۹/۴ روز) صورت می‌پذیرد. او با استناد به پژوهش‌های پیشین، ادعا می‌کند که میزان نیتریک‌اکسید در نمونه‌های خارج از بدن (*in vitro*) تحت

¹ George Hargate

² Cold Sores

پژوهش خود، افزایشی چشمگیر، داشته و سرانجام، به دستگاه ایمنی بدن، کمک قابل توجهی می‌کند. حتی وی با توجه به فعالیت پژوهشی بردفورد^۱ و همکارانش که در سال ۲۰۰۵ میلادی منتشر شده است، استدلال می‌کند که طول موج فرودی ۱۰۷۲ نانومتر، هم توانایی به حرکت درآوردن و جنبش بیش‌تر لنفوسیت‌ها را دارد و هم قادر به نابودی یا بی‌اثر نمودن اثرات مضر تابش امواج فرابنفش بر پوست است. باید دقت شود که اثرات حرارتی (به طور مستقیم) در نمونه‌های مرتبط با پوست، به پوست آسیب‌های جدی می‌رساند. در موارد متعدد، اثبات شده است که سلول‌های پوست در دمای بالای ۳۹ درجه‌ی سلسیوس، گونه‌های اکسیژن فعال پُر شماری را تولید می‌کنند و این ازدیاد در تعداد رادیکال‌های آزاد، پتانسیل بیماری‌زایی در پوست را بالا می‌برد.^۲

در راستای نگرش به نور درمانی از جهات مختلف و نقش آن در زندگی روزمره و درمان بیماری‌ها، دانشمندان، از منابع طبیعی (مانند نور خورشید) جهت بهره‌بردن از طیف فروسرخ نزدیک، یاد می‌کنند. با اتکاء به نتایج تحقیقات در زمینه‌ی ورود پرتوهای فرابنفش و فروسرخ نوع A (در روزی بدون ابر)^۳، نموداری ساده، ترسیم شده و پیشنهاد می‌شود تا فعالیت‌های مرتبط با خارج منزل، در هنگامه‌ی آغازین دقایق صبح^۴ و یا در دمدمه‌های غروب، صورت پذیرد. مطابق با شکل ۱۴، به دلیل کاهش در نسبت شدت پرتوهای فرابنفش به فروسرخ نوع A و یا افزایش در گذر پرتوهای فروسرخ نوع A و کاهش نسبی پرتوهای فرابنفش، پیشنهاد راهکارهایی ارزان و حتی رایگان در زمینه‌ی نور درمانی و یا جلوگیری از ابتلاء به امراض گوناگون، عقلانی و منطقی به نظر می‌رسد.^۵

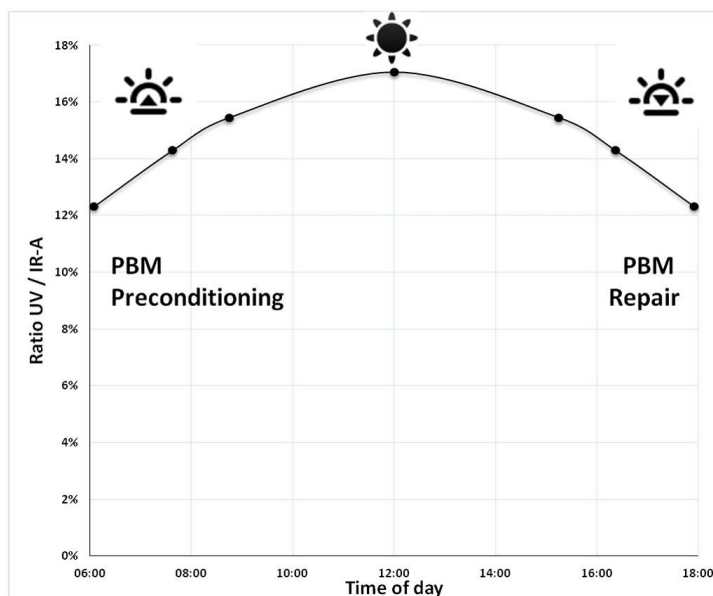
^۱ A. Bradford

^۲ برای مثال، داروین (M. E. Darvin) و محققان همراه وی در سال ۲۰۰۹ میلادی، این نتیجه‌ی کلیدی و حیاتی در سلامت پوست را در مقاله‌ی خود منتشر کرده‌اند.

^۳ با ارجاع به وبسایت آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر ایالات متحده‌ی آمریکا به نشانی اینترنتی <http://www.nrel.gov/rredc/smarts/about.html>

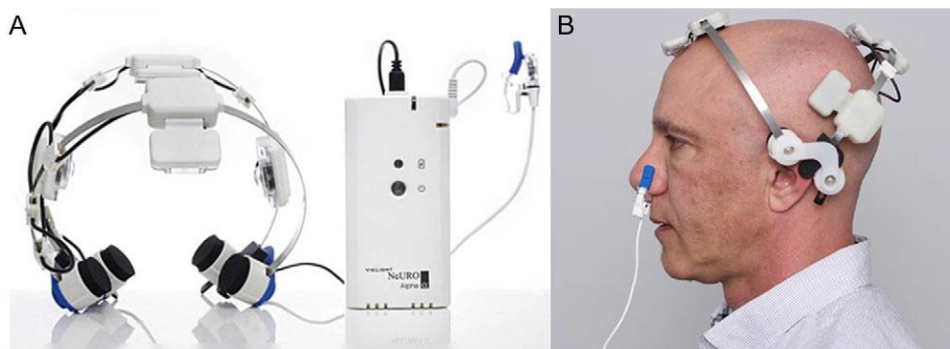
^۴ به قول ضرب‌المثلی ایرانی: سحرخیز باش تا کام‌روا باشی!

^۵ البته شرایط مهمی همچون ارتفاع، فصل، شرایط آب و هوایی و هواشناسی، ضخامت لایه‌ی اوزون و ساعت، در تعیین نسبت شدت پرتوهای فرابنفش به فروسرخ نوع A اثرگذارند!



شکل ۱۴: نمودار نسبت شدت پرتوهای فرابنفش به فروسرخ نوع A به سطح زمین از هنگامه‌ی طلوع تا دمدمه‌های غروب خورشید در روزی غیر ابری.

دیودهای نورگسیل (LED) و گسیلنده‌ی امواج فروسرخ نزدیک غیر همدوس، می‌توانند در درمان بیماری‌های مزمن دیگری نیز به کمک آیند. از جمله تحقیقات در این زمینه، به پژوهش بالینی لیندا چائو^۱ از دانشگاه کالیفرنای ایالات متحده در سال ۲۰۱۹ میلادی که در مجله‌ای نظامی منتشر شده است، اشاره می‌شود.



شکل ۱۵: دستگاه تابش‌کننده‌ی انرژی فروسرخ نزدیک شرکت وی‌لایت (تصویر چپ) و نمایش استقرار تابش‌کننده‌ها در داخل بینی و روی سطح سر (تصویر راست).

^۱ Linda L. Chao

محقق در این پژوهش بالینی، به اثرات مفیدِ درمان ۱۲ هفته‌ای (به وسیله‌ی دستگاه تابش‌کننده‌ی پرتوهای فروسرخ نزدیکِ مبتنی بر تابش از دیودهای نورگسیل (LED) شرکت وی‌لایت^۱ و استقرار تابش‌کننده‌ها بر سطح سر و داخل بینی) بر کهنه‌سربازان متجاوز و اشغالگر آمریکایی (در جنگ موسوم به جنگ خلیج فارس) مبتلاء به بیماری موسوم به بیماری جنگِ خلیج فارس^۲، می‌پردازد.

چائو، با برشمردن برخی علائم این بیماری، از جمله، خستگی‌های مفرط روحی و جسمی، سردرد، بی‌خوابی و بدخوابی، دردهای اسکلتی - عضلانی^۳، مشکلات تنفسی، اختلالات شناختی^۴، مشکلات گوارشی و پوستی^۵، به بهبود این علائم در مدت ۱۲ هفته درمان، اشاره می‌کند و به‌نوعی، به نخستین پژوهشگری تبدیل می‌شود که به بیماران کهنه-سرباز اشغالگر آمریکایی با بهره‌گیری از نور درمانی و درمان بر پایه‌ی امواج فروسرخ دور، در جهت بهبود علائم و عوارض ناشی از جنگ و اشغالگری، کمک و برای این اتفاق، دلایل سلولی و مولکولی مشابه با دیگر مقالات، ذکر می‌کند.

در راستای درمان‌های وابسته به تحریک‌سازی الکترومغناطیسی، گروهی به سرپرستی فردریک شیفر^۶ از ایالات متحده در سال ۲۰۰۹ میلادی، موفق به آزمایش دستگاه تابش-کننده‌ی امواج فروسرخ نزدیک بر پایه‌ی دیودهای نورگسیل (LED)، شده و با استقرار آن بر پیشانی ۱۰ داوطلب (به مدت ۴ دقیقه در سمت‌های راست و چپ پیشانی (مجموعاً ۸ دقیقه) و طولِ درمان ۲ هفته‌ای)، تضعیف نسبی برخی علائم مرتبط با مشکلات روحی (از جمله اضطراب^۷ و افسردگی^۸) را گزارش کرده‌اند.

¹ Vielight Inc.

² (Persian) Gulf War Illness

³ Musculoskeletal Pains

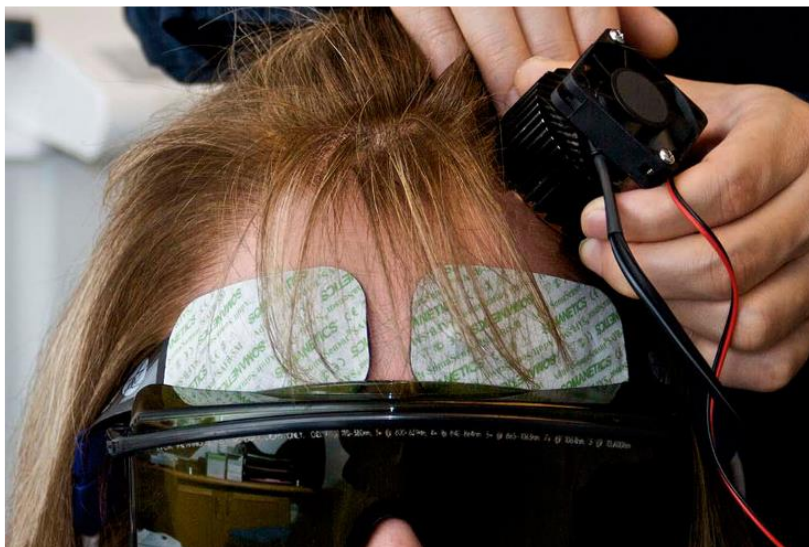
⁴ Cognitive Dysfunctions

⁵ Gastrointestinal & Dermatologic Problems

⁶ Fredric Schiffer

⁷ Anxiety

⁸ Depression



شکل ۱۶: دستگاه تابش کننده‌ی امواج فروسرخ نزدیک و استقرار آن بر پیشانی بیمار.

خالد الغمدی^۱ محقق اهل عربستان سعودی و همکاران وی در سال ۲۰۱۱ میلادی، با انتشار مقاله‌ای با محتوای مروری، به اثرات کلیدی نور مرئی بر سلول‌های کشت شده^۲، اشاراتی داشته‌اند. صاحبان این اثر، در فعالیت پژوهشی - مروری خود، با بیان آن که دُر یا همان چگالی انرژی ۰/۵ تا ۴ ژول بر سانتی‌متر مربع از نور مرئی (با بهره‌مندی از لیزرهای هلیوم - نئون با طول موج ۶۳۲ نانومتر (سرخ) و یا گالیوم - آلومینیم - آرسناید^۳ با طول موج ۸۳۰ نانومتر (فروسرخ نزدیک)) با طول موج‌های مابین ۶۰۰ تا ۸۵۰ نانومتر، نرخ تکثیر سلولی سلول‌های کشت شده، به‌ویژه، سلول‌های بنیادی^۴ را ارتقاء می‌دهد، به موضوع برهم - کنش نور مرئی با سلول‌های بنیادی مانند سلول‌های بنیادی مزانشیمی، قلبی و مغز دندان انسانی (پالپ دندان)^۵، پرداخته‌اند. آن‌ها، به عبارتی، بر نقش تعیین‌کننده‌ی نور مرئی در تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی یا مزانشیمال، قلبی و مغز دندان، تأکید می‌ورزند. سلول - های بنیادی مزانشیمی، قادرند تا به انواع سلول‌های مرتبط با بافت‌های همبند یا پیوندی

^۱ Khalid M. Al-Ghamdi

^۲ سلول‌های کشت شده (Cultured Cells)، به گونه‌ای از سلول‌ها گفته می‌شود که در خارج از بدن (*in vitro*) موجودات زنده و تحت شرایط کنترل شده توسط زیست‌شناسان و محققان، رشد و پرورش می‌یابند.

^۳ Ga-Al-As Laser

^۴ Stem Cells

^۵ Mesenchymal & Cardiac & Human Dental Pulp Stem Cells (MSC, CSC, hDPSC)

همچون سلول‌های استخوانی استخوان‌ساز (استئوبلاست)^۱، غضروفی و چربی، تبدیل شوند. این دسته از سلول‌های بنیادی، در بازسازی و ترمیم بافت‌ها، تنظیم دستگاه ایمنی و کاستن التهاب، شرکت می‌کنند. همچنین، سلول‌های بنیادی قلبی، سلول‌هایی هستند که توانایی تبدیل به سلول‌های ویژه‌ی قلب (مثل سلول‌های کاردیومیوسیت)^۲ و ترمیم و بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده‌ی قلب را دارند و اکثراً در قلب، یافت می‌شوند. سلول‌های بنیادی مغز دندان انسانی نیز قابلیت تبدیل به سلول‌های استخوانی، غضروفی و بافت‌های دندانی را دارند. این دسته از سلول‌های بنیادی، اغلب در مغز دندان که بافتی نرم است، به‌وفور یافت می‌شوند.

گزارش‌های موفقیت‌آمیز همانند مقاله‌ی مروری خالد الغمدی عربستانی، در جهت پیشرفت پزشکی ترمیمی^۳ و با بهره‌گیری از برهم‌کنش نور و سلول‌های بنیادی صورت پذیرفته است و می‌تواند چراغی راهنما برای محققان در زمینه‌های ترمیمی باشد.

جالب است که پرتودرمانی فروسرخ نزدیک، افزون بر کلیه‌ی مواردی که ذکر شده است و یا ذکر خواهد شد، می‌تواند در جهت کاستن از میزان سمومیت در بدن نیز به‌کار آید. در تحقیقی شایان توجه، پرتو درمانی فروسرخ نزدیک، به افول ۵۰ درصدی اثرات سوء سمومیت با سیانور، انجامیده است. مارگارت وانگ‌رایلی^۴ و محققان همراه وی در سال ۲۰۰۵ میلادی، موفق به ثبت کاهش میزان سمومیت با سیانور توسط انرژی فروسرخ نزدیک شده‌اند. محققان این پژوهش با ارزش، با تابش انرژی فروسرخ نزدیک و فوتوتراپی، توانسته‌اند مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی (آپوپتوز) نورون‌های کشت‌شده را تا ۵۰ درصد بکاهند (البته پیش از اقدامات پزشکی مرتبط با درمان سیانید^۵ همچون اکسیژن‌رسانی، تجویز پادزهرها و حمایت از گردش خون). از دیدگاه میکروسکوپی، سم سیانور، با اتصال به CCO سبب اختلال در عملکرد آن و میتوکندری سلول، شده و می‌تواند به تنفس سلولی آسیبی

^۱ Osteoblast

^۲ کاردیومیوسیت‌ها (Cardiomyocytes)، به سلول‌های اختصاصی ماهیچه‌ی قلب گفته می‌شود که وظیفه‌ی انقباض و پمپاژ خون به سراسر بدن را بر عهده دارند. این سلول‌ها نقشی حیاتی در سلامت قلب بازی می‌کنند و اختلال در عملکرد مجموعه‌ی کاردیومیوسیت‌ها (مانند آسیب‌دیدگی و التهاب آن‌ها)، منجر به بیماری‌های قلبی از جمله بیماری عضله‌ی قلب (کاردیومیوپاتی)، ضربان‌های غیر طبیعی، تنگی نفس، درد قفسه‌ی سینه و حتی سکته‌ی قلبی و مغزی، می‌شود.

^۳ Regenerative Medicine

^۴ Margaret T. Wong-Riley

^۵ Cyanide Treatment

جدی وارد نماید و اکسیژن لازم را به سلول و اجزاء آن، به میزان کافی نرساند. مسمومیت با سیانور، به سردرد، سرگیجه، تنگی نفس، حالت تهوع، استفراغ و تشنج، منجر و در صورت کافی نبودن اقدامات پزشکی اضطراری، حتی به کُما و مرگ، منتهی می‌شود.

برخی محققان پا را فراتر از درمان دردها و زخم‌های ساده و معمول، گذاشته و به مقایسه‌ی شیوه‌های درمانی مرتبط با نور مرئی و فروسرخ نزدیک و بر پایه‌ی ویتامین دی^۱ (D) پرداخته‌اند. از جمله‌ی این گروه‌های پژوهشی می‌توان به گروه تحقیقاتی اهل کشور فنلاند به رهبری ولادیمیر هیس‌کانن^۲ اشاره داشت که در سال ۲۰۲۰ میلادی، اثبات نموده‌اند که اثرات مفیدی از ویتامین دی بر سلامت داوطلبان مشاهده نمی‌شود.^۳ محققان این اثر پژوهشی، براساس ادعای اثبات‌شده‌ی خود، توضیح می‌دهند که برخلاف درمان‌های بر پایه‌ی ویتامین دی، درمان‌های نوری و فروسرخ نزدیک، اثرات سودمندتری را بر سلامت خواهند داشت و بر این نکته تأکید می‌ورزند که بایستی شیوه‌های نور درمانی، به‌عنوان روش‌هایی مفید و کارا در درمان و حفظ سلامت بشر، تبلیغ و ترویج شوند.

درمان با امواج فروسرخ دور

آن‌طور که پیش از این اشاره شد، امواج فروسرخ در سه دسته‌ی دور، میانه و نزدیک، تقسیم‌بندی می‌شوند. این دسته‌بندی براساس بسامد یا طول موج صورت می‌پذیرد. در این طیف، امواج فروسرخ دور از لحاظ انرژی و بسامد، در پایین‌ترین میزان در بین امواج فروسرخ قرار می‌گیرند و از لحاظ طول موجی، بزرگ‌ترین دسته در تقسیم‌بندی سه‌گانه‌ی فروسرخ‌ها هستند. در مباحث پزشکی، انرژی‌های فروسرخ دور به تابش‌های (یا پرتوهای) بیوژنتیکی^۴ نیز معروف‌اند و ادعا می‌شود تا حدود ۴ سانتی‌متر به درون لایه‌های بیرونی بدن (مانند پوست) نفوذ می‌کنند. در اغلب موارد و در مباحث پزشکی و درمانی، این دسته از امواج، خواص منحصر به فردی را به نمایش می‌گذارند و در مقالات و گزارش‌های معتبر علمی، تحقیقاتی و بالینی در حوزه‌ی درمان با امواج فروسرخ، از این دسته امواج همواره به طور

^۱ Vitamin D

^۲ Vladimir Heiskanen

^۳ البته مقاله‌ای در سال ۲۰۱۶ میلادی توسط مایکل هالیک (Michael F. Holick)، منتشر شده است که برخلاف نظر هیس‌کانن، اثرات مفید ویتامین دی بر سلامت را برشمرده است. گویا به نظر می‌رسد، هنوز زود است که با قطعیت از سودمندی یا مضر بودن ویتامین دی، سخن بگوییم!

^۴ Biogenetic Radiations (Biogenetic Rays)

جداگانه و انحصاری، سخن به میان می‌آید.^۱ البته مجدداً تأکید می‌کنیم که دقیقاً ساز و کار ارتباط و برهم‌کنش این امواج با بدن موجودات زنده، به‌ویژه، پستانداران و انسان‌ها، مشخص نیست و ما در این بخش همانند بخش نور درمانی و درمان با امواج فروسرخ نزدیک، به منتخبی از مقالات و تازه‌های درمانی و تشخیصی، اشاراتی خواهیم داشت و به برخی حقایق، دلایل و استدلال‌های مولکولی و سلولی در این حوزه، نظری خواهیم انداخت. البته برهم‌کنش سلول‌ها با امواج فروسرخ دور، بی‌شبهت با موارد بخش پیش، نیست و این عدم تفاوت آشکار، نمایش‌دهنده‌ی فقدان علم و دانش کافی محققان این عرصه در واکاوی دقیق این موضوع است. با این حال، در ادامه به بعضی شباهت‌ها و تفاوت‌ها (در دنیای سلولی و مولکولی) با نور درمانی و درمان با امواج فروسرخ نزدیک، خواهیم پرداخت.

یکی از اثرات کلیدی امواج فروسرخ دور (به‌ویژه، در طول موج ۴ تا ۲۰ میکرومتر)، بر مولکول‌های آب است و ادعا می‌شود که امواج فروسرخ دور به جای اثرگذاری بر CCO، اکثراً بر مولکول‌ها، نانولایه‌ها و خوشه‌های مولکولی آب‌های موجود در بدن و سلول‌ها، تأثیر مستقیم می‌گذارند. از آنجا که مقدار قابل‌توجهی آب در بدن موجودات زنده (از جمله، انسان‌ها) یافت می‌شود، امواج فروسرخ دور را می‌توان عاملی مؤثر در پیوندها و ساختارهای مولکولی و جمعی آب درون بدن انسان‌ها و سلول‌های‌شان، فرض نمود.

اثبات شده است که ارتعاشاتی ویژه در مولکول‌های آب (در طول موج‌هایی ویژه)، رخ می‌دهند؛ ارتعاشاتی که منجر به تغییر شکل ساختاری و اندازه‌ی مولکول‌ها و خوشه‌های مولکولی آب^۲ می‌شوند (موسوم به ارتعاشات دی‌فورماسیون^۳) طول موجی در حدود ۶/۲۷ میکرومتر، دارند و ارتعاشات کششی متقارن و نامتقارن^۴ خوشه‌های مولکولی آب (که به

^۱ ناسا (NASA) ادعا می‌کند که عامل بنیادی در روند حیات، امواج فروسرخ با طول موج ۴ تا ۲۰ میکرومتر (۴ هزار تا ۲۰ هزار نانومتر) است و برخی مقالات به پرتوهای در محدوده‌ی طول موجی مذکور، پرتوهای حیات (Life Rays)، پرتوهای رشد (Growth Rays) یا بسامد تشدید (Resonant Frequency) لقب می‌دهند! جالب است بدانیم که قله‌ی تابش از بدن انسان‌ها و سطح زمین، به ترتیب در حدود طول موج‌های ۹/۳۴ و ۱۰ میکرومتر قرار دارد.

لازم به ذکر است که این محدوده‌ی طول موجی، در بعضی مقالات در دسته‌ی فروسرخ میانه (MIR) و در برخی دیگر، در فروسرخ دور (FIR) قرار می‌گیرد و ملاحظه می‌شود!

^۲ Clusters of Water Molecules

^۳ Deformation Vibrations

^۴ Symmetrical & Asymmetrical Stretching Vibrations

حالت‌های انبساطی و انقباضی^۱ می‌انجامد) نیز به ترتیب در طول موج‌های ۲/۷۴ و ۲/۶۶ میکرومتر رخ می‌دهند. با این حساب، با فرود موجی فروسرخ به طول موج ۴ تا ۲۰ میکرون، تغییر الگوی ساختاری از طریق پدیده‌ی رزونانس (تشدید)^۲ در مولکول‌ها و به خصوص، خوشه‌های مولکولی آب، اتفاق خواهد افتاد. در این حالت، انرژی جنبشی تک‌مولکول آب، آن‌چنان افزایش می‌یابد تا از خوشه‌ی مولکولی خود، خارج شده و در ادامه، به نوسانات خوشه‌ی مولکولی هدف، افزوده می‌شود. دانشمندان نشان داده‌اند که آب در معرض امواج فروسرخ دور، نقطه‌ی جوش پایین‌تری نسبت به آب شاهد دارد. همچنین، این آب از ویسکوزیته‌ی (گران‌روی)^۳ پایین‌تری برخوردار است و سهل‌تر از سابق، جاری می‌شود و تحرک‌پذیری بالاتری خواهد داشت. این نتیجه، بیان‌گر حرکت روان‌تر خون و دیگر مایعات در بدن است و گردش بهتر خون را در هنگام استفاده از امواج فروسرخ، توجیه می‌نماید. این پدیده، در شکل‌گیری بافت استخوانی نیز مؤثر واقع می‌شود، به طوری‌که، خون (با دربرداشتن مولکول‌های آب^۴ فعال‌شده) با ویژگی ویسکوزیته‌ی پایین، به راحتی به درون استخوان‌ها نفوذ می‌کند و استخوان‌های جدید را شکل می‌دهد. این مبحث زمانی جالب‌تر می‌شود که دریابیم امواج فروسرخ به دلیل انرژی بسیار پایین (نسبت به امواج مرئی و فرابنفش)، تقریباً توانایی نفوذ مؤثر به درون بافت‌های بدن موجودات زنده و به ویژه، بافت‌های استخوانی را ندارند و با برهم‌کنش مستقیم با عناصر حیاتی درون بدن از قبیل آب، خون یا سلول، می‌توانند دایره‌ی تأثیرشان را گسترش قابل ملاحظه‌ای دهند.

یونگ‌هو هسو^۴ به همراه همکاران تایوانی‌اش در سال ۲۰۱۲ میلادی، با انتشار پژوهشی در زمینه‌ی ارتباط بین انرژی فروسرخ دور، VEGF و سلول‌های اندوتلیال ورید ناف‌ی انسانی یا همان سلول‌های اندوتلیال بند ناف انسانی (HUVEC)^۵، به حقایق ارزشمندی دست یافته‌اند. محققان تایوانی، ادعا نموده‌اند که براساس تحقیقات مستمر، پی برده‌اند که امواج

^۱ Expansion & Contraction Modes

^۲ Resonance

^۳ Viscosity

^۴ Yung-Ho Hsu

^۵ سلول‌های اندوتلیال بند ناف انسانی (Human Umbilical Vein Endothelial Cells) یا اختصاراً HUVEC، رده‌ای از سلول‌های اندوتلیال هستند که به راحتی از بند ناف نوزدان تازه متولد شده جدا می‌شوند. به دلیل در دسترس بودن، کشت آزمایشگاهی ساده و اثرات مفید در درمان بیماری‌های قلبی - عروقی، به سلول‌های محبوب دانشمندان و محققان تبدیل شده‌اند.

فروسرخ دور، توانایی رشد و تکثیر حداکثری سلول‌های HUVEC را دارند ولی در برخی طول موج‌ها (۳ تا ۱۰ میکرون)، این روند، وارونه شده و مانعی برای تکثیر مؤثر این دسته از سلول‌ها، ایجاد می‌شود. آن‌ها در این پژوهش، با اشاره به حضور نیتریک‌آکسیدها و گونه‌های اُکسیژن فعال، استدلال می‌کنند که حضور این دسته از اُکسیدها و رادیکال‌های آزاد، مانعی واقعی برای تکثیر سلول‌های بندنافی HUVEC خواهند بود و امواج با انرژی فرسرخ دور در طول موج‌ها، زمان‌های تابش (در حدود ۳۰ دقیقه) و شدت‌های ویژه (۰/۱۳ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع)، می‌توانند مانع تکثیر سلول‌های HUVEC شوند. همچنین، با تابش انرژی فرسرخ دور بر سلول‌های HUVEC، افزایش در رونویسی ژن‌های آنزیم PI3K مشاهده شده است و در ادامه، فسفریلاسیون سینتاز eNOS در ۳۰ دقیقه، فزونی می‌یابد و در عوض، فسفریلاسیون پروتئین‌های ERK^۱ و ERK^۲ در همان زمان ۳۰ دقیقه، متوقف می‌شود. در عین حال، دانشمندان در این پژوهش، متوجه شده‌اند که با تابش انرژی فرسرخ دور بر سلول‌های HUVEC، جابه‌جایی^۱ پروتئین‌های روی انگشتی لوسمی پرومیلوسیتیک (PLZF)^۲ به سمت هسته، افزایش می‌یابد ولی پس از ۳۰ دقیقه، این جابه‌جایی به کلی متوقف می‌شود. جالب است که به‌کارگیری VEGF و دمای در حدود ۳۸ تا ۳۹ درجه‌ی سلسیوس (فروسرخ دور حرارتی)، در این جابه‌جایی تأثیری نداشته و فقط امواج فرسرخ دور اعمال‌شده از خارج (غیر حرارتی)، توانسته‌اند نمونه‌های آزمایشگاهی از سلول‌های HUVEC را مجبور به جابه‌جایی به سمت هسته کنند. البته ترنسفکشن^۳ آران‌ای‌های کوچک مداخله-گر (siRNA)^۴ پروتئین‌های PLZF، مانعی برای تکثیرهای سلولی ناشی از تابش فرسرخ

^۱ Translocation

^۲ پروتئین روی انگشتی لوسمی پرومیلوسیتیک (Promyelocytic Leukemia Zinc Finger) یا اختصاراً PLZF، عملاً فاکتور رونویسی است که در تنظیم بیان ژن‌ها نقش ایفا می‌کند. در اصل، پروتئین تنظیم‌کننده‌ای است که در تکامل و تمایز سلول‌های خونی و پاسخ‌های ایمنی به‌کار می‌آید. این پروتئین، در ابتدا، در نوعی از بیماری سرطان خون (لوسمی پرومیلوسیتیک)، شناسایی شده است و با ساختار ویژه‌ی انگشتی (حاوی عنصر روی (Zn))، امکان تنظیم عملکرد پروتئین‌ها و بیان ژن‌ها را با اتصال به دی‌ان‌ای (DNA) دارد.

^۳ ترنسفکشن (Transfection)، فرایند وارد نمودن اسید نوکلئیک‌ها همچون دی‌ان‌ای و آران‌ای، به درون سلول‌های دارای هسته (سلول‌های یوکاریوتی حیوانی و گیاهی) است و سرانجام، سلول‌هایی با ویژگی‌های جدید ایجاد می‌شوند. ترنسفکشن، فرایندی مؤثر در درمان بیماری‌ها و ژن‌درمانی (ورود ژن‌های سالم به سلول‌های بیمار)، مطالعه‌ی ژن‌ها (با وارد نمودن ژن‌های خاص به سلول هدف) و تولید پروتئین‌های نو ترکیب است.

^۴ آران‌ای کوچک مداخله‌گر یا خاموش‌کننده (small interfering RNA/silencing RNA) یا به اختصار siRNA، مولکول آران‌ای کوچکی با دو رشته است که در فرایند تداخل آران‌ای (فرایند طبیعی خاموشی بیان ژن‌ها توسط آران-

دور محسوب می شوند و سرانجام، محققان از حضور و فعالیت پروتئین های PLZF در اثرات زیستی تابش انرژی فروسرخ دور، به عنوان بازی گری فعال و کلیدی یاد می کنند. لازم به توضیح است، در زمان ها و شدت های بیش تر از مقادیر مذکور، اثرات ممانعت از تکثیر حاصل از امواج فروسرخ دور، به مراتب کم تر می شود و در موارد فوق الذکر، تنها، قله های افزایش ممانعت از تکثیر مؤثر، بیان شده است. این محققان، در نهایت امر، ادعا نموده اند که زیاد کردن زمان و شدت امواج فروسرخ دورِ اعمالی، می تواند به تنزل تدریجی اثرات ممانعت از تکثیر سلول های HUVEC بیانجامد!

پو هسون هوآنگ^۱ تایوانی و محققان هم گروهش در سال ۲۰۱۲ میلادی، نشان دادند که درمان های وابسته به انرژی فروسرخ دور، می تواند رگ زایی در جهت مبارزه با ایسکمی (کاهش یا قطع جریان خون) ناشی از ابتلاء به دیابت در موش های ۶ تا ۸ هفته ای را سرعت بخشد و سلول های پیش سازِ اندوتلیال (EPC)^۲ غیر فعال شده توسط سطح گلوکز بالا (که از مشکلات رایج در مبتلایان به دیابت است!) را مجدداً فعال نماید تا به وظایف خود به درستی عمل کنند. در این آزمایش موفق، بهبود در گردش خون و به ویژه، خون رسانی به اندام تحتانی از جمله پاها (پرفیوژن اندام تحتانی^۳)، ازدیاد در تکثیر سلول های پیش سازِ اندوتلیال، تولید به اندازه ی VEGF و پروتئین های MAPK در شرایط دیابت (سرشار از گلوکز) و کاهش تنش های اکسیداتیو، به وضوح به اثبات عملی رسیده است.

درمان بر پایه ی امواج فروسرخ دور، تنها به موارد ذکر شده محدود نمی شود و حتی به بهبود کیفیت زندگی بیماران مبتلاء به نارسایی کلیوی^۴ (بیمارانِ همودیالیز) نیز کمک می -

ای های کوچک نقش دارد. این مولکول، با اتصال به آران ای پیام رسان (mRNA) مکمل خود، از ترجمه ی آن جلوگیری و بیان ژن خاصی را خاموش می کند (موسوم به خاموشی ژن) و در نهایت، آران ای پیام رسان، تجزیه شده و مانعی برای تولید پروتئین می شود.

^۱ Po-Hsun Huang

^۲ سلول پیش سازِ اندوتلیال (Endothelial Progenitor Cell) یا به اختصار EPC، نوعی از سلول های پیش ساز یا پروژنیاتور (Progenitor Cells) است که در مغز استخوان یافت می شود و توانایی تمایز به سلول های اندوتلیال را دارد. این دسته از سلول ها، نقشی کلیدی در ترمیم و بازسازی رگ های خونی و رگ زایی دارند. در ضمن، لقب سلول های پیش ساز، به سلول هایی نسبت داده می شود که برخلاف سلول های بنیادی، توانایی تمایز به یک یا چند نوع محدود از سلول ها (عموماً به یک رده ی سلولی خاص) را داشته باشند.

^۳ Hindlimb Perfusion

^۴ Kidney Failure

نماید. در تحقیقی که چیچ‌چینگ لین^۱ تایوانی و همراهانش در سال ۲۰۰۷ میلادی، به سرانجام رسانده‌اند، بهبود در گردش خون، کاهش تنش آکسیداتیو، افزایش در کمیت جریان دسترسی^۲ (با بیش از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه) و کارایی فیستول شریانی‌وریدی (AVF) در همودیالیز، برای آزمایش‌شونده‌های گروه تحت درمان هم‌زمان با انرژی فروسرخ دور (۷۲) داوطلب با دستگاه لامپ حرارتی گسیل‌کننده‌ی انرژی فروسرخ دور WS TY-101 به مدت یک‌سال، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه) و همودیالیز، به‌مراتب از داوطلبان نمونه‌ی شاهد (۷۳) بیمار و بدون بهره‌مندی از امواج فروسرخ دور)، نتایج درخشان‌تری را به ثبت رسانده‌اند.

امواج فروسرخ دور، همچنین، یکی از گزینه‌های مناسب برای درمان بیماری‌های وابسته به اختلال عملکرد دستگاه لنفاوی از جمله، ورم لنفاوی یا ادم لنفاوی، خواهد بود. از جمله این تحقیقات، می‌توان به پژوهش بالینی که لی^۴ و همکاران چینی، یونانی و ایتالیایی وی در سال ۲۰۱۷ میلادی، اشاره داشت که اعضای این گروه پیشرو، موفق شدند ورم‌های لنفاوی را با بهره‌گیری از انرژی فروسرخ دور (ماشین پرتوساز وابسته به دانشگاه شانگهای جیائوتونگ^۵ جمهوری خلق چین) در دست و پای داوطلبان (۳۲ بیمار با حداقل ۱۵ درصد افزایش در دور دست و پا، به‌دلیل ورم لنفاوی، تحت درمانی ۲۰ روزه و روزی ۲ ساعت، قرار گرفته‌اند)، به میزان مطلوبی تقلیل داده و با نگاهی دقیق‌تر و آزمایشگاهی، رسوب^۶ مایع، چربی، هیالورونان^۷ و پروتئین، روندی نزولی داشته و در نتیجه، ضخامت پوست و وزن (جرم) مایع-

^۱ Chih-Ching Lin

^۲ Access Flow

^۳ فیستول شریانی‌وریدی (Arteriovenous Fistula) یا اختصاراً AVF، به ارتباط غیر طبیعی یا مجرای بین یک شریان (رگی که خون را از قلب به بدن می‌برد) و یک ورید (رگی که خون را به قلب برمی‌گرداند) گفته می‌شود که باعث جریان یافتن مستقیم خون از شریان به ورید می‌شود، بدون آن‌که از طریق مویرگ‌ها عبور کند. در بیماران مبتلا به نارسایی کلیوی برای دسترسی به عروق از همودیالیز استفاده می‌شود. این فیستول‌ها با ایجاد رگ خونی بزرگ‌تر و قوی‌تر، امکان دسترسی مکرر به جریان خون را فراهم می‌نمایند.

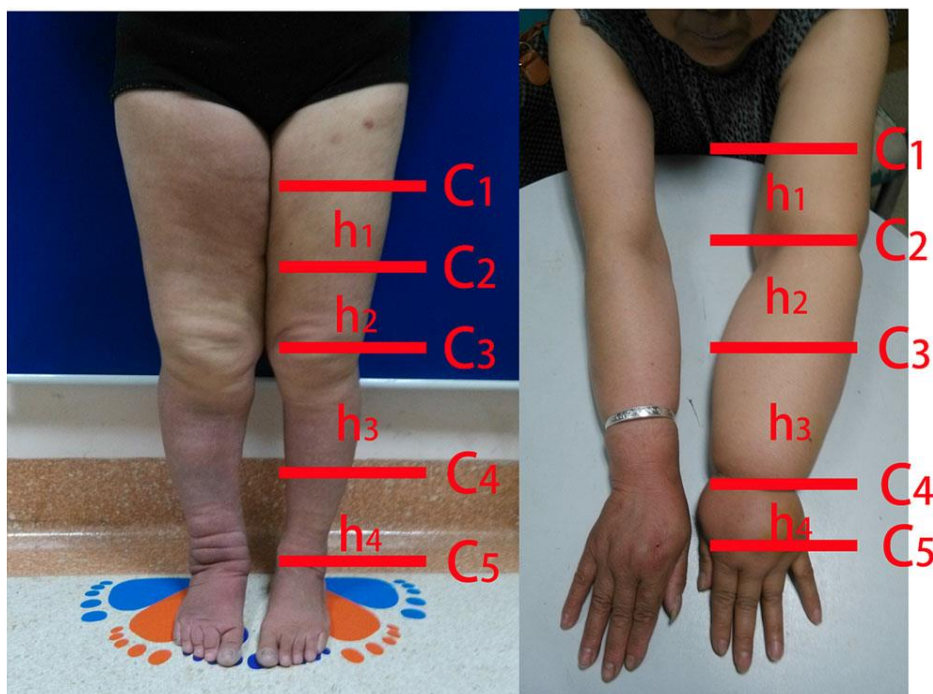
^۴ Ke Li

^۵ Shanghai Jiao Tong University

^۶ Deposition

^۷ مایع لنف، شامل اجزاء بی‌شماری از جمله پروتئین‌ها، چربی‌ها (لیپیدها)، الکترولیت‌ها (Electrolytes)، لکوسیت‌ها و گلیکوزآمینوگلیکان‌ها (Glycosaminoglycans) است. در میان گلیکوزآمینوگلیکان‌ها، هیالورونان (Hyaluronan) یا اسید هیالورونیک (Hyaluronic Acid)، از مؤلفه‌های اساسی بافت‌های بینابینی (Interstitial Tissues) محسوب می‌-

ها در ورم لنگاوی، کاسته شده و دردهای مربوط به این بیماری، تسکین یافته است. محققان در این پژوهش، متوجه شدند که غلظت سیتوکین IL-6 (سیتوکین کاهش دهنده رسوبات چربی)، افزایش و در نمونه های بافت، غلظت لپتین^۱ (هورمون پروتئینی افزایش دهنده رسوبات چربی) و ماکرومولکول ها، کاهش یافته است. آن ها، در پایان، پیشنهاد می دهند علاوه بر بهره مندی از دستگاه های پرتوساز فروسرخ دور، همچنین از بانداژهای با قابلیت گسیل انرژی فروسرخ دور^۲ می توان کمک گرفت تا روند بهبود ورم های مورد اشاره، سرعت یابد.



شکل ۱۷: نمونه ای از ورم های لنگاوی و نمایش پارامترهای محاسباتی گروه پژوهشی تایوانی برای درک صحیح از کاهش دور (محیط) دست و پا در نقاط گوناگونی از آن ها.

شود. این ماده ی طبیعی یا مولکول بزرگ (ماکرومولکول)، به عنوان روان کننده و ضربه گیر در مفاصل، چشم ها و پوست، عمل و با جذب مؤثر آب و ذخیره ی آن، به حفظ رطوبت و نرمی بافت ها کمک می کند. ^۱ لپتین (Leptin)، هورمونی پروتئینی است که توسط چربی (بافت های چربی)، تولید و در خون رها می شود و نقش کلیدی در تنظیم اشتها و سوخت و ساز بدن دارد. این هورمون، به هیپوتالاموس مغز، سیگنال (پیام) می دهد که بدن سیر شده است و به این ترتیب، به تنظیم مصرف غذا و تعادل انرژی در بدن، کمک می کند.

² FIR Bandage



شکل ۱۸: تورم ناشی از ورم کُنفای. پیش (دو تصویر سمت چپ) و پس از درمان (دو تصویر سمت راست) با امواج فروسرخ دور به مدت ۲۰ روز.

در راستای بهره‌مندی از طب سوزنی نوری و نقاط طب سوزنی، محققانی دیگر از تایوان به سرپرستی یینگ چانگ^۱ با به‌کارگیری امواج فروسرخ دور و تابش ۱۵ دقیقه‌ای آن به سه نقطه‌ی طب سوزنی^۲، در مدت ۴ هفته‌ی متوالی و هفته‌ای ۲ جلسه، بهبود اختلال خواب بیماران مبتلاء به افسردگی یا بی‌خوابی غیر عادی^۳ را گزارش نموده و شرایط بهبود اوضاع در این دسته از بیماران را به تعادل در میزان سروتونین^۴ و مالون‌دی‌آلدئید^۵، نسبت می‌دهند.^۶

^۱ Ying Chang

^۲ سه نقطه‌ی ویژه که توسط درمان‌گران و متخصصان طب سوزنی معمولی، برای درمان و بهبود شرایط خواب، استفاده می‌شود. این سه نقطه، به نام‌های نی‌کوان ((Nei-Kuan (PC۶)) و شِن‌مین ((Shenmen (HT۷)) در مچ دست و سانینجیائو ((Sanyinjiao (SP۶)) در بالای مچ پا (در قسمت داخلی ساق پا)، قرار دارند.

^۳ Insomnia

^۴ سروتونین (Serotonin)، هورمون و انتقال‌دهنده‌ای عصبی است که در روده (حدود ۹۰ درصد) و مغز (حدود ۱۰ درصد) تولید می‌شود و نقش کلیدی در تنظیم خلق و خو (احساس شادی، آرامش و ثبات روانی)، خواب (چرخه‌ی خواب و بیداری، مدیریت افکار منفی در شب و خواب سالم)، اشتها (احساس سیری)، هضم غذا و عملکردهای مختلف مغز (شناخت، حافظه و یادگیری) و بدن (سلامت استخوان‌ها، عملکرد جنسی و لخته‌شدن خون) دارد. این ماده‌ی شیمیایی، پیام‌ها و سیگنال‌ها را بین سلول‌های عصبی، منتقل می‌کند و سطح متعادل آن برای سلامت روانی و جسمی، ضروری است و عدم تعادل آن، می‌تواند به مشکلاتی نظیر افسردگی، اضطراب و اختلالات گوارشی، منجر شود.

^۵ مالون‌دی‌آلدئید (Malondialdehyde) یا به اختصار MDA، مولکولی آلی است که محصول نهایی پراکسیداسیون لیپید است. این فرایند، زمانی رخ می‌دهد که تنش اکسیداتیو در بدن، افزایش می‌یابد و باعث آسیب به غشاء سلولی و تجزیه‌ی چربی‌های غیراشباع، می‌شود. به همین دلیل، سطح بالای آن در بدن، نشانه‌ی تنش اکسیداتیو بالا و آسیب

این پژوهشگران مدعی اند که پس از فرایند درمان، سطح سروتونین، روندی صعودی ولی مالون دی آلدیید، روندی نزولی دارند و افزایش در سطح سروتونین است که مجبور می سازد تا سطح مالون دی آلدیید و تنش اکسیداتیو، به شدت کاهش یابند.

امواج فروسرخ دور و گیاهان

گیاهان به دلیل حضور در طبیعت، همیشه پذیرای امواج الکترومغناطیسی محیط و به ویژه، امواج فرودی از خورشید و دیگر اجرام آسمانی هستند. امواج فروسرخ دور نیز از این قاعده مستثنی نیستند و قطعاً به گیاه و محیط اطراف آن تابیده می شوند و اثرات مفید یا مضری را بر گیاه و رشد و نمو آن تحمیل می کنند.

تحقیقی در زمینه اثر هیدروژن پراکسید (آب اکسیژنه) بر گیاهان، توسط تینگ کای لیونگ^۱ و تیم همراهش از تایوان در سال ۲۰۱۱ میلادی منتشر شده است که برگ های گیاهی از رده گیاهان خاردار (گیاه *Railway Beggarticks*) در غلظت های ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار از هیدروژن پراکسید، غوطه ور و برگ های آن دچار فرسودگی و پیری^۲ شده اند.^۳ در ادامه ی این تحقیق، پژوهشگران با تابش امواج فروسرخ دور به نمونه های تحت آزمایش، مشاهده نمودند که برگ های تحت تابش مستقیم انرژی فروسرخ دور، پیری و فرسودگی کمتری را تجربه کرده اند. آن ها ادعا می کنند که تجزیه ی کلروفیل برگ ها در گروه تحت تابش، بسیار کمتر از گروه شاهد، رخ می دهد و گویی فرایندی موسوم به جذب و پاک سازی هیدروژن پراکسید^۴، دلیل اصلی این ماجراست و در واقع، فرایند نجات سلول ها از

سلولی است و می تواند به عنوان نشان گری مهم در تشخیص و ارزیابی بیماری هایی مانند دیابت، آلزایمر و تصلب شرایین (Atherosclerosis)، به کار آید.

^۶ سروتونین و مالون دی آلدیید، از فاکتورهای مهم در بررسی و تشخیص بیماری افسردگی محسوب می شوند و در این بیماران، سطح سروتونین، پایین و مالون دی آلدیید، بالا است.

^۱ Ting-Kai Leung

^۲ Senescence

^۳ طبق نتیجه ی بدیع پژوهش فرناندو آنتونش (Fernando Antunes) و اتریکه کادناس (Enrique Cadenas) در سال ۲۰۰۰ میلادی، آب اکسیژنه با نفوذ به غشاء پلاسمایی سلول، توانایی ورود و خروج سریع از سلول را دارد؛ به طوری که بعد از یک ثانیه، تعادل بین سطوح آب اکسیژنه در داخل و خارج از سلول رخ می دهد و از این رو، اندازه گیری سطوح درون سلولی آب اکسیژنه منجر به نتیجه ای برابر در سطوح برون سلولی می شود.

^۴ Hydrogen Peroxide Scavenging

مرگ و یا سمیت ناشی از آب‌اکسیژنه و به طور کل، جلوگیری از آسیب اکسیداتیو، اتفاق می‌افتد.^۱



^۱ پیش از این، گروه تحقیقاتی تینگ‌کای لیونگ، برای نخستین بار در سال ۲۰۱۰ میلادی، با طرح موضوعاتی مشابه و با تمرکز بر ماکروفاژهای موشی (Murine Macrophages)، نشان داد که پودرهای سرامیکی ساطع‌کننده انرژی فروسرخ دور (حاوی اکسیدها و نمک‌های معدنی مثل اکسید آلومینیوم)، کاربردهایی اساسی در زمینه‌ی سلامت سلول‌های جانوری و انسانی دارند (همچون پاک‌سازی آب‌اکسیژنه، کاهش میزان گونه‌های اکسیژن فعال و سلول‌های هیپودیپلوئید (Hypodiploid)). آن‌ها، در پایان این پژوهش، بیان می‌کنند که امواج فروسرخ دور حاصل از سرامیک، در اصل، نقش آنتی‌اکسیدان را ایفا می‌کنند.



شکل ۱۹: برگ‌های گیاهی از رده‌ی گیاهان خاردار غوطه‌ور در آب اکسیژنه، به غلظت‌های ۱۰ (تصویر بالا)، ۱۰۰ (تصویر وسط) و ۱۰۰۰ میکرومولار (تصویر پایین) و نمایش اثر مفید تابش انرژی فروسرخ دور بر پایداری و کند کردن روند پیری و فرسودگی برگ‌ها (تصاویر سمت راست) نسبت به برگ‌های گروه شاهد (بدون اعمال امواج فروسرخ دور در تصاویر سمت چپ).

لی^۱ و پژوهشگران همراهش در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ میلادی، با انتشار گزارش‌هایی کاربردی در زمینه‌ی اثرات امواج فروسرخ دور حرارتی^۲ در گیاهان و به ویژه گیاهان دارویی^۳ و سیوس برنج^۴، سرانجام بیان داشته‌اند که حرارت دادن (در بازه‌ی انرژی‌های فروسرخ دور) به این دسته از گیاهان، باعث می‌شود تا پیوندهای کووالانسی درون آن‌ها شکافته و منجر به آزادسازی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بیش‌تر (اغلب کاروتن^۵ و پلی‌فنول‌ها^۶) در آن‌ها شود. در ضمن، امواج فروسرخ دور، آن‌طور که پیش‌تر هم اشاره شده است، توانایی شکستن پیوندهای

^۱ S. C. Lee

^۲ Thermal FIR

^۳ Medicinal Plants

^۴ Rice Hulls

^۵ کاروتن (Carotene)، رنگدانه و آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که در گیاهان و برخی موجودات زنده، یافت می‌شود. این رنگدانه، مسئول ایجاد رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز است و بتاکاروتن از مهم‌ترین زیرمجموعه‌های کاروتن قلمداد می‌شود که در بدن به ویتامین A، تبدیل و برای بینایی، سلامت پوست و سیستم ایمنی (جلوگیری از آسیب رادیکال‌های آزاد به بدن) ضروری است.

^۶ پلی‌فنول‌ها (Polyphenols)، دسته‌ای از ترکیبات شیمیایی طبیعی هستند و به‌عنوان آنتی‌اکسیدان، شناخته می‌شوند. مسئولیت محافظت از سلول‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد را بر عهده دارند و در بهبود عملکرد مغز و سیستم هاضمه و در پیشگیری از بعضی بیماری‌های قلبی و سرطان، نقش دارند.

هیدروژنی (مانند $H - O$) را دارند، آن هم با القاء ارتعاشات کششی و خمشی در مولکول‌های آب و مولکول‌های مشابه با آب (مانند آب‌اکسیژنه) و ارتعاشات سبب می‌شوند تا ابعاد خوشه‌های آب درون بدن و یا گیاهان، کوچک‌تر شوند. در همین راستا، مولکول‌های آب-اکسیژنه نیز با ضعیف‌تر شدن پیوندهای هیدروژنی، ناگزیر به تبدیل بی‌ بازگشت به آب و مولکول دو اتمی اکسیژن می‌شوند. این اوضاع، شاید دلیلی بر سالم‌تر ماندن برگ‌های مورد آزمایش در پژوهش تینگ‌کای لیونگ باشد. یعنی پاک‌سازی آب‌اکسیژنه در نمونه‌ها و تبدیل مداوم آن‌ها به آب و مولکول اکسیژن، سبب شاداب‌تر ماندن برگ‌ها در آزمایش خواهد بود؛ زیرا هیدروژن پراکسیدها از رادیکال‌های آزاد آسیب‌زننده (و تولید شده در میتوکندری سلول) به سلول‌ها و اجزاء درون آن‌ها از قبیل دی‌ان‌ای، پروتئین‌ها و لیپیدها محسوب می‌شوند و از متهمان اصلی ایجاد تنش اکسیداتیو، به‌شمار می‌آیند. بنابراین، بهتر است بیان شود که فرایند تبدیل آب‌اکسیژنه به آب و مولکول اکسیژن، گزینه‌ای حیات‌بخش و سازنده در بهبود عملکرد سلول‌های گیاهی و جانوری (همچون تشکیل استخوان) خواهد بود (آن هم با تابش انرژی فروسرخ دور) و گویی روندی معمول و رایج در طبیعت است.

پوشاک، زیورآلات و سرامیک‌ها: گسیل دهنده‌های انرژی فروسرخ

از موارد مهم در زندگی، انتخاب پوشاک و منسوجات مناسب است. بشر، تاکنون علاوه بر پوشش زیبا و عفیف، از انتخاب پوشاک برای حفظ سلامت خود هم استفاده کرده است. از این‌رو، البسه‌ی گرم را در مناطقی با آب و هوای سرد برگزیده و بالعکس، در مناطق گرمسیری، پوشاکی به فراخور آب و هوای گرم منطقه، انتخاب نموده است. از دیگر عوامل مغفول در عصر حاضر، می‌توان به نادیده‌گرفتن اثرات زیستی و پزشکی پوشاک و دیگر منسوجات اشاره داشت که در قرون پیشین به این موارد توجه بیش‌تری می‌شده است. در سالیان اخیر و با افزایش آگاهی از اثرات سودمند امواج مرئی و فروسرخ (به خصوص، فروسرخ دور) بر سلامت، انواع البسه (مانند پیراهن، جوراب، کمربند، دستکش، کلاه، زانوبند و غیره)، منسوجات، کرم‌ها، لوازم آرایشی و بهداشتی، لوازم خواب و استراحت (مانند پتو، ملحفه، بالش و موارد بسیار دیگر)، باندهای بانداژ و گچ‌های درمانی (در درمان زانو درد، دردهای مفصلی و آرتروز زانو^۱ که برای مثال، در پژوهش جامع بانیاتو^۲ و همکاران ایتالیایی-

^۱ Knee Osteoarthritis

^۲ G. Bagnato

اش در سال ۲۰۱۲ میلادی به آن پرداخته شده است)، با خاصیت ذخیره سازی این دسته از امواج توسط مواد معدنی و کانی ها (مانند گزارش بالینی ساچیو اوگیتای^۱ ژاپنی و همکارانش در سال ۱۹۹۰ میلادی که با قراردادادن قرص های سرامیکی پتالیتی^۲ تابش کننده ی انرژی فروسرخ دور بر سینه ی مادران باردار، موفق به ثبت بهبود میزان تولید و ترشح شیر^۳ از پستان های مادران شدند!)، نانومواد (مانند به کارگیری نانوذرات ژرمانیوم^۴ و سیلیکا (دی-اُکسید سیلیسیوم)^۵ توسط چونگ و لی^۶ در سال ۲۰۱۴ میلادی و موارد بسیار دیگر) و یا پودرهای سرامیکی^۷ (مثل گزارش های پژوهشی و بالینی تینگ کای لیونگ و گروه همراه او، در سال های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ میلادی، با هدف به کارگیری علیه سلول های سرطانی همچون ملانوما و در درمان دردهای مفصلی خرگوش)، به بازار عرضه شده است.

اساس رفتار فیزیکی این گونه البسه، وسایل کمک درمانی و لوازم آرایشی و بهداشتی، بر پایه ی دریافت امواج حاصل از انرژی گرمایی (به ویژه، امواج فروسرخ دور) از بدن فرد و ذخیره سازی آن در تار و پود لباس و ساختار دیگر لوازم (یا گسیل انرژی فروسرخ دور از مواد سازنده ی خود) و برگشت مجدد آن به بدن (به ویژه، پوست و لایه های آن) است. امروزه دسته ای از این گونه منسوجات، در لباس ورزشکاران حرفه ای و بیماران، به کار می رود.

ادعا می شود که این گونه منسوجات و لوازم آرایشی و بهداشتی و غیره، که از مواد ساطع کننده و جاذب انرژی فروسرخ دور تهیه شده اند، افزون بر اثرات سودمندی همچون دیگر منابع انرژی فروسرخ دور، در درمان برخی امراض کم خطرتر نیز کاربردی اساسی دارند. از جمله ی این امراض، می توان به عارضه ی پوستی سلولیت^۸ اشاره داشت که راثو^۹ و تیم وی

^۱ Sachio Ogita

^۲ پتالیت (Petalite)، کانی سیلیکاتی است که از لیتیوم، آلومینیوم و سیلیسیوم، تشکیل شده است. این کانی در صناعی همچون تولید سرامیک و شیشه کاربرد دارد و به دلیل وجود لیتیوم در آن، منبع مهمی برای استخراج لیتیوم، محسوب می شود.

^۳ Lactation

^۴ Germanium (Ge)

^۵ Silica or Silicon Dioxide (SiO₂)

^۶ J. Chung & S. Lee

^۷ Ceramic Powders

^۸ سلولیت (Cellulite)، به برجستگی ها (برآمدگی ها) و فرورفتگی های روی پوست اطلاق می شود که به دلیل تجمع چربی در زیر پوست ایجاد می شوند و ظاهری ناهموار و شبیه به پوست پرتقال یا حفره های پنیر به پوست می دهند. این عارضه ی کم خطر، بیش تر در نواحی ران، باسن و شکم زنان دیده می شود ولی در سایر نقاط بدن نیز ممکن است پدید آید.

در سال ۲۰۰۵ میلادی، نشان داده‌اند که چین و چروک‌ها و فرورفتگی‌های حاصل از سلولیت، هنگامی که با لباسی حاوی سرامیک‌های مذکور پوشیده شوند، کاهش یافته‌اند. در مقاله‌ای که لوئیز آگوستو لوپاتو کونرادو^۱ و اِگبرتو مونین^۲ اهل برزیل که در سال ۲۰۱۱ میلادی نگاشته‌اند، یادآور شده‌اند که با تهیه‌ی لباسی حاوی نانوسرامیک‌های ساطع‌کننده و جاذب امواج فروسرخ دور، می‌توان به کاهش وزن (جرم) شایان توجهی دست یافت. ایشان در این پروژه‌ی پژوهشی، ترکیبی با پودرهای سرامیکی از نوع آلومینا^۳، اکسید منیزیم^۴، تیتانیا^۵ و سیلیکا را در به بافت نخ و پارچه گنجانده‌اند (موسوم به نخ‌ها و پارچه‌های جاسازی‌شده با سرامیک^۶) و دو گروه شاهد و تحت آزمایش را با دستورالعملی ویژه و پوشش لباس به مدت ۸ ساعت در روز و در ۳۰ روز متوالی، مورد تحلیل و بررسی خود قرار داده و متوجه کاهش وزن (جرم) افراد تحت آزمایش با لباس ساخته‌شده از نخ‌های بهره‌مند از نانوذرات سرامیکی گسیل‌کننده و جاذب انرژی فروسرخ دور شده‌اند. در البسه‌ی فراهم‌شده توسط این محققان، میزان تابش و بازتابش بالای امواج فروسرخ دور، به‌وضوح نشان داده شده است و آن‌ها مدعی هستند که بهره‌گیری از چنین البسه‌ای به سلامت عمومی بدن کمک می‌نماید.

گروهی تایوانی به رهبری چونگ‌فنگ جِفری کوئو^۷ در سال ۲۰۱۶ میلادی، در نوآوری خود و با الیاف پلی‌پروپیلین^۸، موفق شده‌اند میزان گسیل امواج فروسرخ دور را نسبت به پلی-پروپیلین خالص، افزایش دهند^۹ و پیشنهاد می‌دهند که در منسوجات و برخی البسه از قبیل البسه‌ی ورزشی، می‌توان از الیاف پلی‌پروپیلین استفاده نمود تا انرژی گرمایی و انرژی فروسرخ دور بیش‌تری به بدن ساطع گردد.

⁹ J. Rao

¹ Luis Augusto Lupato Conrado

² Egberto Munin

³ Alumina or Aluminium Oxide (Al₂O₃)

⁴ Magnesium Oxide (MgO)

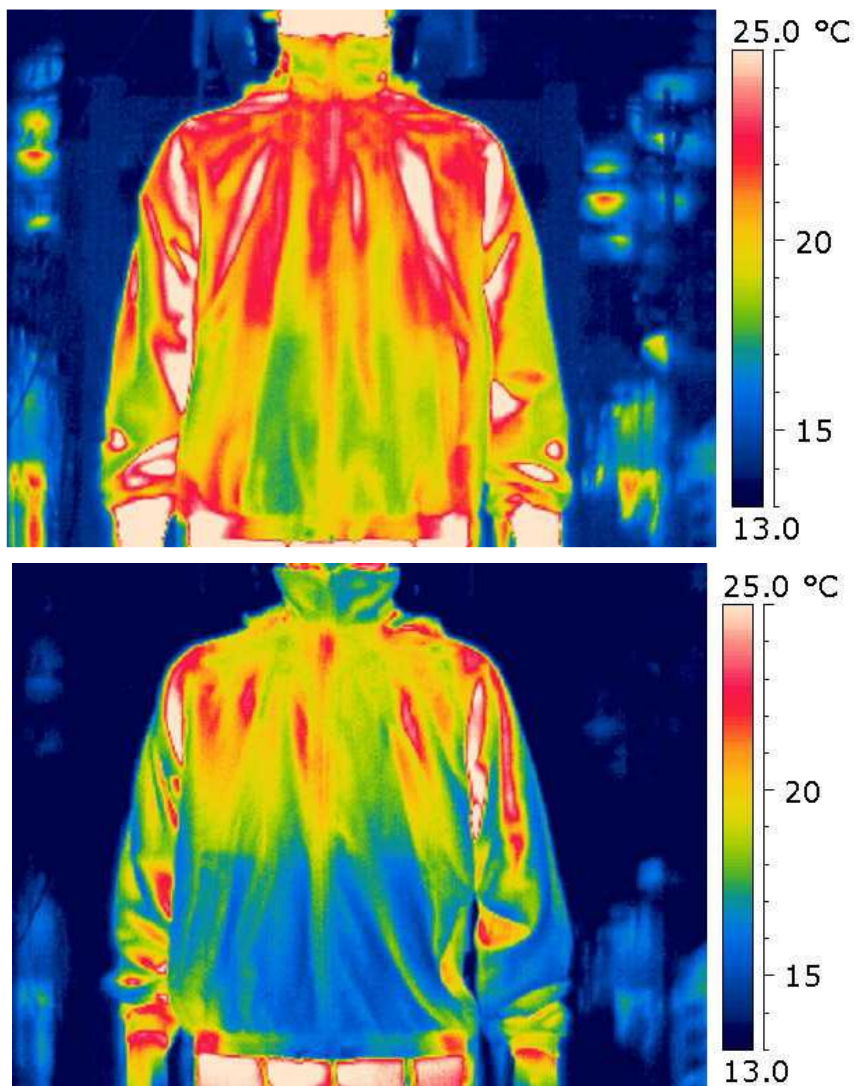
⁵ Titania or Titanium Dioxide (TiO₂)

⁶ Ceramic-Embedded Yarns & Fabrics

⁷ Chung-Feng Jeffrey Kuo

⁸ Polypropylene (PP) Fibers

⁹ افزایش دمای ۸/۶ درجه‌ی سلسیوس برای الیاف پلی‌پروپیلین در مقابل ۶ درجه‌ی سلسیوس پلی‌پروپیلین خالص (حدود ۱/۴۳ برابر) و همچنین، افزایش دمایی در حدود ۱/۵۳ و ۱/۷۵ برابر نسبت به پلی‌اتیلن ترفتالات (Polyethylene Terephthalate (PET)) و پلی‌امید (Polyamide) یا همان نایلون (Nylon)، که در صنعت نساجی بسیار پُرفرودار هستند.



شکل ۲۰: ترموگرافی فروسرخ. ترموگرام‌هایی از بدن مانکن با گرم‌کن حاوی پودرهای سرامیکی (تصویر بالا) و بدون سرامیک (تصویر پایین).

در این زمینه، چونگ‌هی پارک^۱ اهل کره جنوبی و محققان همراه با وی در سال ۲۰۰۶ میلادی، پیشنهاد به‌کارگیری پودرهای سرامیکی از زیرکونیوم^۲، اکسید منیزیم و اکسید آهن^۳

^۱ Chung-Hee Park

^۲ Zirconium (Zr)

^۳ Iron Oxide

را در البسه و پارچه‌ها (به‌ویژه در ست گرم‌کن و شلوارهای ورزشی)^۱ برای گسیل امواج و انرژی فروسرخ دور (با طول موج ۶ تا ۱۴ میکرون) می‌دهند و با آزمایش اثبات می‌کنند که چنین ترکیبی در تار و پود البسه، باعث گسیل و جذب امواج فروسرخ دور می‌شوند و مستقیماً به گردش خون، تعادل گرمایی بدن و حفظ سلامت، کمک می‌نمایند. پژوهشگران گروهی در این گزارش ارزشمند، به نمایش توزیع امواج فروسرخ در مانکن توسط اندازه‌گیری‌های ترموگرافیک^۲، اقدام نموده‌اند. آن‌طور که در شکل ۲۰ مشاهده می‌شود، آن‌ها با ترموگرافی فروسرخ^۳ به‌وضوح، توزیع دمایی و فروسرخ را در آزمون مانکن حرارتی^۴ در دو مدل گرم‌کن (با و بدون به‌کارگیری از پودرهای سرامیکی گسیل‌کننده انرژی فروسرخ) به نمایش گذاشته‌اند. در این تصاویر، مشاهده می‌شود که مانکن با گرم‌کن حاوی پودرهای سرامیکی، در نواحی سینه، زیر بغل و کمر، افزایش دما را نسبت به آزمایش با گرم‌کن بدون پودرهای سرامیکی، داشته است.

در این راستا، هیون‌آه کیم^۵ و سئونگ‌جین کیم^۶ هر دو از کره جنوبی در سال ۲۰۱۸ میلادی با طرح ساخت نخ‌ها و پارچه‌های جاسازی‌شده با زیرکونیوم‌کاربید^۷، آلومینا و گرافیت^۸، به نتایج جالب‌توجهی دست یافته‌اند. این دو محقق در گزارش خود، مدعی‌اند که در البسه‌ی ساخته‌شده از پارچه‌های جاسازی‌شده با زیرکونیوم‌کاربید - گرافیت و همچنین، آلومینا - گرافیت، میزان تابش و جذب انرژی فروسرخ دور، بیش‌تر از البسه و پارچه‌های بر پایه‌ی الیاف پلیمری متداول و مطرح PET/PA (پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) و پلی‌امید (PA)) است؛ به طوری‌که، نشان داده‌اند که دمای سطح بدن (بدن مانکن)، ۵/۱ و ۸/۴ درجه‌ی سلسیوس (به‌ترتیب، برای پارچه‌های بر پایه‌ی آلومینا و زیرکونیوم‌کاربید)، بیش‌تر از

^۱ Warm-Up Suits

^۲ Thermographic Measurements

^۳ ترموگرافی فروسرخ (Infrared Thermography)، یک روش تصویربرداری است که از امواج فروسرخ جهت تشخیص و نمایش توزیع دمای سطوح مختلف به‌کار می‌رود. این شیوه، با دوربین‌های ویژه، تابش امواج فروسرخ ساطع‌شده از اجسام را دریافت و به تصاویر قابل‌مشاهده، تبدیل می‌کند. تصاویر حاصل، موسوم به ترموگرام (Thermogram)، اطلاعاتی مفید از توزیع دمایی و نقاط سرد و گرم سطوح، ارائه می‌دهند.

^۴ آزمون مانکن حرارتی (Thermal Manikin Test)، فرایندی است که در آن از مانکن مجهز به حسگرهای حرارتی و فروسرخ برای ارزیابی شرایط حرارتی محیط و تأثیر لباس بر آن، استفاده می‌شود.

^۵ Hyun Ah Kim

^۶ Seung Jin Kim

^۷ Zirconium Carbide (ZrC)

^۸ Graphite

دمای سطح در البسه‌ی بر پایه‌ی الیاف پلیمری PET/PA است. در این آزمایش‌ها، مشخص شده است که تابش و توان تابشی پارچه‌ی جاسازی‌شده با زیرکونیوم‌کاربید - گرافیت، کمی فراتر از پارچه‌ی آلومینا - گرافیت است^۱ و در نهایت، هر دو الگو از البسه، تابشی فراتر از البسه‌ی پلیمری PET/PA دارند.



شکل ۲۱: نمونه‌ای از ژاکت تهیه‌شده از پارچه‌های جاسازی‌شده با زیرکونیوم‌کاربید - گرافیت.

لازم به ذکر است که این دو محقق پیش از این، در سال ۲۰۱۷ میلادی نیز با ارائه‌ی دستاوردی مشابه و با تولید لباسی از الیاف پلیمری PET با نخ‌ها و پارچه‌های جاسازی‌شده با زیرکونیوم‌کاربید، موفق به ثبت میزان گسیلندگی یا ضریب انتشار سطح^۲ نسبتاً مناسب ۰/۹۰۶ در طول موج تابشی ۵ تا ۲۰ میکرون شده‌اند (در مقایسه با گسیلندگی ۰/۸۷۴

^۱ افزون بر تابش بیش‌تر، پارچه‌ی زیرکونیوم‌کاربیدی، لطافت و نرمی بهتری را نسبت به پارچه‌ی آلومینایی داشته است!
^۲ ضریب انتشار سطح یا قابلیت انتشار یا گسیلندگی (Emissivity)، به نسبت انرژی تابشی سطح به انرژی تابشی جسم سیاه در همان دما، گفته می‌شود. به عبارتی ساده‌تر، این ضریب نشان می‌دهد که سطح مورد نظر به چه میزان در تابش حرارتی مؤثر است و مقدار آن بین صفر تا یک قرار می‌گیرد؛ به طوری که مقدار یک برای تابش حرارتی جسم سیاه کامل است و مقادیر کم‌تر از آن برای اجسام دیگر (البته به فراخور میزان حرارت)، در نظر گرفته می‌شود.

البسه‌ی PET با پارچه‌های جاسازی‌شده با ژرمانیوم که در سال ۲۰۱۰ میلادی، تولید کرده‌اند و همچنین البسه‌ی معمولی PET که جداً قابل‌ملاحظه است).

رابین یورک^۱ و یان گوردون^۲ از ایالات متحده در سال ۲۰۰۹ میلادی، با استفاده از جوراب‌هایی از جنس PET (ساخت شرکت سلِی‌پنت^۳ که در به‌کار بردن فناوری فروسرخ در پوشاک، مشهور است.) و براساس تابش انرژی فروسرخ نزدیک به سطح پای داوطلبان، نشان دادند که دردهای مزمن پا، با افول درد، مواجه و بهبودی نسبی، حاصل شده است.

رنان نونسی^۴ و همکاران برزیلی وی در سال ۲۰۱۸ میلادی، با بررسی و تحلیل داده‌های مربوط به تحقیقات پیشین (مانند پژوهش هاوس‌ویرت^۵ و گروهش در سال ۲۰۱۱ میلادی، با درمان دردهای عضلانی دونده‌های حرفه‌ای که با استفاده از لامپ‌هایی که سراسر بدن را آماج پرتوهای فروسرخ دور کرده‌اند و یا تحقیق لُتورکو^۶ و همکارانش در سال ۲۰۱۶ میلادی که بیان‌گر بهبود دردهای عضلانی فوتبالیست‌های حرفه‌ای پس از تمرینات سخت پلائیومتریک^۷ است و فوتبالیست‌ها با بهره‌مندی از البسه‌ی ساطع‌کننده‌ی انرژی فروسرخ دور، با افت التهاب و تنش‌های اکسیداتیو، مواجه شده‌اند.) و تمرینات بازیکنان حرفه‌ای لیگ فوتسال برزیل، پیش از آغاز فصل مسابقات (تمرینات پیش‌فصل^۸)، دریافته‌اند که فرایند بازیابی سلامت و بهبود آسیب‌های جزئی از گذشته (مثل گرفتگی و انقباض عضلانی^۹)، تورم و درد در نواحی مختلف، با پوششی از البسه‌ی حاوی الیاف سرمایی گسیل‌کننده‌ی انرژی فروسرخ دور (مانند تورمالین^{۱۰}، کائولینیت^{۱۱} و اکسید آلومینیوم)، هر شب در هنگام خواب و

^۱ Robyn M. B. York

^۲ Ian L. Gordon

^۳ Celliant™

^۴ Renan F. H. Nunes

^۵ C. Hausswirth

^۶ I. Loturco

^۷ تمرینات پلائیومتریک یا پلیومتریک (Plyometric Exercises)، نوعی از تمرینات ورزشی پُر فشار هستند که با هدف افزایش توان و سرعت عضلات در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام می‌شود. این‌گونه تمرینات، بر حرکات انفجاری و پرشی استوارند و به عضلات ورزشکار کمک می‌نمایند تا در مدت زمانی کوتاه، حداکثر نیرو را تولید کنند تا در نهایت، کارایی و عملکرد ورزشکار، بهبود یابد.

^۸ Pre-Season

^۹ Muscle Contraction

^{۱۰} تورمالین (Tourmaline)، کانی سیلیکاتی است که به دلیل رنگ‌های متنوع و خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد، به عنوان گوهر و جواهری قیمتی مطرح شده است. در طبیعت، به شکل بلورهای ستونی و کشیده و در رنگ‌های گوناگونی از قبیل مشکی، صورتی، آبی، سبز و غیره، یافت می‌شود. علاوه بر زیبایی، خواص ویژه‌ی الکتریکی همچون

استراحت و افزون بر آن، تمرینات ورزشی مداوم به مدت ۲ تا ۳ هفته، می تواند اثراتی دوچندان در آمادگی ورزشکاران و به ویژه، فوتسالیست ها و کاهش دردهای مزمن عضلانی و التهاب های حاصل از ورزش حرفه ای (عملی همانند داروی مُسکّن^۱ و ضدالتهاب) داشته باشد. پژوهشگران برزیلی در این تحقیق پی برده اند که سطح سیتوکین های $TNF-\alpha$ و دیگر سیتوکین ها نظیر $IL-1\beta$ (سیتوکین پیام رسان بین سلولی و عامل فعال سازی سایر سلول ها برای ترمیم بافت و مبارزه با عفونت)، $IL-6$ (سیتوکین یاری رسان برای مقابله با عفونت، آسیب یا التهاب)، $IL-8$ (سیتوکین فرمان دهنده به نوتروفیل ها (نوعی گلبول سفید) جهت عزیمت به محل آسیب یا عفونت) و $IL-10$ (سیتوکین کاهش دهنده ی التهاب) داوطلبان، بالا رفته است که از عملکرد مناسب انرژی فروسرخ دور خبر می دهد. همچنین، بهبود گردش خون (به ویژه، ریز جریان ها)، افزایش مهاجرت لکوسیت ها به بافت ها و تسهیل مهاجرت نوتروفیل ها به عضله و ماهیچه، از نتایج ارزشمند این پروژه تلقی می شود. گروه تحت رهبری باستین بونتام^۲ فرانسوی در سال ۲۰۲۱ میلادی نیز به نتایجی مشابه با گروه برزیلی رنان نونس درباره ی اثرات هم زمان پوشیدن البسه ی ساطع کننده ی موج فروسرخ دور و تمرینات ورزشی، بر سلامت ورزشکاران دست یافته است که مبین صحت و سقم تحقیقات درمان بر پایه ی انرژی فروسرخ دور خواهد بود. در آینده ای نه چندان دور و با تعامل و هم فکری رو به اوج دانشمندان علوم ورزش، نساجی و حتی فیزیک، در زمینه ی سلامت و بهبود عملکرد ورزشکاران، قطعاً نتایج درخشان تر از پیش را شاهد خواهیم بود.

در تحقیقی منحصر به فرد، یی فی تائو^۳ و همکاران هنگ کنگی وی در سال ۲۰۱۸ میلادی، موفق به شناخت بهتری از سطح مقطع مؤثر برای الیاف به کار رفته در پارچه های

پیروالکتریسیته (Pyroelectricity) و پیزوالکتریسیته (Piezoelectricity)، این کانی را در کانون توجه دانشمندان قرار داده است. ادعای درمان برخی بیماری ها و تسکین و التیام دردها به وسیله ی تورمالین (به دلیل تابش امواج فروسرخ دور با طول موج ۴ تا ۱۴ میکرومتر)، به موضوعی داغ در محافل پزشکی و درمانی (با موافقان و مخالفان بسیار) تبدیل شده است.

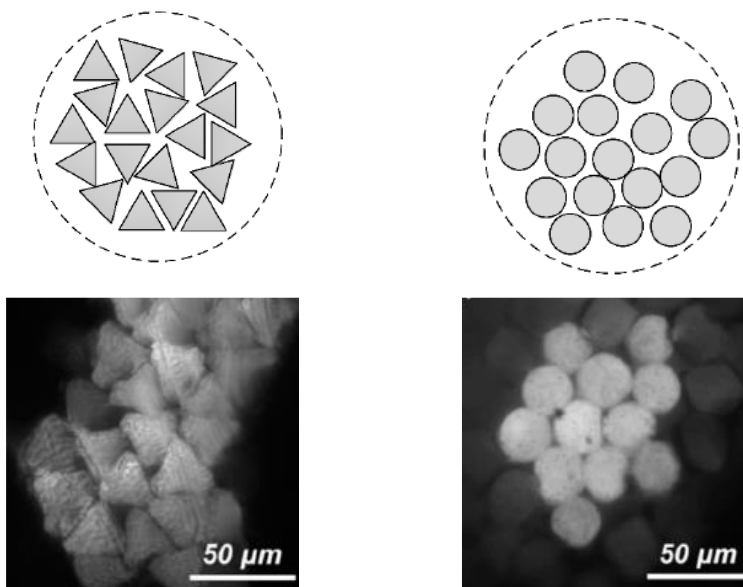
^{۱۱} کائولینیت (Kaolinite)، کانی رُسی سفید رنگی است که عموماً در سنگ هایی یافت می شود که از هوازدگی شیمیایی سنگ های آذرین و کانی های آلومینوسیلیکات (Aluminosilicate)، همچون فلدسپات یا فلدسپار (Feldspar/Feldspat) به وجود آمده اند و به عنوان کانی صنعتی شناخته می شود. به سنگی که مقدار زیادی کائولینیت دارد، کائولن (Kaolin) گفته می شود. این نوع کانی، به عایق بودن در برابر حرارت و الکتریسیته نیز مشهور است.

¹ Analgesic

² Bastien Bontemps

³ Yifei Tao

تابش‌کننده‌ی امواج فروسرخ دور، شده‌اند. در این گزارش بدیع، با بررسی دو نوع سطح مقطع^۱ دایره‌ای و مثلثی از الیاف نایلون (یا همان پلی‌آمید)، موضوع افزایش تابش و جذب انرژی فروسرخ دور، به میان آمده است.



شکل ۲۲: نمایش الیاف نایلونی با سطوح مقطع دایره‌ای (تصاویر راست) و مثلثی (تصاویر چپ) به صورت طرح‌وار و در تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM.

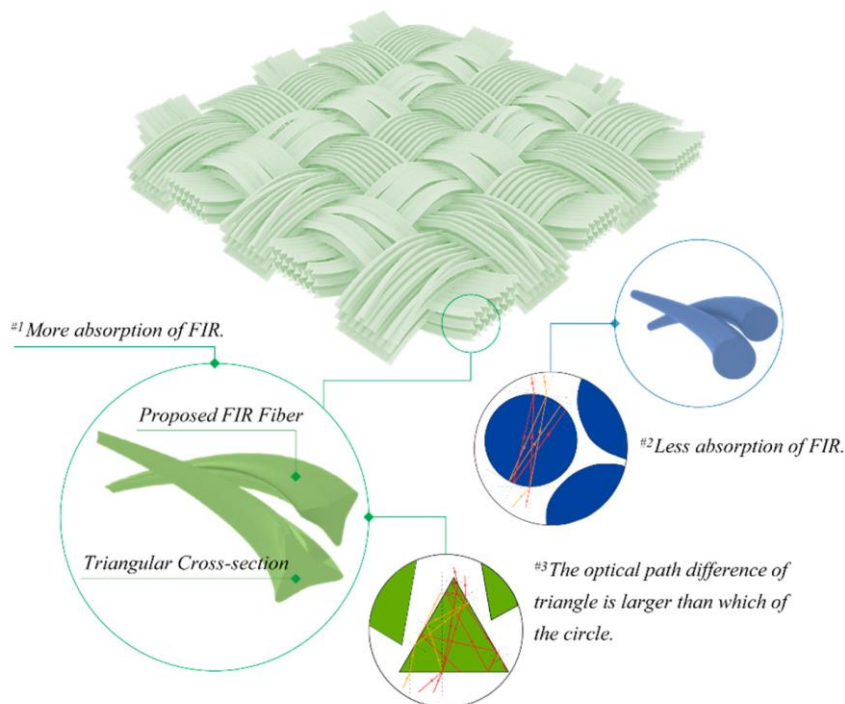
در این تحقیق، مشخص شده است که سطوح مقطع مثلثی، میزان تابش و جذب به مراتب بالاتری را نسبت به دایره‌ای بروز می‌دهند. تصور بر این است که چون اختلاف مسیر اپتیکی^۲ در الیاف مثلثی نسبت به دایره‌ای بیش‌تر است، امواج فروسرخ دور، انتشار^۳ و پراکندگی بیش‌تر و پیچیده‌تری را تجربه می‌نمایند و در نتیجه، میزان جذب و تابش انرژی فروسرخ دور، بیش‌تر می‌شود! به طور دقیق اثبات شده است که سطوح مقطع مثلثی، دمایی در حدود ۵۹/۰ درجه‌ی سلسیوس و میزان گسیل ۵/۱۳ درصد، بیش از سطوح مقطع دایره‌ای را سبب می‌شوند. این نتایج، پیشنهاد می‌دهند که سطوح مقطع مثلثی برای الیاف به‌کار

^۱ Cross Section

^۲ اختلاف مسیر اپتیکی (Optical Path Difference)، در نورشناسی به معنای اختلاف طول مسیر پیموده‌شده توسط دو پرتوی نور که از یک منبع واحد سرچشمه می‌گیرند، است.

^۳ Propagation

رفته در بافت پارچه‌های گسیل‌کننده و جاذب امواج فروسرخ دور، می‌توانند گزینه‌ای جذاب برای محققان در زمینه‌ی البسه و پوشاک مبتنی بر انرژی فروسرخ دور^۱ باشند.



شکل ۲۳: مقایسه‌ی اختلاف مسیر آپتیکی پرتوهای فروسرخ دور در دو سطح مقطع دایره‌ای و مثلثی.

برخی نیز مدعی‌اند، سنگ‌هایی همچون یاقوت^۲، عقیق^۳، یشم^۴، فیروزه^۵، سنگِ مار (سِرپانتین)^۶ و غیره، توانایی جذب و گسیل امواج فروسرخ به بدن را دارند و به بهبودی و

^۱ FIR Garments

^۲ Ruby

^۳ Agate

^۴ Jade

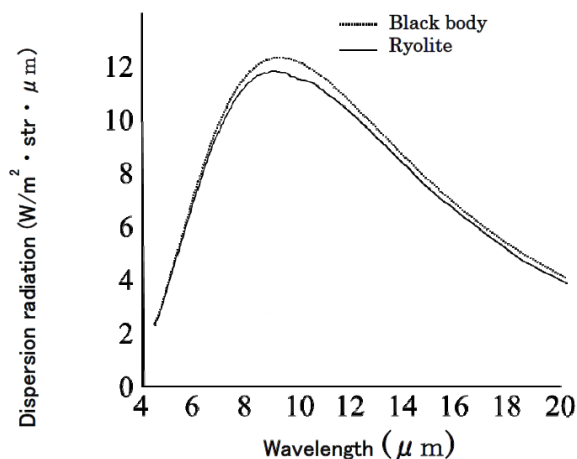
^۵ Turquoise

^۶ Serpentine

^۷ برای مثال، شِن (X. Shen) و همکاران چینی وی در سال ۲۰۱۵ میلادی، با بررسی یشم و اثرات حرارتی (گسیل انرژی فروسرخ دور در طول موج ۸ تا ۱۵ میکرومتر) و مغناطیسی آن در به‌کارگیری این سنگ در منسوجات، تحقیقی بدیع انجام داده‌اند. پیش از این، در پژوهشی، یو (B. H. Yoo) و تیم وی در سال ۲۰۰۲ میلادی، به نتایج مشابه با گروه چینی دست پیدا کرده و یشم و تورمالین را دارای خواص پرتودهی در طول موج ۴ تا ۲۰ میکرومتر (طیف فروسرخ

حفظ سلامت انسان‌ها کمک می‌نماید. گردش خون مناسب، گشادسازی و انبساط عروق، افزایش سنتز گلاژن، ممانعت از خستگی‌های مفرط و حتی فعالیت مؤثرتر فیبروبلاست‌ها، از جمله اثرات مفید این دسته از مواد معدنی، منسوجات و لوازم گوناگون تهیه‌شده از نانومواد و مواد ساطع‌کننده‌ی امواج فروسرخ خواهند بود. شاید (!) دغدغه‌ی فراوان روایات اسلامی و طب سنتی ایرانیان در به همراه داشتن سنگ‌های معدنی قیمتی و ارزشمند از سر همین توجه به سلامت بر پایه‌ی امواج فروسرخ و اثرات آن بر بدن بوده است که متأسفانه امروزه این علوم به فراموشی سپرده شده است.

از موادی که در طبیعت، برای تحقیقات در زمینه‌ی گسیل امواج فروسرخ دور بر آن تمرکز می‌شود، ریولیت^۱ است. این سنگ آذرین آتشفشانی، از گزینه‌های زمین‌شناسان و محققان حوزه‌ی پزشکی با امواج فروسرخ است. برخی از دانشمندان معتقدند که ریولیت، معدنی از امواج فروسرخ دور (با طول موج ۵ تا ۲۰ میکرومتر) است و با تابش جسم سیاه^۲ در طیف فروسرخ دور تقریباً برابری می‌کند (مطابق شکل ۲۴).



شکل ۲۴: مقایسه‌ی نموداری از انرژی تابشی بر حسب طول موج، از دو تشعشع‌کننده‌ی جسم سیاه و ریولیت.

دور) معرفی نموده و به کارگیری این مواد ارزشمند معدنی را در لوازم آرایشی و بهداشتی، جهت مراقبت و سلامت پوست (به دلیل افزایش دمای پوست و به تبع آن، افزایش ریز جریان‌های خونی پوست و زیر پوست)، پیشنهاد داده‌اند.

^۱ ریولیت (Rhyolite) و گرانیت (یا سنگ خارا، Granite)، از مهم‌ترین سنگ‌های آذرین آتشفشانی هستند. ریولیت‌ها در سطوح بیرونی‌تر و گرانیت‌ها در سطوح داخلی‌تر پدید می‌آیند. به همین دلیل، ریولیت‌ها (با ۷۰ درصد سیلیکات (Silicate))، در فرایندی سریع‌تر از گرانیت‌ها، سرد شده و به فاز جامد تبدیل می‌شوند و بافتی با دانه‌های ریزتر دارند.

^۲ Black Body Radiation

برای مثال، کیکوجی یاماشیتا^۱ در گزارشی، موفق به نشان دادن افزایش میزان حلالیت^۲ و شفافیت آب شده است. این رخداد، هنگامی به وقوع می پیوندد که سنگ ریولیت در درون آب قرار داده شود. وی، در ادامه ی پژوهش (در زمینه ی امواج فروسرخ دور حاصل از سنگ ریولیت)، دریافته است که موش های تحت تاثیر این سنگ و امواج فروسرخ دور حاصل از آن، به اضافه وزن گرفتار نمی شوند (برخلاف نمونه ی موش های شاهد). همچنین، در کاتکول آمین خون^۳ این موش ها، افت در میزان دوپامین، آدرنالین و نورآدرنالین، گزارش شده است. به طور کل، امواج فروسرخ دور حاصل از ریولیت، باعث کاهش در مقدار کاتکول آمین خون موش ها شده و مانع از فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک (هم حس)^۴ می شود و به تبع آن، فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک^۵ را تشدید می کند. در مجموع، موش های تحت آزمایش، در آرام ترین و بی تنش ترین حالت، به استراحت و زندگی پرداخته اند. در همین راستا، رخت خواب ها و تشک های طبی با قرار دادن قرص های محتوی مواد ساطع کننده ی انرژی فروسرخ دور (با ابعادی در حدود چند سانتی متر و به اندازه ی یک نخ سیگار)، طراحی و در الگویی خاص مورد استفاده قرار گرفته اند. افزون بر خواصی که از انرژی امواج فروسرخ دور تاکنون ذکر شد، محققان و به ویژه، دانشمندان ژاپنی، تأثیر مثبت این گونه رخت خواب ها را بر بهبود کیفیت و تنظیم ساعت خواب موش های صحرایی و انسان-ها (خصوصاً در افراد مبتلا به بی خوابی غیر عادی و بد خوابی)، بررسی و اثبات نموده اند. البته می توان نخستین گرایش ها در زمینه ی حل و بهبود شرایط خواب (در موش های

^۱ Kikuji Yamashita

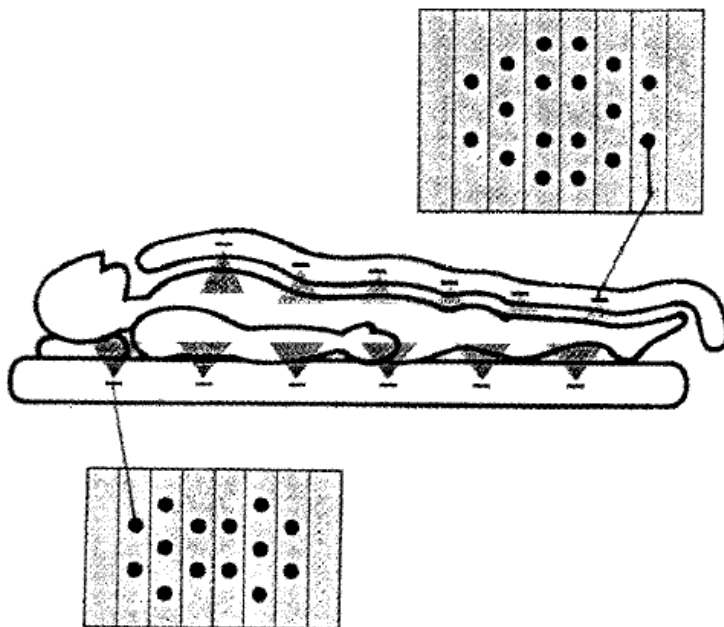
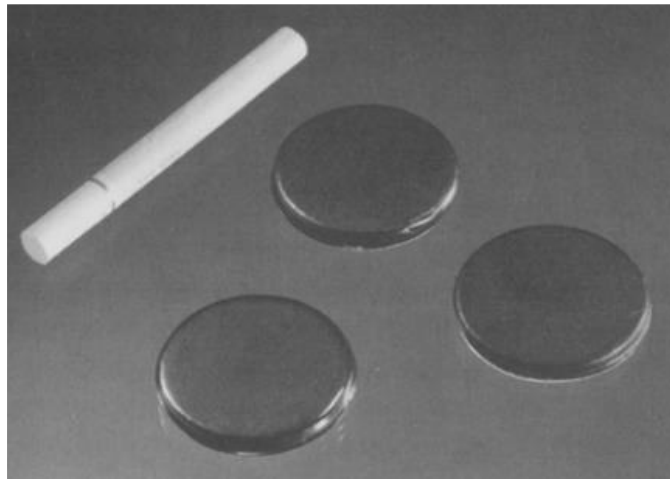
^۲ Solubility

^۳ کاتکول آمین خون (Blood Catecholamine)، به گروهی از مواد شیمیایی اطلاق می شود که به عنوان انتقال دهنده-های عصبی و هورمون ها در بدن عمل می کنند. این مواد از جمله دوپامین، آدرنالین (Adrenaline) و نورآدرنالین (Noradrenaline) در پاسخ به استرس و تنش های فیزیکی، روحی و عاطفی، در جریان خون آزاد می شوند.

^۴ سیستم عصبی سمپاتیک یا هم حس (Sympathetic Nervous System)، بخشی از سیستم عصبی خودمختار (Autonomous Nervous System یا ANS) هستند که فعالیت حالت جنگ و گریز در بدن را مدیریت می کنند. افزایش در ضربان قلب، فشار خون، سرعت تنفس و گشاد شدن مردمک چشم، از علائم فعالیت عصب های سمپاتیک در بدن برای مقابله با شرایط استرس زا هستند.

^۵ سیستم عصبی پاراسمپاتیک (Parasympathetic Nervous System)، در شرایط آرامش و استراحت فعال است و بدن را به حالت ابتدایی خود باز می گرداند. علائم آن کاملاً عکس سیستم عصبی سمپاتیک است.

صحرايي) توسط امواج فروسرخ دور را در تحقيق هوندا^۱ و شوجيرو اينويي^۲ به سال ۱۹۸۸ ميلادی، مشاهده نمود.

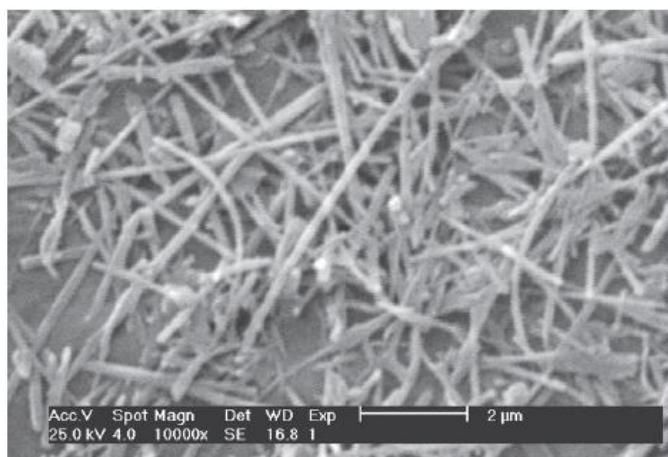


شکل ۲۵: قرص با قابلیت گسیل انرژی فروسرخ دور با ابعاد سیگار (تصویر بالا) و رخت خواب و تشک حاوی قرص‌های مذکور در الگوی خاص (تصویر پایین).

^۱ K. Honda

^۲ Shujiro Inoue

از دیگر مواد ساطع کننده ی انرژی فروسرخ دور می توان به نانوالیاف طبیعی سپیولیت^۱، اشاره داشت. سپیولیت که به عنوان کانی رُسی سیلیکاتی^۲ (و حاوی منیزیم) و سبک شناخته می شود، دارای ساختاری با کانال ها و منافذ میکروسکوپی است و در زمره ی مواد الیافی طبیعی^۳ طبقه بندی می شود. توانایی جذب آب، روغن و سایر مواد را دارد و به دلیل ویژگی های منحصر به فردی همچون حذف آلاینده ها از آب و فاضلاب و همچنین، جذب رطوبت و بهبود خواص پارچه، مورد اقبال صنعتگران و به ویژه متخصصان صنعت نساجی قرار گرفته است. این ماده، به طور طبیعی به صورت خاک مانند و حتی رشته ای یافت می شود. محققانی به مانند فی وانگ^۴، جین شینگ لیانگ^۵ و همکارانشان در سال ۲۰۱۰ میلادی، با استفاده از نانوالیاف سپیولیت دِ فیبره شده^۶ (با قطر میانگین ۱۰۰ نانومتر و طولی در حدود ۹ میکرون)، توانسته اند تا انرژی فروسرخ دور را مؤثرتر از روش تهیه ی خالص سازی شده با اسید^۷، تابش نمایند و در نهایت، به کارگیری نانوالیاف سپیولیت دِ فیبره شده را در پوشاک و منسوجات، پیشنهاد می دهند.



شکل ۲۶: تصویر میکروسکوپی از نانوالیاف سپیولیت.

^۱ Natural Sepiolite Nanofibers

^۲ Silicate Clay

^۳ Natural Fibrous Materials

^۴ Fei Wang

^۵ Jinsheng Liang

^۶ دِ فیبره شده (Defibred) به معنای جدا کردن الیاف از یکدیگر است.

^۷ خالص سازی شده یا تصفیه شده با اسید (Acid-Purified)، به معنای استفاده از اسید برای حذف یا تصفیه ی ناخالصی ها یا مواد زائد است. این شیوه معمولاً در خالص سازی مواد شیمیایی، معدنی و برخی فرآورده های غذایی، به کار می رود.

در ضمن، آن‌ها، افزایش در انرژی آزاد سطحی^۱ و ارتعاشات پیوند فعال فروسرخ^۲ را از دلایل ازدیاد تابش انرژی فروسرخ دور در روش تهیه‌ی دفیبره‌شده‌ی نانوالیاف سپیولیت، بیان می‌کنند.

جین‌شنگ لیانگ پیش از این نیز به همراه تیم تحقیقاتی خود در سال ۲۰۰۸ میلادی، با بررسی مواد کامپوزیت معدنی^۳ و بهره‌مندی از مواد اولیه‌ای همچون تورمالین، به نتایجی از تابش انرژی فروسرخ دور، دست یافته بود. البته لازم به ذکر است که تورمالین پیش از این به گسیل و تابش انرژی فروسرخ دور، مطرح بوده و این محققان در جهت افزودن به میزان تابش فروسرخ دور، درصد سَنِتَز و ساخت مواد کامپوزیت بدیع‌تر برآمده‌اند. اعضای این گروه در پژوهش مذکور، به سه فاکتور اساسی ترکیب و ساختار مواد^۴، ریزساختار^۵ و آرایش مناسب اتمی و سرانجام، انرژی آزاد سطحی مواد (به وسیله‌ی ابزارهایی نظیر طیف‌سنجی، میکروسکوپ‌های الکترونی و ...)، توجه ویژه داشته‌اند و در حین سَنِتَز، با بررسی اثر یون سریم^۶ (Ce^{2+})، به این نتیجه دست یافته‌اند که حضور این یون در ساختار تورمالین، انرژی آزاد سطحی را می‌افزاید و سبب گذار ذرات از ترازهای با انرژی بالاتر به پایین‌تر می‌شود و انرژی مازاد، به تابش هر چه بیش‌تر انرژی فروسرخ دور از ماده‌ی تورمالینی، می‌انجامد.

این گروه تحقیقاتی چینی^۷ در سال ۲۰۱۰ میلادی نیز با ارائه‌ی رویکردی نوین به پودرهای تورمالین، مجدد دریافتند که با هر چه کوچک‌تر شدن ابعاد این پودرها، تابشی بیش‌تر و بهتر از امواج فروسرخ دور را می‌توان از پودرهای فوق‌لریز تورمالین^۸ سراغ گرفت

^۱ انرژی آزاد سطحی (Surface Free Energy)، به میزان انرژی اضافی گفته می‌شود که سطح ماده نسبت به حجم داخلی آن دارد. این انرژی، ناشی از عدم تعادل نیروهای بین‌مولکولی در سطح ماده است (مثل برهم‌کنش‌های وان‌در والس و پیوند شیمیایی (Van der Waals & Chemical Bonding Interactions)). جایی که مولکول‌ها در سطح با مولکول‌های کم‌تری در تماس هستند و تعادل نیروها بر هم می‌خورد و ممکن است در ساختار ماده، مؤلفه‌ی قطبی (Polar Component)، ایجاد شود.

^۲ IR Active Bond Vibrations

^۳ Mineral Composite Materials

^۴ Material Composition

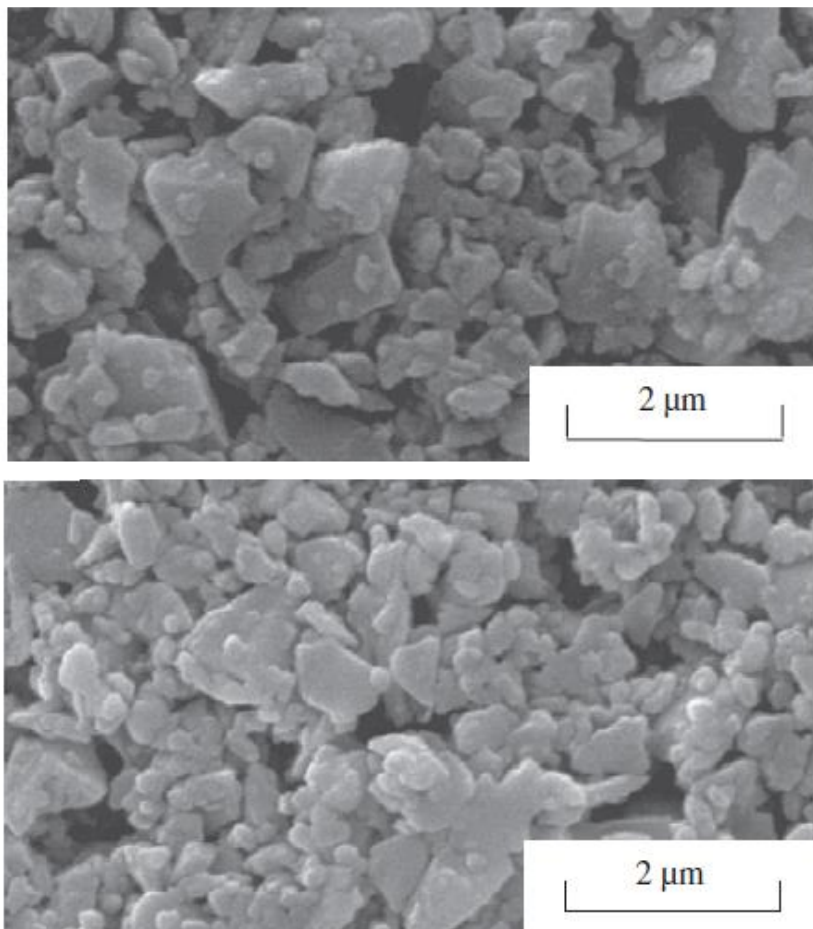
^۵ Microstructure

^۶ Cerium Ion

^۷ با محققانی همچون جون‌پینگ مینگ (Junping Meng)، جین‌شنگ لیانگ و سایر افراد.

^۸ Tourmaline Superfine Powders

(با ابعاد بهینه‌ی ۲/۶۷ و ۰/۲۰ میکرومتر، به‌ترتیب، به ضریب انتشار سطح یا گسیلندگی ۰/۹۷۳ و ۰/۹۹۱، رسیده‌اند).



شکل ۲۷: تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM از دو سایز مختلف پودرهای فوق‌ریز تورمالین.

محققان چینی که از آن‌ها یاد می‌کنیم، معتقدند که با روند کوچک‌تر شدن ابعاد پودرهای تورمالین، انرژی آزاد سطحی و نسبت مؤلفه‌ی قطبی (مانند قطبش خود به-خودی)^۱، به‌شدت افزایش می‌یابد و عاملی می‌شود تا گشتاور دوقطبی الکتریکی^۲ تورمالین

^۱ قطبش خود به خودی (Spontaneous Polarization)، به پدیده‌ی ایجاد گشتاور دوقطبی الکتریکی در ماده بدون نیاز به اعمال میدان الکتریکی خارجی، گفته می‌شود. در مواد فروالکتریک و برخی مواد دیگر، حتی در غیاب میدان

جهت ارتعاش پیوندهای شیمیایی^۱ به ترازهای انرژی بالاتر، تحریک و برانگیخته شده (به وسیله‌ی چرخش و ارتعاش مولکولی) و انرژی حاصل از این برانگیختگی و گذار^۲ به ترازهای کم‌انرژی‌تر، تورمالین را برای تابش بیش‌تر و مؤثری از امواج فروسرخ دور، توانا تر می‌نماید.^۳

سونای فروسرخ و وائون

سونای فروسرخ (نوعی از سونای فنلاندی^۴) و وائون^۵، از جدیدترین ایده‌ها در درمان بیماری‌هایی همچون زخم‌های حاد دیابتی، آرتروز، آرتريت روماتوئید، روماتیسم ستون فقرات، بیماری^۶ ریوی^۷، مشکلات تنفسی قلبی - عروقی^۸، نارسایی مزمن قلبی با اختلال عملکرد اندوتلیال عروقی^۹ و سیستم عصبی - عضلانی^{۱۰} و غیره، به حساب می‌آیند. دانشمندان محقق در زمینه‌ی تأثیرات سونا بر بیماری‌ها، مدعی هستند که با مدت زمانی محدود و با انجام مداوم این دو شکل از سونا، می‌توان به طور حرارتی و غیرحرارتی^{۱۱}، امواج فروسرخ دور را به درون بدن^{۱۱}، هدایت و اثرات مثبت و مفید این امواج در بدن را مشاهده نمود.

الکتریکی خارجی، اتم‌ها یا مولکول‌ها طوری در ساختار بلوری خود مرتب می‌شوند که یک قطبش الکتریکی خالص، ایجاد می‌کنند.

^۲ گشتاور یا ممان دوقطبی الکتریکی (Electric Dipole Moment)، کمیتی برداری است که اندازه و جهت قطبیت (فاصله افتادن مناسب در مکان قطب‌های مثبت و منفی) مولکول یا ساختارهای دیگر (مثل بلور) را نشان می‌دهد. به طور کل، چگونگی توزیع بارهای الکتریکی و میزان قطبیت سیستم را مشخص می‌نماید.

¹ Chemical Bonds

² Transition

^۳ طبق اصلی مهم در مکانیک کوانتومی، ذرات (مثل الکترون یا نوکلئون)، با گذار از ترازهای با انرژی بالاتر به پایین‌تر، انرژی را به صورت گسیل یک فوتون آزاد می‌کنند (دقیقاً به میزان اختلاف انرژی دو تراز). هر چه اختلاف انرژی این دو تراز بیش‌تر باشد، فوتون پُر انرژی‌تر (موج الکترومغناطیس با بسامد یا فرکانس بیش‌تر)، تابش می‌شود.

⁴ Finnish Sauna

^۵ چووا تئی (Chuwa Tei)، دانشمند ژاپنی و از پیشگامان تحقیقات در زمینه‌ی سونای وائون و اثرات آن در ژاپن و جهان، نام ژاپنی وائون به معنای گرمای آرامش‌بخش (Soothing Warmth) را برای این شیوه‌ی درمانی، برگزید.

⁶ Pulmonary Disease

⁷ Cardiovascular Respiratory Problems

⁸ Chronic Heart Failure with Vascular Endothelial Dysfunction

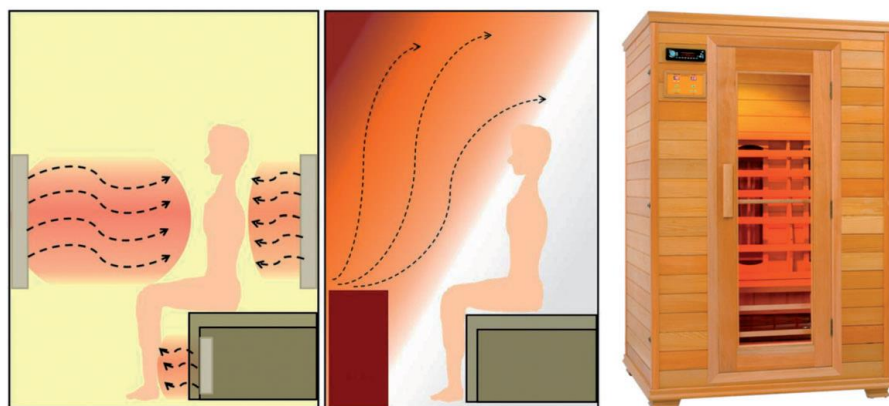
⁹ Neuromuscular System

¹⁰ Heating & Non-Heating IR Radiation

^{۱۱} در سونای فروسرخ، امواج فروسرخ دور ناشی از گرما و حرارت، تا عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری در بافت پوست، چربی و سیستم عصبی - عضلانی (در دماهای حدود ۳۵ تا ۵۰ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت ۲۵ تا ۳۰ درصد)، نفوذ می‌کنند.

در سونای فنلاندی یا همان سونایِ فروسرخ، محققان فنلاندی (آنتی مِرو^۱ و همکاران فنلاندی‌اش در سال ۲۰۱۵ میلادی)، دریافته‌اند که مراجعین پس از ۳۰ تا ۴۰ دقیقه استفاده از سونا، افزون بر فواید ذکر شده در بالا، میزان هورمون کورتیزول^۲ و جذب اکسیژن^۳ در خون‌شان نیز افزایش یافته است.

سونای وائون (با قابلیت تابش امواج فروسرخ دور) در کشورهای ژاپن و کره جنوبی به درمان وائون معروف گشته و از محبوبیت خاصی برخوردار شده است. در سونای ژاپنی وائون، به فرد تحت درمان توصیه می‌شود تا به مدت ۱۵ دقیقه در روز، در محیط سونای تعبیه‌شده (اتاقک فروسرخ^۴) با دمای ۶۰ درجه‌ی سلسیوس، نشسته و سپس به مدت ۳۰ تا ۴۰ دقیقه، در زیر پتوی مخصوص، دراز کشیده و به استراحت بپردازد. مراجعه‌کننده، سرانجام، با نوشیدن آب کافی به جبران کمبود آب در بدن خود کمک می‌نماید. توصیه بر آن است که این روش درمانی، به مدت دو هفته و در هر هفته، پنج روز و در هر روز، یکبار انجام شود. برخی محققان دریافته‌اند که پیاده‌روی ۶ دقیقه‌ای پیش از آغاز هر جلسه، اثرات درمانی به-مراتب بهتری را بر جای می‌گذارد.



شکل ۲۸: روش انتقال حرارت و انرژی فروسرخ در سونای وائون (تصویر چپ) در مقایسه با سونای معمولی (تصویر میانی): اتاقک فروسرخ در سونای وائون (تصویر راست).

^۱ Antti Mero

^۲ هورمون کورتیزول (Cortisol)، هورمونی استروئیدی است که توسط غده‌های فوق‌کلیوی تولید می‌شود و در پاسخ بدن به استرس و فشارهای روانی، تنظیم متابولیسم (سوخت و ساز)، تنظیم قند خون و فشار خون، کاربردی اساسی دارد.

^۳ Oxygen Uptake

^۴ IR Chamber



شکل ۲۹: نمایی واضح از داخل اتاقک فرورسرخِ سونای وائون.



شکل ۳۰: اتاقک فرورسرخ در سونای وائون (تصویر چپ) و نگاه‌داشت بیمار در زیر پتو (تصویر راست).

در این نوع از درمان، نشان داده شده است (توسط کوهزین هو^۱ و ون تینگ لی^۲ از تایوان در سال ۲۰۰۷ میلادی)، علائمی از بیماری رینیت آلرژیک (یا تب یونجه)^۳ همچون خارش چشم و بینی^۴، گرفتگی بینی^۵، آبریزش بینی^۶، عطسه^۷ و اختلال بویایی^۸ به میزان قابل توجهی بهبود می یابند. در ورزشکاران نیز باعث التیام دردها و گرفتگی های عضلانی پس از تمرینات پُر فشار ورزشی می شود. یوجی سوئه جیما^۹ و تیم ژاپنی وی در سال ۲۰۱۵ میلادی، پی برده اند که استفاده از سونای وائون به بیماران مبتلاء به سندروم خستگی مزمن^{۱۰}، کمک نموده^{۱۱} و به طور ویژه، خواب، حالات روحی و رفتاری و فعالیت های روزانه این بیماران را به وضوح متعادل تر از گذشته کرده است.

همچنین، چووا تئی و همکاران ژاپنی اش در سال ۲۰۰۶ میلادی، روند بهبود و ترمیم زخمی عمیق در پا را پس از ۴ سال مداومت در استفاده از سونای وائون، به تصویر کشیده اند. همان طور که در تصاویر شکل ۳۱ آشکارا مشخص است، روند تدریجی و آهسته ی ترمیم و درمان زخم، می تواند پس از مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ هفته، صورت پذیرد ولی مداومت در استفاده از سونای وائون و بهره مندی از تجویزهای منحصر به فرد آن، بهبودی کامل زخم ها را در روندی ۶ ماهه تکمیل می نماید و به گواه تصاویر، بعد از ۴ سال، معضلی به نام زخم عمیق در این بیمار مشاهده نمی شود و به مرور، شکل طبیعی پوست به وجود آمده است.

¹ Ko-Hsin Hu

² Wen-Tyng Li

^۳ رینیت آلرژیک (Allergic Rhinitis) یا تب یونجه یا التهاب مخاط بینی آلرژیک، ششمین بیماری مزمن رایج در جهان و نوعی واکنش آلرژیک است که در اثر تماس با مواد حساسیت زا در هوا ایجاد و باعث التهاب و تحریک پوشش داخلی بینی می شود.

⁴ Eye & Nasal Itching

⁵ Nasal Stuffiness

⁶ Rhinorrhea

⁷ Sneezing

⁸ Smell Impairment

⁹ Yuji Soejima

^{۱۰} سندروم خستگی مزمن (Chronic Fatigue Syndrome) یا به اختصار CFS، بیماری پیچیده و طولانی مدتی است که با خستگی شدید و ناتوان کننده، همراه است. این نوع خستگی با استراحت، بهبود نمی یابد و با فعالیت های فیزیکی یا ذهنی، وخیم تر می شود و علت دقیق آن به درستی مشخص نیست و بنابراین، درمان قطعی نیز برای آن وجود ندارد.

^{۱۱} آکینوری ماسودا (Akinori Masuda) و تیم ژاپنی وی در سال ۲۰۰۵ میلادی، با تأکید بر انجام گرمادرمانی (Thermal Therapy) ۱۵ تا ۲۵ جلسه ای، به نتایجی مثبت در التیام دردها و خستگی های حاصل از سندروم خستگی مزمن، دست یافته اند.

البته، محققانِ سونای وائون توصیه می‌کنند که بیماران عفونی از انجام این روش درمانی، پرهیز کنند.

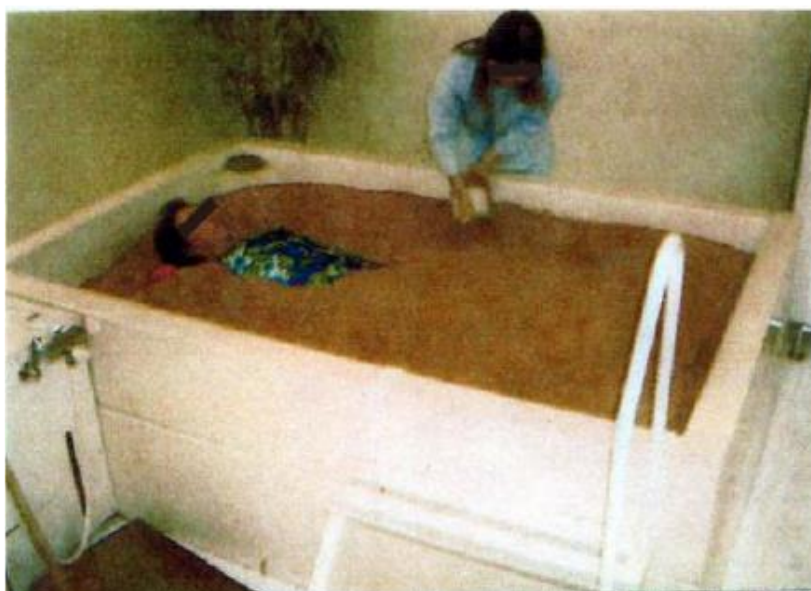


شکل ۳۱: روند بهبود و ترمیم زخمی عمیق در پا، پس از ۴ سال مداومت در درمان با استفاده از سونای وائون.

با این حال، برخی محققان نیز بر این باور هستند که حمامِ شن^۱ با استفاده از شن و ماسه، آبِ داغ و مُهره‌هایِ سرامیکیِ جاذب و گسیل‌کننده‌ی انرژیِ فروسرخ دور با دمای ۵۰ درجه‌ی سلسیوس، به‌عنوان نوعی از سونای فروسرخ (با سختی‌های کم‌تر برای استفاده‌کننده

^۱ Sandbath

نسبت به سونای معمولی)، به سلامتی افراد کمک می‌نمایند. محققان ژاپنی (یوشینوری آرگانه^۱ و هیده‌آکی هیگاشینو^۲) این شیوه‌ی خاص را انسکی^۳، نام نهاده و معتقدند که حمام شن انسکی (یا حمام فروسرخ دور)، توانایی تنظیم فشار، هماتوکریت^۴، گردش و ویسکوزیته-ی (گران‌روی) خون، ضربان قلب، گشادسازی و انبساط عروق، دما و وزن بدن را دارد و در نتیجه به بهبود کیفیت زندگی^۵ فرد کمک می‌کند. حتی این محققان مدعی‌اند که روش درمانی انسکی، به افت میزان گلوکز خون (به‌ویژه، در بیماران مبتلا به دیابت شیرین یا همان دیابت نوع ۲ (بیماری قند)^۶) و وزن (به‌ویژه، در افراد فربه و چاق با مداومت در تمرینات هوازی^۸)، کمک می‌کند.



شکل ۳۲: روش درمانی حمام شن انسکی.

¹ Yoshinori Argane

² Hideaki Higashino

³ Enski

^۴ هماتوکریت (Hematocrit)، درصد گلبول‌های قرمز در کل حجم خون است.

⁵ Quality of Life

⁶ Diabetes Mellitus (Type II Diabetes)

^۷ آن‌ها نشان داده‌اند که در مرتبه‌ی نخست، کاهشی در گلوکز خون این افراد، مشاهده نشده و روند کاهشی از بار دوم به بعد، آغاز شده است. به‌خصوص بعد از ۶ تا ۷ مرتبه استفاده از حمام انسکی، گلوکز خون به میزان ۱۹/۹ درصد، کاهش یافته است.

⁸ Aerobic Exercises

قاعدگی

درد قاعدگی^۱ یا دیسمنوره^۲، به دردی گفته می‌شود که در دوران قاعدگی و در ناحیه‌ی تحتانی شکم و لگن، احساس می‌شود. درد قاعدگی با گرفتگی‌های عضلانی یا دردهای مداوم و شدید، همراه است و گاهی به کمر و ران‌ها نیز سرایت می‌کند. دردهای قاعدگی در دو نوع طبقه‌بندی می‌شوند: دیسمنوره اولیه و ثانویه^۳. دیسمنوره اولیه، دردی است که از ابتدای نوجوانی در دوران عادت ماهیانه (قاعدگی)^۴ در زنان احساس می‌شود و با افزایش سن، شدت درد، رو به افول می‌گذارد. اما نوع ثانویه‌ی آن، به دلیل اختلالات زمینه‌ای در دستگاه تناسلی و یا اندومتریوز^۵، ایجاد و ممکن است در هر سنی آغاز شود.

از گذشته، یکی از سفارشات مادران و طبیبان، استفاده از گرما درمانی برای التیام دردهای ناشی از قاعدگی بوده است. این نتیجه که از تجربه‌ی نسل‌های مختلف برآمده است، نشان‌دهنده‌ی نقش مؤثر گرما و حرارت در کاهش درد و انقباض عضلات درگیر است. محققان حوزه‌ی درمان با امواج فروسرخ نیز بر صحت این موضوع، مهر تأیید زده و فقط تأکید می‌کنند که اگر طول موج‌های ویژه‌ای (برای مثال، ۴ تا ۱۴ میکرومتر) بر نواحی تحتانی شکم و عضلات آن فرود آیند، نقشی اساسی را در کاهش و التیام درد، ایفا می‌نمایند. از این‌رو، بن‌یی لیائو^۶ و همکاران تایوانی وی در سال ۲۰۱۲ میلادی، با طرح پرسش‌هایی این‌چنینی موفق شدند به دردهای قاعدگی تا حد امکان، غلبه نموده و نسخه‌ای کاربردی، ارائه دهند. محققان تایوانی این پژوهش، با به‌کار بردن کمربندی از الیاف کربن^۷ و با دمای ۵۰ درجه‌ی سلسیوس (گسیل امواج فروسرخ دور در بازه‌ی طول موجی ۴ تا ۱۶ میکرومتر به مدت ۳۰ دقیقه)، توانایی کاهش دردِ روش‌های گرمایی سنتی را به‌مراتب افزایش داده و

^۱ Menstrual Pains

^۲ Dysmenorrhea

^۳ Primary & Secondary Dysmenorrhea

^۴ Menstruation

^۵ اندومتریوز (Endometriosis)، بیماری مزمن و التهابی است که در آن، بافتی شبیه به بافت داخلی رحم (اندومتر Endometrium) در خارج از رحم، رشد می‌کند. این بافت، می‌تواند در نقاط مختلف لگن و شکم (مانند تخمدان، لوله‌های فالوپ (لوله‌های رحمی) و بافت پوشاننده‌ی لگن) رشد نموده و با هر دوره‌ی قاعدگی، ضخیم شده و دچار تجزیه شود. این بافت راه خروج از بدن ندارد و باعث ایجاد درد (مثل درد شدید لگنی)، خون‌ریزی‌های غیر طبیعی، مشکلات باروری و حتی کیست‌های اندومتریوز، می‌شود.

^۶ Ben-Yi Liao

^۷ Carbon Fiber

کمربندی منحصر به فرد را معرفی می کنند. گروه لیائو در این پژوهش، متوجه شد که پس از بهره بردن از کمربند، دمای نواحی شکم و زیر آن، با افزایشی حدوداً ۲/۹ درجه‌ی سلسیوسی، مواجه می شود (که خطری برای استفاده کننده نخواهد داشت) و در حین بستن آن، خون رسانی در ناحیه‌ی مد نظر به مراتب بهتر از قبل صورت می پذیرد و اثرات سوء در ایجاد درد توسط پروستاگلاندین‌ها^۱ و آنزیم سیکلوآکسیژناز (COX)^۲، کم رنگ تر می شوند (لازم به ذکر است که از مشکلات در دیسمنوره اولیه، نرسیدن جریان خون کافی به این نواحی (ایسکمی)، آنزیم سیکلوآکسیژناز و تولید ماده‌ی شیمیایی پروستاگلاندین هستند!) و نهایتاً، کاهش و التیام درد را به دنبال دارد.



شکل ۳۳: کمربند ساخته شده از الیاف کربن با قابلیت تابش امواج فروسرخ دور جهت تسکین دردهای قاعدگی.

^۱ پروستاگلاندین‌ها (Prostaglandins)، گروهی از مولکول‌های لیپیدی هستند که در بدن به عنوان واسطه‌های شیمیایی، عمل می کنند و در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گوناگون نقش دارند. این نوع ترکیبات در بسیاری از سلول‌ها تولید می شوند و بر عملکرد سلول‌های دیگر به عنوان پیام‌رسان بین سلولی، تأثیر می گذارند. پروستاگلاندین‌ها، در طیف گسترده‌ای از فرایندها از قبیل افزایش در التهاب و درد، تنظیم فشار و انعقاد خون، تنظیم انقباضات رحم و تولید مثل، نقش ایفا می کنند. پروستاگلاندین‌ها برخلاف هورمون‌ها (انتشار از طریق جریان خون در بدن)، در محل مورد نیاز، تولید می شوند.

^۲ سیکلوآکسیژناز (Cyclooxygenase) یا به اختصار COX، آنزیمی است که در تولید پروستاگلاندین‌ها، نقش دارد. بسیاری از داروهای ضد التهاب غیر استروئیدی (مانند ایبوپروفن و ناپروکسن)، با مهار آنزیم سیکلوآکسیژناز، عمل می کنند و منجر به کاهش تولید پروستاگلاندین‌ها و در نتیجه، کاهش التهاب، درد و تب می شوند. سیکلوآکسیژناز، شامل دو نوع اصلی ۱ (COX-۱) و ۲ (COX-۲) است. COX-۱ در بسیاری از بافت‌ها پیدا می شود و نقشی محافظتی در برابر مخاط و اسید معده و حفظ عملکرد کلیه، دارد و COX-۲ بیش تر در بافت‌های ملتهب، یافت می شود و در پاسخ‌های التهابی، نقش دارد.

این محققان ادعا می‌کنند که با تابش انرژی فروسرخ دور، میزان نیتریک‌آکسید، روندی صعودی پیدا می‌کند و مهم‌تر آن که در بدن زنان، نیتریک‌آکسید عاملی برای تسکین دردهای رحمی و قاعدگی (به دلیل انقباض قوی رحم^۱) شناخته می‌شود و توانایی انبساط رحم را خواهد داشت. در ضمن، تابش فروسرخ دور، می‌تواند تنش اکسیداتیو را کاهش داده و تولید سیکلو‌آکسیژناز نوع ۲ (COX-2) و پروستاگلاندین‌ها را متوقف و سرانجام با تنظیم دستگاه عصبی خودمختار (ANS)، به کم شدن درد، کمک نماید.

کمربندهای فروسرخ دور مرتبط با تسکین دردهای قاعدگی، منحصر به مورد گروه لیائو نیست و گروه‌های مختلفی به دنبال ساخت کمربند و بهبود و التیام دردهای ملال‌آور قاعدگی و دیسمنوره، هستند. برای مثال، دیگر موردی که می‌توان به آن اشاره داشت، کمربند کشسان و الاستیک دکمه‌داری است که از سرامیک‌های سیریسیت^۲، ساخته شده‌اند.



شکل ۲۴: کمربند کشسان، حاوی دکمه‌های سرامیکی سیریسیتی، با قابلیت تابش امواج فروسرخ دور.

گروهی پژوهشی و اهل کره جنوبی به سرپرستی ئه‌یونگ گی مین^۳ و چائه هیئونگ لی^۴ در سال ۲۰۱۱ میلادی، با معرفی خواص کمربند کشسان خود، موفق به نمایش پارامترهای

^۱ Strong Uterine Contraction

^۲ سیریسیت (Sericite)، نوعی میکای سفید و ریزدانه‌ای است که معمولاً از موسکویت (Muscovite)، ایلیت (Illite) یا پاراگونیت (Paragonite)، تشکیل شده است. این کانی در نتیجه‌ی دگرسانی هیدروترمال یا گرم‌آبی (Hydrothermal Alteration) کانی‌های فلدِسپات در سنگ‌ها، ایجاد می‌شود.

^۳ Eung Gi Min

مرتبط با تسکین دردهای حاصل از دیسمنوره اولیه در گروه آزمایش شونده نسبت به گروه شاهد (با بهره‌مندی از کمربند به مدت یک ساعت در روز و در ۲ تا ۳ سیکل قاعدگی متوالی در گروه آزمایش شونده) شده‌اند. پژوهشگران در این تحقیق بالینی، روش مؤثر پیشنهادی خود جهت استفاده از کمربند کشسان فروسرخ دور را به تمامی زنان توصیه و بیان می‌کنند که این روش در دوره یا سیکل سوم قاعدگی، باعث کاهش سختی‌ها و آلام ناشی از قاعدگی می‌شود. سرامیک‌های سیریسیت، در دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس، توانایی انتشار پرتوهای فروسرخ دور با طول موج ۵ تا ۲۰ میکرومتر و گسیلندگی (یا ضریب انتشار سطح) ۰/۹۲۳ را دارند و ۴۹ سرامیک دکمه‌ای شکل، مطابق با شکل ۳۴، روی این کمربند به کار رفته است. اعضای گروه گره‌ای، در زیر دکمه‌های سرامیکی کمربند، بسته‌ای را تعبیه نموده‌اند تا از طریق فرایند اکسیداسیون (هنگامی که در معرض هوا قرار می‌گیرد)، گرما تولید نماید و این ساز و کار، باعث می‌شود تا کمربند و دکمه‌های سرامیکی آن، به مدت ۱۰ ساعت در دمای ثابت ۵۰ درجه‌ی سلسیوس، باقی بمانند.

سرطان

از مهم‌ترین دستاوردهای نور درمانی با امواج فروسرخ، به‌ویژه امواج فروسرخ دور، می‌توان به غیر فعال‌سازی سلول‌های سرطانی با هدف جلوگیری از تکثیر غیر قابل کنترل آن‌ها با اعمال امواج فروسرخ دور، اشاره داشت. در برخی از گزارش‌ها، به نقش پروتئین‌های شوک حرارتی ۷۰ کیلودالتون (HSP۷۰)^۱ در افزایش تکثیر سلول‌های سرطانی اشاره شده است. افزایش بیان پروتئین‌های HSP۷۰ با اثرگذاری بر سلول‌های سرطان سینه^۲ به طور خاص و دیگر سلول‌های سرطانی به طور عام (همچون تومورهای فَرَج^۳ و غده‌ی پروستات^۴)، به

^۱ Chae Hyeong Lee

^۱ پروتئین‌های شوک حرارتی (HSP)، در انواع مختلفی از سلول‌های طبیعی وجود دارند و بیان آن‌ها ممکن است توسط عوامل استرس‌زای (تنش‌زای) متعددی، فعال شده و به تبع آن، هرگونه پروتئین خارجی را سرکوب یا دنا‌توره (تغییر ماهیت) نمایند. عوامل تنش‌زای فعال‌کننده‌ی بیان این دسته از پروتئین‌ها عبارت‌اند از: دما و گرمای زیاد، عفونت، ایسکمی قلبی (Cardiac Ischemia)، اندوتوکسین (Endotoxin)، تابش فرابنفش و نیتریک‌آکسید. این پروتئین‌ها در سلول‌های سرطانی و مطالعه‌ی آن‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

^۲ Breast Cancer

^۳ تومور فَرَج (Vulva Tumor) یا تومور ولو، به رشد غیر طبیعی بافت در ناحیه‌ی خارجی دستگاه تناسلی زنان (شامل لب‌های بزرگ و کوچک، کلیتوریس و دهانه‌ی واژن)، گفته می‌شود.

^۴ Prostate Gland

مداخلات درمانی و تمایز سلولی می‌انجامد و افزایش در تکثیر سلولی را سبب می‌شود. از این‌روی، اثبات شده است که درمان بر پایه‌ی انرژی فروسرخ دور، روند فوق را وارونه نموده و راه را برای روش‌های درمانی و بالینی دیگر، باز می‌نماید. نتایج گرانبه‌های مذکور، در مقاله‌ی یسپا نولنستو^۱، دانشمند دانمارکی و همکارانش در سال ۲۰۰۰ میلادی، به‌وضوح آمده است. با رجوع به این گزارش بدیع و دیگر مقالات مرتبط با برهم‌کنش امواج فروسرخ دور و پروتئین‌های HSP۷۰ درمی‌یابیم که امواج فروسرخ دور غیر حرارتی، برخلاف روش‌های هایپرترمی^۲ و حرارت شدید، به تولید و القاء پروتئین‌های HSP۷۰ نمی‌انجامد (چون رشد و تکثیر این پروتئین‌ها، شدیداً به دما وابسته است!)، در برابر تولید و رشد آن‌ها مقاومت و سلول سرطانی را از این پروتئین‌ها، تهی خواهند نمود. همین عدم تولید و تکثیر و کاهش بیان پروتئین‌ها، باعث می‌شود تکثیر سلولی، تحت کنترل بدن قرار گیرد و از احتمال سرطانی‌شدن سلول‌ها، می‌کاهد.

اما در همه‌ی مواقع نمی‌توان پروتئین‌های HSP۷۰ را مضر و مخرب در نظر گرفت. در مقاله‌ای که هکتور وانگ^۳ و تیم وی در سال ۱۹۹۸ میلادی، منتشر نموده‌اند، اثرات مثبتی از

^۱ Jesper Nylandsted

^۲ هایپرترمی (Hyperthermia) یا به نوعی گرمادگی و روش‌های درمانی بر پایه‌ی حرارت، به گرم شدن بیش از اندازه و بالا رفتن دمای بدن، مرتبط می‌شوند. در این حالت، دمای بدن به طور غیر عادی بالا رفته و از محدوده‌ی طبیعی (در حدود ۳۷ تا ۳۸ درجه‌ی سلسیوس) فراتر می‌رود. برخی محققان معتقدند که این دسته از روش‌ها (مثل سونا، لامپ‌های حرارتی، حمام آفتاب، حمام شن و ماسه یا ...)، می‌توانند در حفظ سلامت افراد و حتی درمان برخی امراض، مفید باشند. این شیوه‌ها در ذیل روش‌های درمانی بر پایه‌ی امواج فروسرخ حاصل از حرارت (برخلاف روش‌های امواج فروسرخ غیر حرارتی) دسته‌بندی می‌شوند. برای مثال، طبق گزارش آیزاک کیور (Issac Kaver) و همکارانش در سال ۱۹۸۹ میلادی، هایپرترمی سراسر بدن با دمای ۴۳ درجه‌ی سلسیوس (در مدت زمان محدود یک الی دو ساعت)، توانایی کاهش رشد و تکثیر رده‌های سلولی (Cell Lines) سرطان پروستات را دارد. در مقاله‌ای دیگر، جوزف پائولس (Joseph. A. Paulus) و تیم تحقیقاتی وی در سال ۱۹۹۳ میلادی، توضیح می‌دهند که به‌دلیل اثرات مثبت و مفید هایپرترمی (البته به طور محدود و موضعی)، نمی‌توان از این شیوه صرف‌نظر و آن را فراموش کرد. آن‌ها در این آزمایش، متوجه تأثیر مستقیم حرارت و دمای بالای ۴۶/۵ درجه‌ی سلسیوس بر سلول‌های سرطان پروستات شده‌اند و توصیه می‌کنند این شیوه را به همراه دیگر شیوه‌های درمان سرطان پروستات (آن هم به طور محدود)، می‌توان استفاده نمود. یان رویگاس (Jan Roigas) و همراهانش در سال ۱۹۹۸ میلادی نیز تقریباً ایده‌ی مذکور را برای درمان سرطان پروستات با بهره‌گیری توأمان هایپرترمی (دمای ۴۳ درجه‌ی سلسیوس در مدت یک ساعت) و شیمی‌درمانی (Chemotherapy)، تأیید نموده‌اند.

^۳ Hector R. Wong

افزایش بیان پروتئین های HSP۷۰ در محافظت از سلول های ریوی^۱ A۵۴۹ در شرایط هایپرآکسی^۲ (افزایش بیش از حد اکسیژن در بافت ها)، به چشم می خورد. این پژوهش، به طور عام، به بررسی اثرات سلول های HSP۷۰ بر محافظت از ریه در برابر غلظت های بالای اکسیژن، می پردازد. شرایط هایپرآکسی در سلول ها، می تواند رادیکال های آزاد اکسیژنی (شامل هیدروژن پراکسید، رادیکال هیدروکسیل و آنیون سوپراکسید) که برای سلامت و روند حیات سلول ها آسیب زننده هستند (با وارد نمودن آسیب جدی به میتوکندری، اُفتِ میزانِ ATP تولیدی، اُکسایشِ (اکسیداسیون) لیپیدهای غشائی و پروتئین های درون سلول، افزایش مصرف گلوکز و آسیب به دی ان ای) را تولید نمایند و به نوعی، عدم توازن در میزان اکسیدان ها و آنتی اکسیدان های درون سلول، به وجود آورند. به همین دلیل، جهت مقابله با شرایط خطرناکِ ازدیاد اکسیژن ها و مرگ سلولی، افزون بر فراهم نمودن تابش امواج فروسرخ و افزایش در میزان آنتی اکسیدان های درون سلولی، این پژوهشگران توصیه می کنند تا با افزایش پروتئین های HSP۷۰ از حضور بیش از حد رادیکال های آزاد اکسیژنی در سلول های A۵۴۹، جلوگیری شود. در پژوهشی دیگر، کرستین بلمان^۳ و تیم همراه وی در سال ۱۹۹۶ میلادی، اثبات نمودند که پروتئین های HSP۷۰، می توانند به عنوان مولکول های دفاعی جهت مقابله با ازدیاد نیتریک اکسیدها و گونه های اکسیژن فعال (به ویژه، در سلول های جزیره ای^۴) به کار آیند.

جون ایشی باشی^۵ ژاپنی به همراه دیگر همکارانش در سال ۲۰۰۸ میلادی، با انتشار گزارشی تخصصی بیان می کنند که گسیل امواج فروسرخ دور، به کم شدن رشد و تکثیر سلول های سرطانی کشت شده، منجر می شود. آن ها، رده های سلولی سرطانی زبان^۶

^۱ سلول های A۵۴۹، رده ای از سلول های مستخرج از بافت ریه ی بیماران مبتلاء به سرطان ریه است (به طور خاص، سلول های آدنوکارسینوما ریه ی انسانی بر پایه ی اپیتلیال هستند). این سلول ها در مطالعات پیرامون سرطان ریه و توسعه ی داروهای ضد سرطان، استفاده می شوند.

^۲ Hyperoxia

^۳ Kerstin Bellmann

^۴ سلول های جزیره ای (Islet Cells) یا جزیره های لانگرهانس (Islets of Langerhans)، خوشه هایی از سلول های درون لوزالمعده هستند که هورمون های مهمی از جمله انسولین (Insulin) را تولید می کنند. این دسته از هورمون ها در متابولیسم (سوخت و ساز) بدن و تنظیم و تعادل قند خون نقشی کلیدی دارند.

^۵ Jun Ishibashi

^۶ Tongue

(HSC۳)، لثه^۱ (Sa۳)، ریه^۲ (A۵۴۹)، فَرَج (A۴۳۱) و سینه (MCF۷) را که از سطح پایینی از پروتئین‌های HSP۷۰ برخوردارند، مورد آزمایش قرار داده و پاسخی مثبت از این شیوه‌ی درمانی، مشاهده و گزارش نموده‌اند.^۳ گروه ژاپنی، موفق به متوقف نمودن رشد سلولی سلول‌های سرطانی کشت‌شده‌ی زبان، لثه و ریه، پس از ۸ روز آزمایش متوالی (تابش انرژی فروسرخ دور بر سلول‌های سرطانی کشت‌شده)، شده ولی در مورد سلول‌های سرطانی فَرَج و سینه (نسبت به سه سلول دیگر)، واکنش قابل‌ملاحظه‌ای به این تابش، مشاهده نکرده است. این گروه، عوامل مختلفی را مورد بررسی قرار داده و به اهمیت سطح پروتئین‌های HSP۷۰ و وابستگی شدید آن به فرایندهای مربوط به رشد سلول‌های سرطانی پی برده و سرانجام، پروتئین‌های HSP۷۰ را با دقتی بیش از پیش، مطالعه کرده است. طبق این گزارش، بالاترین سطح بیان پروتئین‌های HSP۷۰ را سلول‌های کشت‌شده‌ی سرطانی فَرَج و سینه و بالعکس، پایین‌ترین آن را سلول‌های سرطانی زبان و لثه دارند. ایشی‌باشی و همکارانش، به طور کل، اثر تابش فروسرخ دور محدود را بر آرانی‌های کوچک‌مداخله‌گر (siRNA)، تصور و رشد در فعالیت این دسته از آرانی‌ها را دلیلی بر توقف بیان پروتئین‌های HSP۷۰ معرفی می‌کنند. در نتیجه، توقف بیان پروتئین‌های HSP۷۰ را هم علتی بر توقف فرایند رشد سلول‌های سرطانی کشت‌شده (به‌ویژه، در سلول‌های سرطانی فَرَج و زبان)، تلقی می‌کنند.

از این‌رو، محققان ژاپنی، پیشنهاد می‌دهند که بایستی پیش از آغاز روند درمان بالینی انواع سرطان و تومورهای خوش‌خیم و بدخیم، حتماً میزان سطح پروتئین‌های HSP۷۰، اندازه‌گیری و در صورت پایین‌بودن آن، روش‌های مبتنی بر تابش انرژی فروسرخ دور (که با از کار انداختن بیان و فعالیت پروتئین‌های HSP۷۰، به‌عنوان عامل ضد بقاء، رشد و تکثیر سلول‌ها و تومورهای سرطانی، قلمداد می‌شوند!)، به‌کار گرفته شوند.

¹ Gingiva

² Lung

^۳ حضور پروتئین‌های HSP۷۰ باعث مقاومت سلول‌ها در برابر آپوپتوز (مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلولی)، می‌شود و به بقاء و ماندگاری سلول‌های سرطانی می‌انجامد. بنابراین، کاهش اثر یا بیان پروتئین‌های HSP۷۰، سبب ارتقاء و پیشرفت در مرگ به‌هنگام سلول‌های سرطانی می‌شود و از این‌رو، محققان عرصه‌ی درمان‌های بر پایه‌ی امواج فروسرخ، به این موضوع پرداخته و امیدوارند تا تحقیقات در زمینه‌ی شیوه‌های این چنینی، به بلوغ‌نهایی رسیده و مقاومت در برابر درمان سرطان را کاهش دهند.

در پژوهشی دیگر، تینگ کای لیونگ و تیم همراهش در سال ۲۰۱۱ میلادی، با بررسی عملکرد سرامیک‌های ساطع‌کننده‌ی امواج فروسرخ دور در ۴۸ ساعت، متوجه کاهش ۱۱/۸، ۵۶/۹ و ۱۵/۷ درصدی (به ترتیب) تکثیر سلول‌های سرطانی ملانومای موشی، میزان پروتئین‌های HSP۷۰ و نیتریک‌اکسیدهای درون‌سلولی، شده‌اند. کاهش‌های ذکر شده، به بهبود شرایط تومورهای بدخیم و حتی نابودی تومورها منجر می‌شود؛ زیرا در ملانوماهای بدخیم، فعالیت نیتریک‌اکسیدها، تولید سنتاز القایی نیتریک‌اکسید (iNOS)، گونه‌های اُکسیژن فعال (ROS)، تنش اُکسیداتیو و بیان پروتئین‌های HSP۷۰، زیاده‌تر از معمول است و منجر به گسترش سرطان و افزایش تعداد سلول‌های سرطانی می‌شود. با این حساب، این گروه، استفاده از سرامیک‌های ساطع‌کننده‌ی امواج فروسرخ دور را گزینه‌ای شایسته برای اُفت فعالیت، رشد و تکثیر سلول‌های سرطانی ملانوما، معرفی می‌کنند.

در پژوهش کاربردی دیگر در زمینه‌ی مقابله با سرطان، شانگرو تسای^۱ تایوانی و محققان همراه وی در سال ۲۰۱۴ میلادی، به تحلیل اثر درمان بر پایه‌ی نور مرئی (فوتودینامیک درمانی)^۲ و امواج فروسرخ نزدیک کم‌توان (LLLT یا PBT)، بر سلول‌های سرطانی اُستئوسارکوم^۳، پرداخته‌اند. آن‌ها در این پژوهش، دریافته‌اند که با تلفیق دو روش فوتودینامیک درمانی (با طول موج ۶۵۰ نانومتر با چگالی انرژی ۱/۵ ژول بر سانتی‌متر مربع) و تابش پرتوهای امواج فروسرخ نزدیک کم‌توان (با طول موج ۸۱۰ نانومتر با همان چگالی انرژی ۱/۵ ژول بر سانتی‌متر مربع)، به سوی سلول‌های سرطانی فوق، فعالیت گونه‌های اُکسیژن فعال و ATP وابسته به میتوکندری، در مقایسه با به‌کارگیری مجزای فوتودینامیک درمانی، افزایشی قابل‌ملاحظه را نشان می‌دهد (تا ۲ ساعت پس از پرتودهی) و

^۱ Shang-Ru Tsai

^۲ فوتودینامیک درمانی (Photodynamic Therapy) یا به اختصار PDT، نوعی شیوه‌ی درمان بیماری سرطان است که با استفاده از نور مرئی و ماده یا داروی شیمیایی حساس به نور (Photosensitizer)، انجام می‌شود. ماده‌ی شیمیایی حساس به نور، پس از مدت یک الی سه روز، از سلول‌های سالم دفع می‌شود ولی در سلول‌های بیمار، باقی می‌ماند و سپس با همراهی اکسیژن مولکولی درون بافت و تابش نور با طول موج ویژه، منجر به مرگ سلول‌ها از طریق فوتوتوکسیسیته (Phototoxicity)، می‌گردد. از این شیوه‌ی درمانی، افزون بر درمان برخی سرطان‌ها، در درمان آکنه یا جوش‌های غیر معمول صورت (Acne)، پسوریازیس یا بیماری صدفک (Psoriasis)، تب‌خال و غیره، استفاده می‌شود.

^۳ اُستئوسارکوم (Osteosarcoma) یا تومور بدخیم اُستخوانی، نوعی سرطان است که در آن سلول‌های تومور، استخوان نابالغی به نام اُستئوئید یا استخوان‌واره (Osteoid)، تولید می‌کند. این سرطان، شایع‌ترین سرطان استخوان در میان کودکان و نوجوانان است و معمولاً در نواحی انتهایی استخوان‌های بلند، مانند استخوان ران و ساق پا، مشاهده می‌شود.

باعث آسیب به مولکول‌های زیستی (بیومولکول‌ها)^۱، شده و در نتیجه، به کشتن سلول‌ها و مرگ سلولی، می‌انجامد. در این فرایند، داروی حساس به نور «مونو ال آسپارتیل کلرین e۶ (NPe۶)»^۲ در لیزوزوم، جای می‌گیرد (به سبب اختلال عملکرد در غشاء لیزوزومی)^۳ و به نوعی، با افزایش جذب، همراه می‌شود. این افزایش جذب ماده‌ی حساس به نور، در فوتودینامیک‌درمانی، باعث آزادسازی آنزیم‌هایی نظیر کاتپسین^۴ و کاسپاز (به‌ویژه، کاسپاز^۵)، شده و در مرحله‌ی بعد، به آزادسازی سیتوکروم سی در میتوکندری سلول، منجر و سرانجام با آپوپتوز سلول بیمار و سرطانی، خاتمه می‌یابد.

این گروه، از آنتی‌مایسین نوع A^۶ (ماده‌ای سمی و خطرناک)، برای مهار رشد و تکثیر سلولی و به تبع آن، مرگ سلول‌های سرطانی اُستئوسارکوم، استفاده و قطع تنفس و مرگ سلولی را به‌وضوح مشاهده نموده‌اند ولی در نهایت، با آزمایش‌های دقیق به این نتیجه دست یافته‌اند که سلول‌های سرطانی اُستئوسارکوم به اثر هم‌زمان دو شیوه‌ی فوتودینامیک‌درمانی و اعمال پرتوهای فروسرخ نزدیک کم‌توان (LLT)، جهت مرگ سلولی، به طور درخوری پاسخ می‌دهند و با این حال، در پیشنهادی جدی و کارآمد، بهره‌گیری توأمان دو روش غیر تهاجمی (برخلاف شیوه‌ی ماده‌ی سمی آنتی‌مایسین نوع A) را برای هدف قرار دادن سلول-های سرطانی اُستئوسارکوم، مناسب‌تر قلمداد می‌کنند.

¹ Biomolecules

² Mono-L-Aspartyl Chlorin (e۶) (NPe۶)

³ Disruption of Lysosomal Membrane

^۴ کاتپسین (Cathepsin)، نوعی آنزیم پروتئاز (پروتئین‌شکن) است که پروتئین‌ها را تجزیه می‌کند. این آنزیم، اغلب در شرایط اسیدی که در لیزوزوم‌ها فراهم است، فعالیت و نقش مهمی در عملکرد و تغییر و تحول سلولی، ایفا می‌کند.

^۵ کاسپاز ۳ (Caspase-۳)، نوعی آنزیم پروتئاز است که نقش کلیدی در فرایند مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلولی (آپوپتوز)، التهاب و نکروز، دارد و به‌عنوان آنزیم اجرایی در این فرایند عمل می‌کند. این آنزیم، در اغلب سلول‌ها، یافت شده و در زمان فعال شدن مسیرهای آپوپتوز، وظیفه‌ی شکستن و تجزیه‌ی پروتئین‌ها را برای پیشبرد مرگ سلولی، بر عهده دارد. این آنزیم، در تجزیه‌ی پروتئین‌های مرتبط با بیماری آلزایمر، دخیل است و فعالیت بیش از اندازه‌ی آن، با مرگ سلول-های عصبی در این بیماری، مرتبط است. همچنین، در فرایندهای آپوپتوز و تمایز سلولی، می‌تواند منجر به تکثیر بی-رویه‌ی سلولی و بروز سرطان، شود.

^۶ آنتی‌مایسین نوع A (Antimycin A)، یکی از مهارکننده‌های تنفس سلولی است (با مهار فرایند فسفریلاسیون اکسیداتیو (Oxidative Phosphorylation)). در اصل، این ماده، زنجیره‌ی انتقال الکترون را مختل می‌نماید و به تبع آن، میزان تولید سوپراکسیدها، افزایش می‌یابد و در ادامه، تولید ATP، به کلی نابود و سرانجام، منجر به مرگ سلول می‌شود.

بیماری‌های قلبی - عروقی

از موارد مهمی که درمان بر پایه‌ی تابش و گسیل انرژی فروسرخ به سطح بدن را شامل می‌شود، درمان بیماری‌ها و نارسایی‌های قلبی - عروقی است. طبیعتاً طیف گسترده‌ای از روش‌های تابش پرتوهای فروسرخ در درمان بیماری‌های قلبی - عروقی کارساز خواهند بود و ما در این بخش به ذکر چند نمونه از آن‌ها می‌پردازیم تا به اهمیت موضوع درمان‌های بر پایه‌ی تابش فروسرخ در ارتباط با درمان بیماری‌های قلبی - عروقی، اشاره‌ای داشته باشیم. بنابراین، انتظار داریم تا محققان عزیز و با دانش در سراسر کشور، به موضوعات درمانی انرژی‌های فروسرخ، به‌ویژه فروسرخ دور، توجهی ویژه داشته و به زوایایی که در این کتاب و پروژه‌های بین‌المللی، از نظرها پنهان مانده است نیز بپردازند و راه پیموده‌شده توسط دانشمندان غربی و شرقی را تکمیل و به ارتقاء و توسعه‌ی دانش و سلامت هموطنان، کمک نمایند. در ادامه، به برخی از پژوهش‌های مرتبط با بیماری‌های قلبی - عروقی، آن هم به - طور خلاصه، نگاهی خواهیم انداخت و از نتایج بدیع و تازه، مطلع خواهیم شد.

در زمینه‌ی بیماری‌های قلبی - عروقی، یکی از روش‌هایی که به‌وفور از آن یاد می‌شود، روش انتقال انرژی فروسرخ دور به بدن توسط سونای خشک وائون است که پیش از این، در بخشی مجزا، به آن اشاراتی شده است. محققان سونای وائون، معتقدند که برخی بیماری‌های قلبی - عروقی از جمله نارسایی مزمن قلبی و بیماری شریان محیطی^۱، با بهره‌مندی از این مدل درمانی و مداومت در درمان و حتی تمرینات ورزشی مکمل، بهبودی نسبی را برای فرد بیمار، به‌دلیل بهبود و اصلاح همودینامیک و سیستم گردش خون^۲ (با آفت تنش اکسیداتیو و افزایش بیان پروتئین‌ها و آران‌ای پیام‌رسان (mRNA) سنتز اندوتلیالی نیتریک‌اکسید

^۱ بیماری یا نارسایی شریان محیطی (Peripheral Arterial Disease) یا به اختصار PAD، به معنای تنگی رگ‌های محیطی است. این نارسایی، اختلالی شایع در سیستم گردش خون محسوب می‌شود و در آن، جریان خون به اندام‌های محیطی بدن (همچون پا)، کاهش می‌یابد. دلیل این واقعه، تنگ‌شدن یا انسداد شریان‌های خونی توسط پلاک‌های چربی (Fat Plaques) یا همان رسوبات چربی و کلسترول، است و عوارضی مانند دردهای عضلانی و بهبود زمان‌بر و ناکافی زخم‌ها را به همراه دارد. متأسفانه، در موارد پیشرفته و حاد، پزشکان مجبور به قطع عضو فرد بیمار می‌شوند.

^۲ ساز و کار دقیق بهبود یافتن جریان و گردش خون در درمان‌های بر پایه‌ی امواج فروسرخ دور، هنوز نامعلوم است ولی برخی بر این باورند که علاوه بر نقش نیتریک‌اکسید و غیره (که پیش از این به آن‌ها اشاره شده است)، پرتوهای فروسرخ دور می‌توانند بر پری‌سیت‌ها (Pericytes)، سلول‌های ویژه‌ی دیواره‌ی مویرگ‌ها و سایر رگ‌های خونی که نقش مهمی در حفظ ساختار رگ‌ها و تنظیم عملکرد آن‌ها دارند، اثری مستقیم و کلیدی بگذارند!

(eNOS) و به تبع آن، افزایش در میزان eNOS و تولید نیتریک‌اکسید^۱ و رشد قابل‌ملاحظه در مقابله با تجمع پلاکت‌ها و به تبع آن، کاهش پیشرفت تصلب شرایین^۲ و رگ‌زایی وابسته به نیتریک‌اکسید) به همراه خواهد داشت. در تحقیقی که گروهی ژاپنی به رهبری تاکورو شینساتو^۳ در سال ۲۰۱۰ میلادی، به سرانجام رسانده است، با ادله‌ای علمی و پژوهشی، ذکر شده است که علت بهبود بیماری شریان محیطی پس از استفاده از سونای وائون در بیماران داوطلب، بسیج و همراهی سلول‌های بنیادی هماتوپوئیتیک^۴ CD۳۴+ است. تابش حرارت یا همان پرتوی فروسرخ دور، باعث می‌شود تا تعداد سلول‌های بنیادی خون‌ساز CD۳۴+ در جریان خون محیطی، رشد قابل‌توجهی داشته باشند. این دسته از سلول‌های بنیادی، پروتئین‌های CD۳۴^۵ را بر سطح خود دارند و پتانسیل بالایی برای تبدیل شدن به سلول‌های خونی و عروقی دارند؛ به طوری که تنها سلول‌های بنیادی خونی هستند که توانایی تولید گلبول‌های سفید و قرمز و پلاکت‌ها را دارند و به بهبود اوضاع و ترمیم بافت‌های خونی و رگ‌ها، کمک شایان‌توجهی می‌کنند و در نهایت، از مشکلات و نارسایی‌های شریان محیطی، می‌کاهند.

رونک ژانگ^۶ و هم‌رئانش در سال ۲۰۰۹ میلادی، با انتشار مقاله‌ای به بررسی و تحلیل اثرات تابش امواج فروسرخ نزدیک کم‌توان بر بیماری‌های قلبی، پرداخته‌اند. آن‌ها با تمرکز بر

^۱ یکی از علائم نارسایی‌های شریان محیطی، کاهش تولید و فعالیت نیتریک‌اکسید است.

^۲ تصلب شرایین، به بیماری‌ای گفته می‌شود که در آن پلاک‌های چربی و کلسترول در دیواره‌ی داخلی شریان‌ها (سرخرگ‌ها)، تجمع یافته و باعث باریک شدن، سفتی و کاهش جریان خون سرشار از اکسیژن، به بافت‌ها و اندام‌ها می‌شوند. تجمع پلاک‌ها در طولانی‌مدت، به عوارضی همچون حمله‌ی قلبی، سکته‌ی مغزی، نارسایی‌های کلیوی و بیماری‌های قلبی - عروقی، می‌انجامد.

^۳ Takuro Shinsato

^۴ سلول‌های بنیادی هماتوپوئیتیک (Hematopoietic Stem Cells) یا خون‌ساز، سلول‌های نابالغی هستند که در مغز استخوان، خون محیطی و خون بند ناف یافت و به انواع مختلف سلول‌های خونی از جمله گلبول‌های سفید و قرمز و پلاکت‌ها، تبدیل می‌شوند. این سلول‌ها نقش مهمی در تولید و ترمیم سیستم خونی بدن، ایفا می‌کنند و در پیوند مغز استخوان یا سلول‌های بنیادی خون محیطی برای درمان بیماری‌های خونی، استفاده می‌شوند.

^۵ پروتئین CD۳۴، نشان‌گر سطحی سلولی است که عمدتاً در سلول‌های بنیادی خون‌ساز، سلول‌های اندوتلیال (رگ‌های خونی) و برخی سلول‌های سرطانی یافت می‌شود. این پروتئین و آنتی‌ژن مهم، نقشی اساسی در تنظیم چسبندگی سلولی و تکامل سلول‌ها دارد و برای شناسایی و جداسازی سلول‌های هماتوپوئیتیک، تشخیص و طبقه‌بندی بیماری‌های خونی و برخی تومورها و همچنین، در درمان‌هایی مانند پیوند مغز استخوان، کاربرد دارد.

^۶ Rong Zhang

سلول های کشت شده ی کاردیومیوسیت قلب موش های تازه متولد شده^۱ و برهم کنش امواج فروسرخ نزدیک کم توان (۵ دقیقه تابش با طول موج ۶۷۰ نانومتر) بر سلول های کاردیومیوسیت، دریافته اند که این برهم کنش حیاتی، سلول های کاردیومیوسیت را در برابر شرایط هیپوکسی (کمبود اکسیژن) و آسیب های ناشی از اکسیژن رسانی مجدد^۲، با ساز و کارهای تولید و انتشار نیتریک اکسیدها، محافظت نموده و به سلامت قلب و عضلات آن، کمک می نمایند. محققان این گروه، در مقاله ی خود به نقش حیاتی میتوکندری و تولید نیتریک اکسید توسط آن، اشاره و شرح می دهند که تابش امواج فروسرخ نزدیک کم توان، موجب آزادسازی نیتریک اکسیدها از CCO و میوگلوبین ها شده و با این شیوه، زنجیره ی محافظت از ماهیچه های قلب تکمیل می شود. این گروه، میتوکندری را عامل اساسی در محافظت از ماهیچه ی قلب معرفی می نماید و بیان می کند که میتوکندری، افزون بر تنفس سلولی، نقش محافظت کننده از عضلات قلب را بر عهده می گیرد. همچنین، گروه ژانگ، نشان داده اند که تابش به هنگام و بهنجار امواج فروسرخ نزدیک کم توان، از فعالیت آنزیم کاسپاز^۳، کاسته و کمکی به کاردیومیوسیت ها خواهد نمود تا از مرگ های برنامه ریزی شده، رهایی یابند.

شوجیرو اینویی به همراه همکارانش در سال ۲۰۱۲ میلادی، با دعوت از ۲۰ داوطلب مبتلاء به نارسایی های مزمن قلبی و با بهره مندی از دستگاه گرمادرمانی پا^۴، موفق شدند به میزان قابل قبولی از تنش اکسیداتیو، بکاهند و عصب واگ^۴ را به فعالیت بیش تری وادارند. در ضمن، آن ها دریافتند که روش درمانی مذکور، به بهبود فاکتورهای همودینامیک و گردش

^۱ Neonatal Mice

^۲ آسیب ناشی از اکسیژن رسانی مجدد (Reoxygenation Injury)، به آسیبی گفته می شود که هنگام بازگشت جریان خون به بافتی که قبلاً دچار کمبود اکسیژن بوده، رخ می دهد. در این پدیده، به جای بازیابی عملکرد طبیعی بافت، در واقع، برگشت خون به بافت و ایجاد التهاب و تنش اکسیداتیو، اتفاق می افتد. برای مثال، در شرایطی مانند حمله ی قلبی و سکته ی مغزی، این پدیده به کرات رخ می دهد؛ آن هم به این دلیل که در این گونه شرایط، خون رسانی به بافت، مختل شده و پس از آن با بازگشت خون به بافت، آسیب جدیدی ایجاد می شود.

^۳ Leg Thermal Therapy (LTT)

^۴ عصب واگ (Vagal Nerve) یا واگوس (Vagus)، طولانی ترین و پیچیده ترین عصب مغزی است که از مغز، کشیده شده و تا دستگاه گوارش ادامه دارد و به عصب سرگردان نیز مشهور است. عصب واگ، با بدن و به ویژه، قلب، ریه ها، دستگاه گوارش و حنجره، ارتباط سیگنالی برقرار می کند و در تنظیم عملکردهای حیاتی و خودکار بدن، از جمله، ضربان قلب، تنفس، بلع، صدا و صحبت کردن، گوارش و هضم غذا، تعادل در دستگاه عصبی پاراسمپاتیک و پاسخ به استرس و تنش، نقشی کلیدی ایفا می کند.

خون در بدن و عملکردِ اندوتلیالِ عروق^۱، کمک می‌نماید. این گروه ژاپنی با تجویز نسخه‌ای منحصر به فرد، شامل نوشیدن آب (در آغاز فرایند درمانی)، استراحت ۳۰ دقیقه‌ای، گرمادرمانی ۲۰ دقیقه‌ای (تابش فروسرخ دور به ساق پاها)^۲ و مجدداً استراحت ۳۰ دقیقه‌ای، در بهبود علائم و دردهای احتمالیِ نارسایی قلبی به بیماران کمک نموده‌اند. گروه تحت سرپرستی اینویبی مدعی است که پاها و عروق پا، می‌توانند به سراسر بدن و به‌ویژه قلب، کمک کنند تا از خطرات احتمالی به دور باشند (خطراتی مانند اضافه وزن، فشار خون بالا، سکته‌ی قلبی و مغزی و مواردی از این دست) و تابش امواج فروسرخ دور در این راستا، بسیار مؤثر عمل می‌کند.



شکل ۳۵: دستگاه گرمادرمانی پا و چگونگی استقرار بیمار در آن (از زانو تا نوک انگشتان پا).

لازم به توضیح است که پس از درمان‌های وابسته به پرتوهای فروسرخ، دردهای قلبی حاصل از سکته‌ی قلبی (آنفارکتوس قلبی^۳)، کم‌تر می‌شوند. دلیل افت درد و بهبود کیفیت زندگی، در بسیاری از مقالات، به بالارفتن میزان آنتی‌اکسیدان‌های درون خون، پروتئین‌های

^۱ عملکردِ اندوتلیالِ عروق (Vascular Endothelial Function)، به قابلیتِ لایه‌ای از سلول‌هایِ اندوتلیوم که سطح داخلی رگ‌های خونی را می‌پوشانند، اشاره دارد که موظف به انجام وظایفی حیاتی نظیر تنظیم جریان خون، انعقاد خون و پاسخ به التهاب است و در صورت اختلال در این عملکرد، بروز بیماری‌های قلبی - عروقی، محتمل خواهد بود.

^۲ این دستگاه و روش گرمادرمانی آن، شبیه به کُرسی‌های سنتی ایرانی، عمل می‌کند!

^۳ Myocardial Infarction

شوک حرارتی (HSP)، VEGF، سنتاز القایی نیتریک اکسید (iNOS)، نسبت داده شده و در نتیجه، فرایند رگ زایی به مرور بهبود می یابد و اثرات سوء ناشی از سکتة قلبی، به مراتب کم تر می شود (مثل کاهش درد و ابعاد ناحیه ی بافت های مرده یا آسیب دیده^۱ بین ۵۰ تا ۷۰ درصد) و به سلامت هر چه بهتر فرد بیمار، می انجامد.

محافظت نورونی و بیماری های مغزی و دستگاه اعصاب

از جمله چالش های علم پزشکی، مواجهه با نورون ها (یا همان سلول های عصبی) و دستگاه اعصاب داخلی (مرکزی) و محیطی^۲، است. بیماری هایی نظیر پارکینسون، آلزایمر، هانتینگتون^۳، ای آل اس (ALS)^۴، یا حتی سندروم تونل کارپال^۵ و دیگر بیماری های مغزی، نخاعی و مرتبط با دستگاه اعصاب، از عملکرد نامناسب نورون ها و دستگاه اعصاب، نشئت می گیرند و افراد را تا پایان عمر، درگیر عوارضی ناخوشایند می کنند. از این رو، محققان عرصه ی درمان گری بر پایه ی امواج نور مرئی و فروسرخ، به دنبال راهکارهایی برای محافظت از نورون ها^۶ و دستگاه اعصاب بدن رفته و موفق شده اند برخی تحقیقات را به سرانجام رسانده

^۱ Infarct Size

^۲ دستگاه اعصاب داخلی (مرکزی) و محیطی، به ترتیب، شامل مغز و نخاع (مرکزی) و اعصاب خارج از آن ها (محیطی)، می شوند.

^۳ هانتینگتون (Huntington)، اختلال ژنتیکی عصبی پیش رونده ای است که از والدین به فرزندان، منتقل و با تخریب سلول های مغزی در اثر جهش در ژن های HTT ایجاد و منجر به اختلالات حرکتی، شناختی و رفتاری می شود. ژن HTT، ژنی است که دستور ساخت پروتئین های هانتینگتون را می دهد و جهش در آن، باعث تولید و تجمع غیر طبیعی پروتئین های هانتینگتون در سلول های عصبی، شده و تخریب این سلول ها را آغاز می کند و سرانجام، منجر به بروز بیماری ژنتیکی هانتینگتون، می شود.

^۴ بیماری اسکیلروز جانبی آمیوتروفیک (Amyotrophic Lateral Sclerosis) یا به اختصار ALS، بیماری عصبی پیش رونده ای است که با تخریب سلول های عصبی حرکتی مغز و نخاع، سبب از بین رفتن تدریجی توانایی کنترل عضلات ارادی مانند حرکت، صحبت کردن، بلع و تنفس، می شود. سرانجام، عضلات تنفسی تأثیر می پذیرند و در نهایت، پیشرفت این بیماری، به نارسایی تنفسی و حتی مرگ، منجر خواهد شد.

^۵ سندروم تونل کارپال (Carpal Tunnel Syndrome)، شایع ترین بیماری اعصاب مچ دست است که با به دام افتادن عصب، در نتیجه ی فشردگی عصب میانی دالان مچ دست (موسوم به تونل کارپال)، ایجاد می شود. عصب میانی در ناحیه ی مچ دست، از زیر بافت همبند مچ دست و از روی استخوان های مچ، عبور می کند و اگر به هر دلیلی این فضا، تنگ و یا فشرده شده باشد، به این عصب، فشار زیادی وارد شده و اختلالات حسی و حرکتی در انگشتان دست، پدیدار می شود.

^۶ Neuroprotection

و این رویکرد نوین را به عنوان طبی مکمل و تسکین دهنده در جهت بهبود اوضاع و کیفیت زندگی بیماران، معرفی نمایند.

نخستین گزینه، جهت نگاه به دنیای میکروسکوپی بیماری‌ها، میتوکندری سلول‌ها است. از آنجا که این اندامک‌های میکروسکوپی درون سلولی، نیروگاه تولید انرژی در سلول‌ها محسوب می‌شوند، بررسی عملکردشان، بهترین و شایسته‌ترین انتخاب برای محققان در تحلیل روند شکل‌گیری و درمان دقیق‌تر بیماری‌ها خواهد بود. اختلال عملکرد میتوکندری سلول‌های عصبی، می‌تواند به بیماری‌هایی همچون نورودژنراتیو^۱ (تخریب‌کننده‌ی عصب) و اختلالات عصبی^۲، بیانجامد. اختلال در عملکرد میتوکندری نورون‌ها، عامل اصلی نکرور^۳ نورونی^۳، تلقی می‌شود؛ این نوع مرگ سلولی با ورود بیش از اندازه‌ی یون‌های کلسیم به داخل نورون و میتوکندری آن، رخ می‌دهد که مستقیماً به تحریک بیش از حد سلول‌های عصبی (اکسیتوتوکسیسیتی)^۴، مرتبط است.^۵ با افزایش غلظت یون کلسیم،

^۱ بیماری‌های نورودژنراتیو (Neurodegenerative Diseases) یا تخریب‌کننده‌ی عصبی، به دسته‌ای از بیماری‌ها اطلاق می‌شود که در آن، سلول‌های عصبی در دستگاه اعصاب داخلی یا مرکزی (مغز و نخاع)، به تدریج آسیب دیده و عملکرد خود را از دست می‌دهند یا به کلی می‌میرند. این بیماری‌ها، معمولاً پیش‌رونده هستند؛ یعنی به مرور زمان وخیم‌تر شده و اکنون برای آن‌ها درمانی قطعی موجود نیست. بیماری‌های پارکینسون، آلزایمر، هانتینگتون و ALS، از این دست بیماری‌ها به‌شمار می‌آیند.

^۲ اختلال عصبی (Neurological Disorder)، به هرگونه بیماری یا شرایطی گفته می‌شود که بر عملکرد طبیعی دستگاه اعصاب داخلی یا مرکزی (مغز و طناب نخاعی) و محیطی (اعصاب)، تأثیر می‌گذارد و منجر به ناهنجاری‌های ساختاری، الکتریکی یا شیمیایی در آن‌ها می‌شود. این اختلالات، طیف وسیعی از علائم فیزیکی و روانی را ایجاد می‌نمایند؛ ضعف عضلانی، مشکلات حسی و احساس گزگز، تشنج و حملات عصبی، سرگیجه و سردردهای مداوم و شدید، اختلال در تعادل و هماهنگی حرکات، تغییر در سطح هوشیاری، گفتار، شنوایی و بینایی و مشکلات شناختی مانند اختلال حافظه، از علائم مرتبط با اختلالات عصبی به‌شمار می‌آیند. بیماری‌هایی مانند پارکینسون، آلزایمر، صرع، اوتیسم (نوعی اختلال عصبی رشدی) و سکت‌های مغزی، از مثال‌های اختلالات عصبی هستند.

^۳ نکرور نورونی (Neuronal Necrosis) یا عصبی، به مرگ طبیعی سلول‌های عصبی (نورون‌ها) گفته می‌شود که در نتیجه‌ی آسیب‌های شدید، اختلال در خون‌رسانی و اکسیژن‌رسانی، عفونت، سموم یا شرایط نامساعد محیطی، رخ می‌دهد. برخلاف آپوپتوز (مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلولی)، نکرور، فرایندی آسیب‌شناختی است که سلول را به طور غیر قابل کنترل از بین می‌برد و باعث ایجاد التهاب و آسیب به بافت‌های اطراف، می‌شود.

^۴ Excitotoxicity

^۵ افزایش بیش از حد میزان یون کلسیم میتوکندری در اثر اکسیتوتوکسیسیتی (Excitotoxicity-Associated Mitochondrial Calcium)، فرایندی مخرب است که به آسیب سلولی و مرگ عصبی (نورونی)، می‌انجامد. در واقع، هنگامی که سلول‌های عصبی (نورون‌ها)، بیش از حد تحریک شوند (اکسیتوتوکسیسیتی)، مقادیر زیادی ناقل عصبی (Neurotransmitter) مانند گلوتامات (Glutamate)، آزاد می‌شود.

اکسیتوتوکسیسیستی رخ داده و مانع از انجام فرایند فسفریلاسیون اکسیداتیو^۱ می‌شود. در ادامه‌ی این روند، تنش اکسیداتیو و فعالیت آنزیم کالپاین^۲، فزونی یافته و به تبع آن، تولید انرژی در میتوکندری، مختل می‌شود و سرانجام، به نقص جدی در عملکرد سلول‌های عصبی یا مرگ نورون‌ها، می‌انجامد. حال، برخی محققان بر این باورند که برای ارتقاء کارایی و یا جلوگیری از آسیب‌های جدی به میتوکندری‌ها، گسیل نور مرئی یا امواج فروسرخ می‌تواند راهگشا بوده و توانایی کمک‌رسانی به سلول‌ها و میتوکندری‌ها را داشته باشد.

در جهت رفع آلام و عوارض هر چه بیش‌تر بیماری‌هایی نظیر پارکینسون و آلزایمر، دنیل جانستون^۳ استرالیایی با همراهی محققانی از استرالیا و فرانسه در ژانویه سال ۲۰۱۶ میلادی، با انتشار مقاله‌ای به بررسی کاهش اثرات مہلک دو بیماری آلزایمر و پارکینسون بر اثر برهم‌کنش سلول‌های عصبی (نورون‌های) موجود در مغز با امواج نور مرئی تا فروسرخ نزدیک ساطع‌شده (با طول موج ۶۰۰ تا ۱۰۷۰ نانومتر) بر آن‌ها، پرداخته و موفق به کاهش

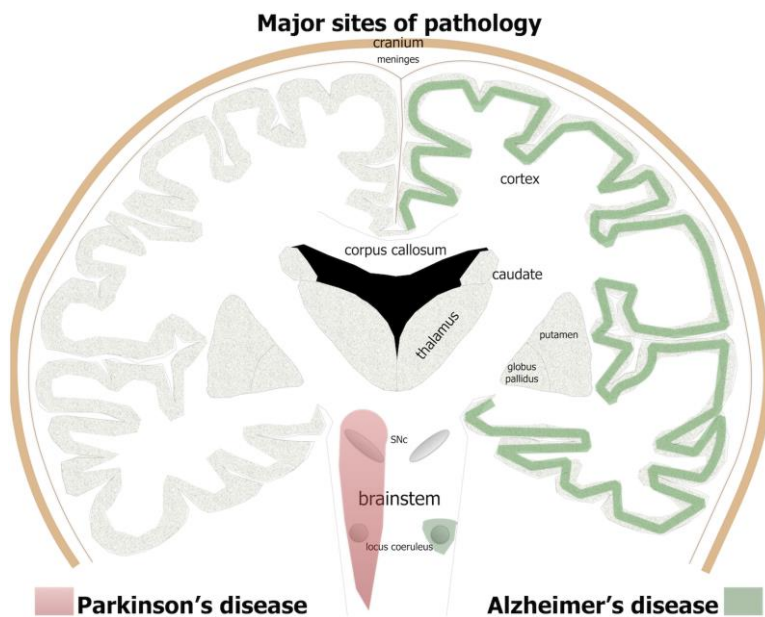
افزایش مقدار گلوتامات، باعث ورود بیش از حد یون کلسیم به سلول و سپس میتوکندری، خواهد شد. لازم به ذکر است که نوروترانسمیتر یا ناقل عصبی، ماده‌ای شیمیایی است که توسط نورون‌ها آزاد می‌شود تا پیام‌های الکتروشیمیایی (سیگنال‌های الکتریکی) را از طریق فضایی به نام سیناپس (Synapse) به سلول‌های هدف منتقل نماید و فعالیت نورون‌ها را نیز افزایش یا کاهش دهد. این پیام‌رسان عصبی، نقشی اساسی در تنظیم بسیاری از عملکردهای بدن از جمله ضربان قلب، تنفس، خواب، هوشیاری، خلق و خو، رفتار، احساس شادی، اضطراب، یادگیری و حافظه، دارد. در ضمن، گلوتامات، یکی از مثال‌های ناقل‌های عصبی است. گلوتامات، اسید آمینه‌ای فراوان و ضروری برای پروتئین‌ها است و اصلی‌ترین انتقال‌دهنده‌ی عصبی تحریک‌کننده، محسوب شده و به طور کل، به سلول‌های عصبی کمک می‌کند تا سیگنال‌ها و پیام‌ها را به‌درستی منتقل نمایند.

^۱ فسفریلاسیون اکسیداتیو، فرایندی حیاتی در سلول است که انرژی حاصل از تجزیه‌ی مواد غذایی را با استفاده از اکسیژن، به ATP تبدیل می‌کند. این فرایند در غشاء داخلی میتوکندری، انجام می‌شود و شامل دو مرحله‌ی اصلی است. ابتدا، انرژی از مولکول‌های حامل انرژی NADH و FADH₂، به‌صورت الکترون‌های پُر انرژی به اکسیژن مولکولی منتقل می‌شود (زنجیره‌ی انتقال الکترون) و سپس، سِنَتاز ATP، با انرژی حاصل از این انتقال، ATP را تولید می‌کند. فسفریلاسیون اکسیداتیو، تنها مرحله‌ای از تنفس سلولی است که مستقیماً از اکسیژن استفاده می‌نماید و علی‌رغم برخورداری از ویژگی‌های شاخص و پُر فایده، تولید گونه‌های نیتروژن و اکسیژن فعال (رادیکال‌های آزاد) در این فرایند و در میتوکندری، می‌تواند برای سلول‌ها مشکل‌ساز باشد.

^۲ کالپاین (Calpain)، مجموعه‌ای از آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ی پروتئین (آنزیم‌های پروتئولیتیک) وابسته به کلسیم در سلول‌ها است که نقش مهمی در تجزیه‌ی پروتئین‌های مختلف دارد. کالپاین، به طور طبیعی، پروتئین‌های مختلف را در سلول تجزیه می‌کند که این امر برای تنظیم عملکرد سلولی، الزامی است. کالپاین، در فرایندهایی مانند رشد سلولی (به-ویژه، سلول‌های عضلانی و ماهیچه‌ای)، تمایز سلولی، ترمیم بافت و مرگ سلولی، نقش دارد.

³ Daniel M. Johnstone

در مرگ نورون‌ها شده‌اند. این محققان در گزارش ناب و بدیع‌شان، درمان (یا حداقل متوقف-سازی مرگ نورون‌ها) بر پایه‌ی طیف مرئی و به‌ویژه، فروسرخ نزدیک کم‌توان را در راستای کم نمودن عوارض و علائم این دو بیماریِ نورودژنراتیو، معرفی و توصیه‌ی اکیدی بر استفاده از آن می‌کنند. گروه جانستون، قشر (کورتکس)^۱ و ساقه‌ی مغز^۲ را مهم‌ترین بخش‌ها با بیش‌ترین مرگ نورونی، (به‌ترتیب) در پیدایش بیماری‌های آلزایمر و پارکینسون، معرفی می‌کنند و تمرکز خود را بر این نواحی معطوف می‌سازند.



شکل ۳۶: مغز انسان و نمایش جایگاه قشر (کورتکس) و ساقه‌ی مغز، به‌عنوان بخش‌های اصلی مرگ نورونی در بیماری-های آلزایمر (بخش سبز رنگ در محیط مغز) و پارکینسون (بخش قرمز رنگ در میانه‌ی مغز).

^۱ قشر یا کورتکس مغز (Cerebral Cortex)، لایه‌ی خارجی و نازک مغز که ماده‌ی خاکستری نیز نامیده می‌شود و از لایه‌های سلول‌های عصبی، تشکیل شده است. این لایه، مسئول پردازش اطلاعات ورودی از حواس مختلف به مغز (بینایی، شنوایی، لامسه، بویایی و چشایی)، تفکر، یادگیری، حافظه، استدلال، قضاوت، ادراک حسی، کنترل حرکات و وظایف شناختی پیچیده و سطح بالایی مانند تصمیم‌گیری و زبان است.

^۲ ساقه‌ی مغز (Brainstem)، بخشی از مغز است که در انتهای آن و در بالای نخاع قرار دارد و نخاع را به مخ و مخچه، متصل می‌کند. این بخش که از اجزایی مانند مغز میانی (Midbrain)، پل مغزی (Pons) و بصل‌النخاع یا پای مغز (Medulla Oblongata) تشکیل شده است، وظیفه‌ی کنترل عملکردهای غیر ارادی مانند تنفس، ضربان قلب، فشار خون، هوشیاری، خواب و رفلکس‌های مهمی از جمله بلعیدن، سرفه، عطسه و رفلکس‌های بینایی و شنوایی را بر عهده دارد. همچنین، ساقه‌ی مغز، مسیر انتقال پیام‌های حسی و حرکتی بین مغز و دیگر نقاط بدن است.

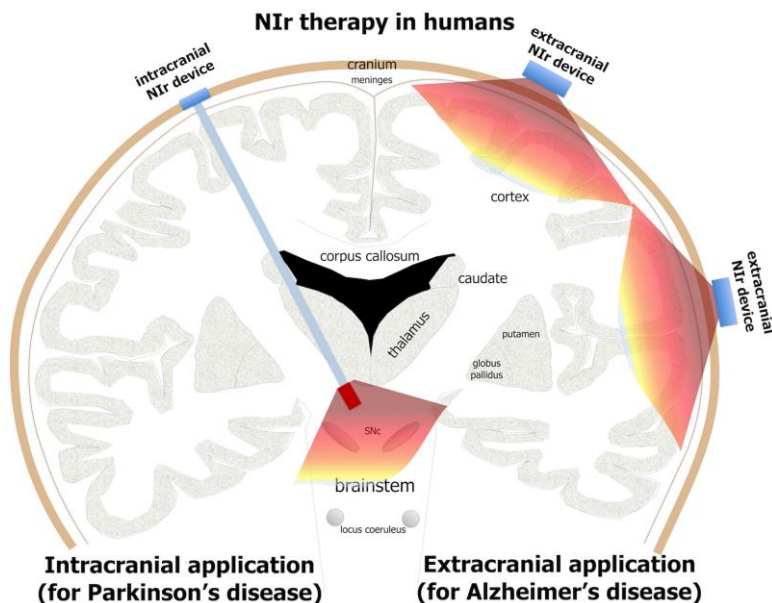
دلیل اصلی کاهش عوارض و علائم در بیماری آلزایمر، فزونی یافتن در تولید ATP میتوکندری است که سبب کاهش ذخیره و تجمع غیر عادی پروتئین‌های آمیلوئید بتا، می‌شود و این امر به کاهش رسوبات این دسته از پروتئین‌ها، می‌انجامد و عوارض ناشی از آلزایمر را به شدت با روندی نزولی همراه می‌کند. به همین صورت، پرتوهای فروسرخ نزدیک، باعث ازدیاد تولید ATP در سلول‌های بیماران پارکینسونی شده و تنش اکسیداتیو را با کاهش مواجه می‌کنند و در نتیجه، سطح دوپامین و تعداد سلول‌های دوپامینرژیک^۱ ساقه‌ی مغز (که عاملی مهم در پیدایش بیماری پارکینسون به شمار می‌آید) را افزایش و یا حداقل حفظ می‌نمایند.

به همین دلیل، گروه پژوهشی جانستون، از پرتوهای فروسرخ نزدیک، به عنوان محافظ نورون‌ها یاد می‌کند و برای جلوگیری از عوارض بیماری‌های فوق و به ویژه، مرگ نورون‌ها، پیشنهاد می‌دهد که دستگاه تابش‌کننده‌ی پرتوهای فروسرخ نزدیک در بیماری آلزایمر، دستگاهی برون‌جُمجُمه‌ای^۲ انتخاب شود (مانند کلاه‌ی مجهز به این دستگاه که توانایی تابش امواج به طور گسترده بر سطح کلی جُمجُمه و قشر مغز را دارد) و از آنجا که قشر مغز در عمق ۸ تا ۱۰ میلی‌متری از سطح جُمجُمه قرار دارد، انرژی فروسرخ نزدیک برای سلول‌های قشر مغز، به سهولت قابل دسترسی خواهند بود اما در مورد بیماری پارکینسون، آن‌طور که پیش‌تر بیان شد، نورون‌های ساقه‌ی مغز (با عمق ۸۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر از سطح خارجی جُمجُمه)، حداکثر مرگ سلولی را تجربه می‌کنند و بر این اساس، دستگاهی درون‌جُمجُمه‌ای^۳ برگزیده می‌شود (استقرار دستگاه کوچک تابش‌کننده‌ی امواج با جراحی مختصر به درون جُمجُمه) و بر این ناحیه، امواج مذکور را می‌تابانند.

^۱ سلول‌های دوپامینرژیک (Dopaminergic Cells)، سلول‌های عصبی‌ای هستند که ماده‌ی شیمیایی انتقال‌دهنده‌ی عصبی دوپامین را تولید و ترشح می‌کنند. این سلول‌ها، نقش مهمی در مسیرهای مغزی مربوط به انگیزه، سیستم پاداش و کنترل حرکات دارند. کمبود یا اختلال در عملکرد سلول‌های دوپامینرژیک، با بیماری‌هایی همچون پارکینسون مرتبط است؛ زیرا در این بیماری، سلول‌های تولیدکننده‌ی دوپامین، در بخشی از مغز، از بین می‌روند.

^۲ Extracranial Device

^۳ Intracranial Device



شکل ۳۷: تابش پرتوهای فروسرخ نزدیک به نواحی قشر (بیماری آلزایمر) و ساقه‌ی مغز (بیماری پارکینسون)، به- ترتیب، با استقرار دستگاه کوچک تابش‌کننده‌ی امواج به صورت برون و درون جَمْجمه‌ای.

در پژوهشی دیگر، یولیا گولووینسکا^۱ از اوکراین به همراه محققانی از چین و اوکراین، در سال ۲۰۲۰ میلادی، به نتیجه‌ای گران‌بها در خصوص تابش امواج نور سرخ و فروسرخ نزدیک (با طول موج‌های ۶۵۰ و ۸۰۸ نانومتر) بر نورون‌ها و حتی سلول‌های سرطانی (دو نوع نوروبلاستوما^۲ و هِلا)، دست یافتند. محققان این گروه، پس از تابش امواج سرخ و فروسرخ نزدیک، روند رو به رشد در جریان ورودی یون‌های کلسیم به داخل سلول‌های عصبی و سرطانی^۳ و به تبع آن، افزایش در واقطبش غشاء^۴ (افزایش واقطبش غشاء منوط به ازدیاد بار

^۱ Iuliia Golovynska

^۲ نوروبلاستوما (Neuroblastoma)، نوعی سرطان بدخیم است که در سلول‌های عصبی نابالغ به نام نوروبلاست‌ها (Neuroblasts)، ایجاد می‌شود و معمولاً در کودکان زیر ۵ سال رخ می‌دهد. در حالت معمول، سلول‌های عصبی نابالغ به بالغ، تبدیل می‌شوند ولی در نوروبلاستوما، این فرایند مختل شده و به صورت تومور، رشد می‌کند. این تومور، اغلب در غدد فوق کلیوی، شروع و می‌تواند در نواحی دیگری مانند شکم، گردن، قفسه‌ی سینه و نزدیکی ستون فقرات نیز ایجاد شود.

^۳ جریان یون کلسیم به داخل سلول (Calcium Ion Influx)، پدیده‌ای است که به ورود، نفوذ یا جاری شدن یون‌های کلسیم از فضای خارج از سلول به درون سیتوپلاسم، اشاره دارد. این ورود، به طور معمول، از طریق کانال‌های یونی یا انتقال‌دهنده‌ها، صورت می‌گیرد و در فرایندهای سلولی، مانند انقباض عضلانی، فعالیت‌های سیناپسی، آزادشدن انتقال-دهنده‌های عصبی و انتقال پیام‌های عصبی، تنظیم فعالیت آنزیم‌ها و بیان ژن‌ها، نقشی حیاتی دارد.

الکتریکی مثبت درون سلول است که در اینجا، با افزایش غلظت یون های کلسیم با بار الکتریکی مثبت در درون سلول، رخ داده است! را مشاهده نمودند و در ادامه، آزادسازی یون های همچون کلسیم از شبکه ی آندوپلاسمی^۱ را به عنوان نتیجه ی درخشان دیگری به ثبت رساندند. گروه تحقیقاتی گولووینسکا، به این موضوع پی برد که امواج با طول موج های ۶۵۰ (سرخ) و ۸۰۸ (فروسرخ نزدیک) نانومتر، در هر سه نوع سلول، منجر به افزایش در غلظت یون های کلسیم در داخل سلول ها شده است.^۲ محققان، دلیل و ماهیت آن را به دو

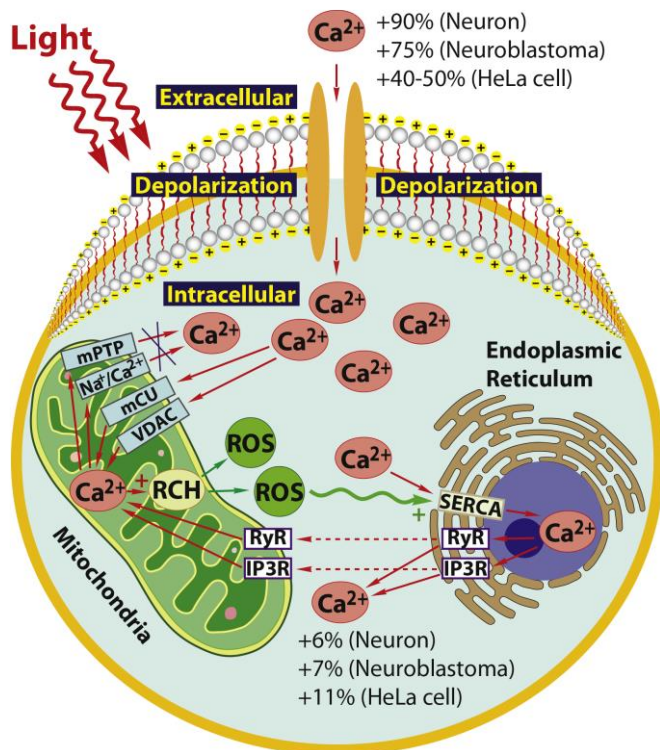
^۴ افزایش پتانسیل غشاء، برای نورون ها پس از گذشت ۲ دقیقه از تابش امواج با طول موج های ۶۵۰ و ۸۰۸ نانومتر، به ترتیب، ۸ و ۷ میلی ولت بوده و پس از دقیقه ی دوم، روندی ثابت را نشان داده است. این افزایش در سلول های نوروبلاستوما، پس از ۳ دقیقه، به ترتیب در حدود ۱۳ و ۱۲ میلی ولت به ثبت رسیده (برای تابش های ۶۵۰ و ۸۰۸ نانومتر) و پس از آن تدریجاً و به آهستگی، افزایش یافته است. سلول های هلا نیز پس از ۳ دقیقه، افزایش پتانسیل حدوداً ۱۷ و ۱۳ میلی ولتی را در غشاء خود تجربه نموده (برای تابش های ۶۵۰ و ۸۰۸ نانومتر) و سپس روندی ثابت را به ثبت رسانده اند. افزایش ناگهانی پتانسیل غشاء در دقایق نخستین تابش، به افزایش سریع غلظت یون های کلسیم در درون سلول های مورد اشاره، تفسیر و تعبیر می شود.

^۱ شبکه ی آندوپلاسمی، یک اندامک غشائی پیچیده است که از کیسه ها و لوله های متصل به هم، تشکیل شده و نقش مهمی در سنتز و تآخوردگی پروتئین ها، سنتز لیپیدها، ارتباطات سلولی، انتقال مواد و متابولیسم (سوخت و ساز)، دارد. این شبکه، در دو نوع یافت می شود. نوع نخست، شبکه ی آندوپلاسمی خشن (Rough Endoplasmic Reticulum) یا به اختصار RER، نام دارد که دارای ریبوزوم است و به سنتز و تآخوردگی پروتئین ها، کمک می کند و نوع دوم، شبکه ی آندوپلاسمی صاف (Smooth Endoplasmic Reticulum) یا اختصاراً SER، است که فاقد ریبوزوم بوده و در متابولیسم لیپیدها، سنتز فسفولیپیدها و استروئیدها، ذخیره ی کلسیم و سم زدایی مواد مضر و داروها، نقش دارد.

^۲ در این پژوهش، در نورون های در معرض تابش نور سرخ فام با طول موج ۶۵۰ نانومتر، ۸۸ درصد افزایش در غلظت یون های کلسیم، آن هم در مدت کوتاه ۱ تا ۲ دقیقه ای، مشاهده شده و سپس، روندی نزولی به ثبت رسیده است. نورون ها در طول موج فروسرخ نزدیک ۸۰۸ نانومتر، ۸۲ درصد افزایش را با آهنگی کندتر از قبل و در ۲ تا ۳ دقیقه، به نمایش گذاشته و مجدداً روندی نزولی را تجربه نموده اند! تصور می شود، روند کاهشی مشاهده شده، به دلیل ساز و کارهایی در سیتوپلاسم نورون ها باشد که حذف یون های کلسیم درون سلولی اضافی را تسهیل نموده و پاک سازی سلول- های عصبی از یون های کلسیم را آغاز می کند و از انباشت یون های اضافی درون سلول های عصبی، می کاهد. یعنی، نورون ها به افزایش غلظت یون های کلسیم درون سیتوپلاسم، بسیار حساس اند و افزایش بی اندازه ی غلظت یون کلسیم را بر نمی تابند تا از اِکسیتوتوکسیسیتی، آپوپتوز و مرگ سلولی، جلوگیری نمایند.

برخلاف نورون ها، سلول های سرطانی تحت آزمایش محققان این گروه، نمایشی متفاوت از خود بر جای گذاشته اند. سلول های نوروبلاستوما و هلا، هنگامی که در معرض تابش نور سرخ فام با طول موج ۶۵۰ نانومتر قرار گرفته اند، افزایش ۵۰ تا ۵۵ درصدی از غلظت یون های کلسیم را در مدت زمانی حدوداً ۲ تا ۳ دقیقه داشته اند ولی پس از این مدت، برخلاف نورون ها، روند صعودی غلظت یونی را با آهنگی بسیار کندتر ادامه داده اند، به طوری که سلول های نوروبلاستوما، افزایش ۶۱ و ۹۰ درصدی را به ترتیب بعد از ۵ و ۲۰ دقیقه، تجربه کرده و سلول های هلا نیز افزایش ۵۶ درصدی را پس از ۵ دقیقه، به ثبت رسانده اند و برخلاف سلول های نوروبلاستوما، پس از دقیقه ی پنجم، روندی ثابت را در پیش گرفته-

عامل اساسی وابسته می‌دانند که به گسترش جریان ورودی یون‌های کلسیم به داخل سلول و آزادسازی یون‌های کلسیم از شبکه‌ی آندوپلاسمی درون سلول، نسبت داده می‌شود.^۱



شکل ۳۸: نمایش مسیر ورود یون‌های کلسیم به درون سلول و آزادسازی یون‌ها توسط شبکه‌ی آندوپلاسمی به همراه درصد میزان کلسیم در هر دو عامل، برای نورون‌ها، سلول‌های نوروبلاستوما و هِلا، پس از تابش امواج سرخ و فروسرخ.

اند. سلول‌های نوروبلاستوما و هِلا، در طول موج فروسرخ نزدیک ۸۰۸ نانومتر، روندی آهسته‌تر از طول موج ۶۵۰ نانومتر را در افزایش غلظت یون‌های کلسیم، به نمایش گذاشته‌اند به طوری که سلول‌های نوروبلاستوما پس از ۵ و ۲۰ دقیقه، به ترتیب ۳۷ و ۷۴ درصد، افزایش را نشان داده و سلول‌های هِلا، پس از ۱۲ دقیقه، فقط ۴۹ درصد افزایش را به ثبت رسانده و در ادامه، روندی ثابت را اختیار نموده‌اند. جالب است بدانیم که افزایش بیش از حد یون‌های کلسیم درون سلول‌ها (موسوم به هایپرکلسمی درون‌سلولی)، می‌تواند منجر به تسریع در مرگ سلول‌های سرطانی شود (اثرات سیتوتوکسیک یا سمیت سلولی) و ترفندی هوشمندانه برای از بین بردن سلول‌های سرطانی، محسوب می‌شود.

^۱ این گروه تحقیقاتی، آزادسازی بیش‌تر یون‌های کلسیم از شبکه‌ی آندوپلاسمی را پس از تابش امواج سرخ و فروسرخ نزدیک، به تولید بیش‌تر گونه‌های اکسیژن فعال و ارتباط تنگاتنگ بین آن‌ها، نسبت می‌دهند. در این پژوهش، با تابش امواج ۶۵۰ و ۸۰۸ نانومتری، افزایشی هم‌زمان از میزان کلسیم و گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌های تحت مطالعه، مشاهده می‌شود. افزایش میزان گونه‌های اکسیژن فعال در تابش امواج ۶۵۰ نانومتری و در نورون‌ها، سلول‌های نوروبلاستوما و هِلا، به ترتیب، ۲۷، ۲۳ و ۳۵ درصد و در امواج ۸۰۸ نانومتری، به ترتیب، ۲۳، ۱۸ و ۱۷ درصد بوده است!

جالب است که گروه گولووینسکا، آزمایش‌های خود را با تابش امواج فروسرخ نزدیک ۱۰۶۴ نانومتری نیز به انجام رسانده و نتایج درخشان و جالب توجه مربوط به دو طول موج تابشی ۶۵۰ و ۸۰۸ نانومتر را به دست نیاورده و در ادامه، تأکید دارند که برای رسیدن به اهداف مدنظر، بایستی طول موج‌هایی ویژه برای دستیابی به نتایج درخشان درمانی، برگزید. همچنین، برخی پژوهشگران ادعا نموده‌اند در طول موج‌های ویژه‌ای از نور مرئی و فروسرخ دور (مثل ۶۳۰ نانومتر)، اثرات سوء ناشی از ضربات به مغز و حتی سکت‌های مغزی، روندی نزولی را آغاز می‌کنند و دلیل این امر را به افزایش تولید ATP، اکسیژن رسانی و خون‌رسانی مؤثرتر به نواحی و بافت‌های موردنظر در مجمه و مغز، نسبت می‌دهند.

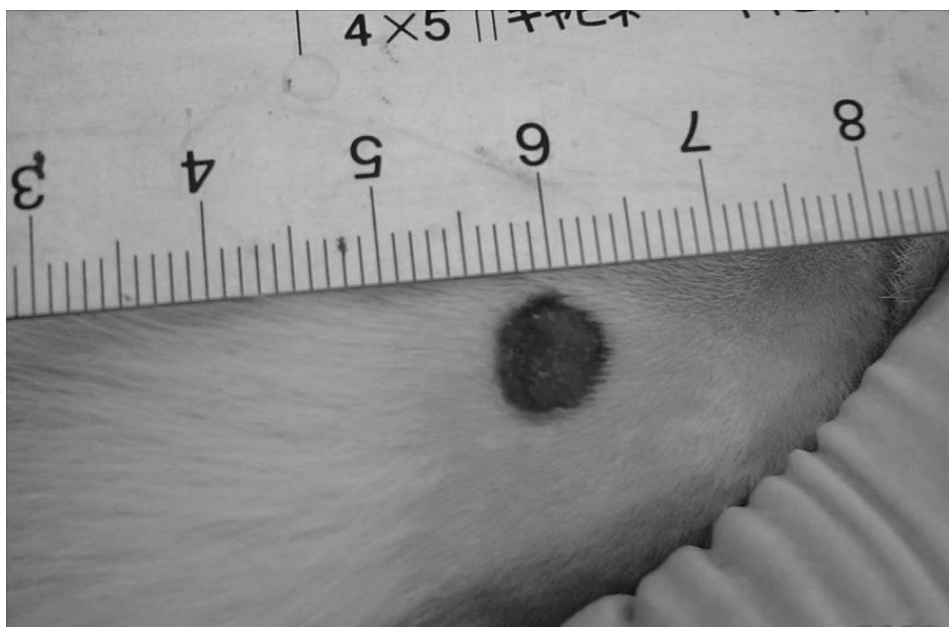
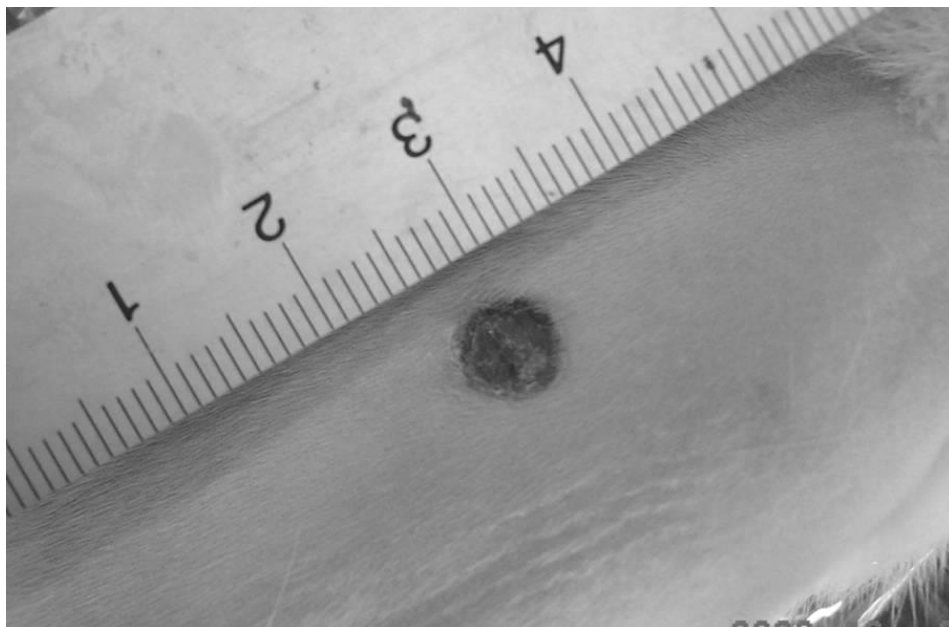
امراض پوستی

پیش‌تر اشاره شد که درمان و بهبود زخم‌ها و بیماری‌ها^۱، از جمله مهم‌ترین اثرات و مزیت‌های تابش پرتوهای فروسرخ بر پوست است. در آزمایش روی زخم‌های پوستی موش‌ها نشان داده شده است که با تابش امواج فروسرخ دور، مساحت زخم‌های سطحی روی پوست این جانور با آهنگ بیش‌تری (نسبت به نمونه‌ی شاهد)، محو می‌شود. برای مثال، کیکوجی یاماشیتا، در گزارش خود، با ریولیت توانست به بهبودی زخم روی پوست موش کمک نماید. وی، نتیجه‌ی ارزشمندی که پیش از این هم به آن اشاره شده است را سرآغازی بر پژوهش‌ها در بهبودی و ترمیم زخم‌هایی همچون زخم بستر^۲ عنوان می‌کند و پیشنهاد می‌دهد که بهتر است از ریولیت و دیگر مواد مشابه در کرم‌ها و لوازم آرایشی، برای بهبود شرایط پوست مصرف‌کنندگان و جلوگیری از پیری زودرس پوست استفاده شود. با این حال، یاماشیتا با بررسی نوعی التهاب پوست به نام درماتیت آتوپیک^۳ به نتایج مشابه و مثبتی دست می‌یابد و آن را مشتاقانه در گزارش پژوهشی خود بیان می‌دارد.

^۱ مانند زخم‌های سطحی و حتی عمیق، زخم‌های پس از عمل‌های جراحی، زخم‌های دیابتی، آکنه یا جوش‌های غیر معمول صورت، چین و چروک‌های پوستی (Wrinkle)، اختلال پوستی پسوریازیس یا بیماری صدفک، درماتیت آتوپیک (Atopic Dermatitis)، آلورپی آر‌ه‌آ (Alopecia Areata) یا طاسی منطقه‌ای یا ریزش موی سکه‌ای) و غیره.

^۲ Bedsore

^۳ درماتیت آتوپیک، بیماری مزمن پوستی است که با خشکی، خارش و التهاب پوست همراه است. خشکی شدید پوست، قرمزی، ترشحات زرد یا مایل به سفید، ترک‌های خشک و خارش‌های مداوم از علائم این بیماری است. درماتیت آتوپیک، به دلایل ژنتیکی، محیطی، حساسیت (آلرژی) و عوامل عفونی، پدیدار می‌شود.



شکل ۳۹: سطح زخم پوست؛ نمونه‌ی شاهد (تصویر بالا) و در معرض تابش انرژی فروسرخ دور (تصویر پایین).

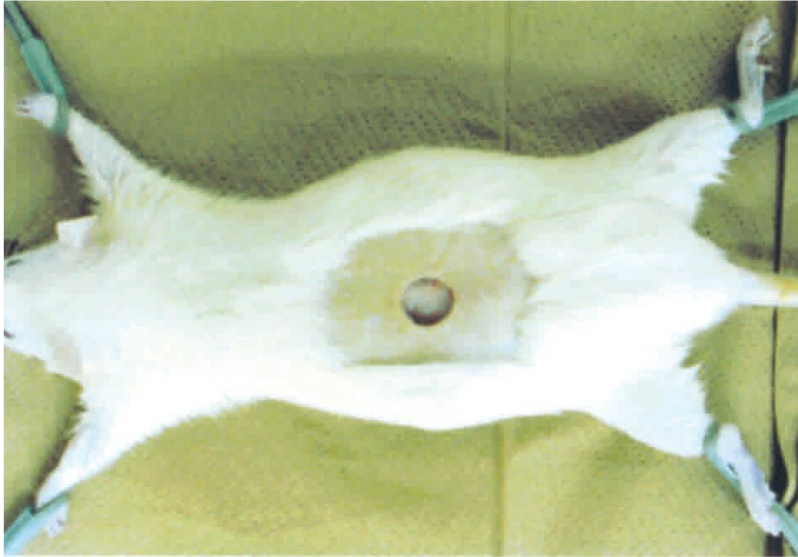


شکل ۴۰: بهبود التهاب درمانیت‌آتوپیک در موش‌های تحت درمان تابش فروسرخ دور.

پیش از یاماشیتا، هیده‌یوشی تویوکاوا^۱ و همکاران ژاپنی وی در سال ۲۰۰۲ میلادی، با بررسی اثرات مفید تابش انرژی فروسرخ دور (با طول موج ۵/۶ تا ۲۵ میکرومتر)، بر پوست

^۱ Hideyoshi Toyokawa

موش‌های صحرایی، به روند تدریجی و سریع بهبودی و ترمیم زخم‌های عمیق ایجاد شده در کمر موش‌ها (ایجاد زخمی دایره‌ای شکل با قیچی به قطر حدوداً ۱۵ میلی‌متر) در مقایسه با موش‌های صحرایی گروه شاهد و با استفاده از بازرسی‌های بافت‌شناسی^۱، اشاره داشته‌اند.



شکل ۴۱: زخم عمده ایجاد شده در ناحیه‌ی کمر موش صحرایی.

تویوکاوا و همکارانش مدعی‌اند که روند بهبودی زخم مورد نظر، در مدت زمانی کوتاه‌تر نسبت به حالت معمول، رخ داده است (بعد از ۷ روز و سریع‌تر از موش‌های گروه شاهد). با مطالعات بافت‌شناسی و در آزمایش‌های با تابش انرژی فروسرخ^۲، تولید و بازسازی کلاژن‌ها^۳ و نفوذ فیبروبلاست‌های مؤثر ترمیم زخم‌های سطحی (که به بیان سیتوکین فاکتور رشد $TGF-\beta 1$ مرتبط هستند)، در حالتی به مراتب بهتر و سریع‌تر از گروه شاهد رخ داده‌اند.^۴ محققان ژاپنی این گزارش، احتمال می‌دهند ترشح سیتوکین فاکتور رشد $TGF-\beta 1$ یا

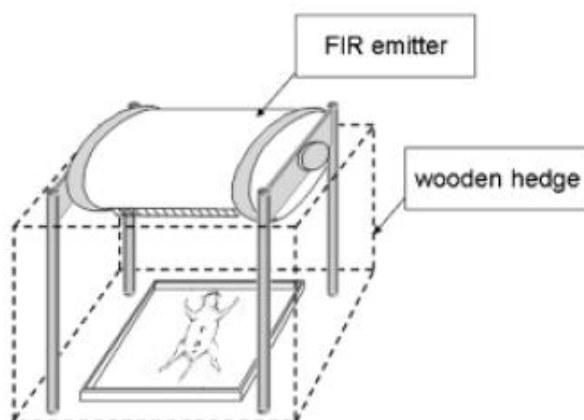
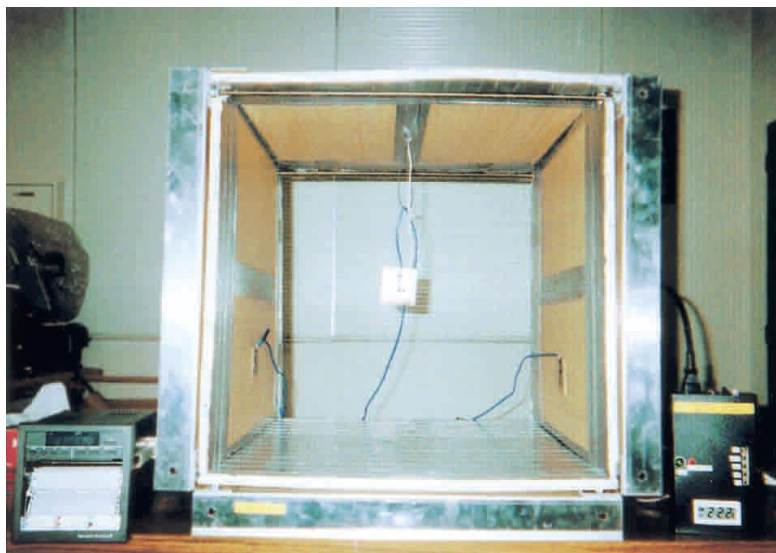
¹ Histological Inspections

^۲ دستگاهی دو لایه که لایه‌ی بیرونی آن در مجاورت گرمادهنده (بخاری یا Heater) قرار می‌گیرد و لایه‌ی درونی، از ورقه‌ای آلومینیومی با روکش سرامیک (Ceramic-Coated Sheet of Aluminium)، پوشانده می‌شود (مطابق با شکل ۴۲).

³ Collagen Regeneration

^۴ تویوکاوا و همکارانش، در این آزمایش مشاهده نموده‌اند که نفوذ فیبروبلاست‌ها در روزهای اول، پنجم و هفتم، بیشینه (ماکزیمم) بوده و بازسازی کلاژن‌ها در روز هفتم، به اوج رسیده است.

فعال‌سازی فیبروبلاست‌ها با تابش انرژی فروسرخ دور، از عوامل اساسی در ترمیم و بهبودی تدریجی و سریع‌تر زخم‌های عمیق پوستی، خواهد بود.



شکل ۴۲: نمایی از منبع ساده‌ی ساخته‌شده توسط گروه ژاپنی (تصویر بالا) و گروهی دیگر، تقریباً مشابه با این گروه (تصویر پایین)؛ با قابلیت تابش امواج فروسرخ دور جهت تسریع در روند بهبودی و التیام امراض وابسته به پوست.

در تحقیقی جامع‌تر و به‌روز شده، یونگ‌هو هسو و تیم وی در سال ۲۰۱۷ میلادی، به بررسی دقیق‌تری از روند بهبودی و ترمیم زخم‌های سطحی و عمیق ایجاد شده در موش‌های صحرایی (به عمق ۸ میلی‌متر در کمر) پرداخته‌اند. گروه هسو در این پژوهش، دریافت که

مسیر پیام‌رسانی ناچ^۱ در سلول‌های کراتینوسیت با به‌کارگیری امواج فروسرخ دور، فعال شده و در سرعت بخشیدن به مهاجرت و تکثیر این دسته از سلول‌ها، نقشی اساسی دارند و به ترمیم زخم‌های سطحی در پوست، کمک و حتی زخم‌های عمیق‌تر را هم با شتاب بیش‌تری، بهبود می‌بخشند.

در سال ۲۰۰۹ میلادی، فوجی‌موری^۲ و گروه همراه وی، اظهار داشتند که امواج مخرب و پُر انرژی فرابنفش (اکثرًا از نوع A و B) که از فضایی خارج از اتمسفر به زمین می‌رسند، رادیکال‌های آزاد آنیونی سوپراکسیدی را تولید می‌کنند و خود به خود به هیدروژن پراکسید (آب‌اکسیژنه) تبدیل و نهایتاً، منجر به اختلال در عملکرد سلول‌های فیبروبلاست پوست می‌شوند. روند نزولی در تکثیر سلول‌های فیبروبلاست پوست، عامل اساسی در پیری زودرس ناشی از نور خورشید (فوتوایجینگ) و کاهش محصول کلاژنی است. همان‌طور که در بخش مربوط به گیاهان اشاره شد، امواج فروسرخ دور، آب‌اکسیژنه‌های مضر را به مولکول‌های آب و اکسیژن تبدیل می‌نمایند و اثرات مخرب آب‌اکسیژنه را به حداقل می‌رسانند و در نتیجه، از سلول‌های فیبروبلاست پوست در برابر صدمات و لطمات ناشی از رادیکال‌های آزاد (مانند آب‌اکسیژنه) محافظت می‌نمایند. به همین دلیل، پیشنهاد می‌دهند که از مواد ساطع‌کننده‌ی انرژی فروسرخ دور در لوازم آرایشی و بهداشتی، استفاده شود تا حضور رادیکال‌های آزاد درون سلول‌های پوست، به حداقل برسد و سلامت پوست را تضمین نماید.

پژوهش‌ها در زمینه‌ی پوست، محدود و منحصر به امراض پوستی نمی‌شود و حتی واکنش پوست سالم به امواج فروسرخ، از نظر دانشمندان دور نمانده است. مثلاً، در پژوهشی جالب و بدیع، چنگ‌سان یانگ^۳ و همراهان تایوانی‌اش در سال ۲۰۱۰ میلادی، موفق به

^۱ مسیر پیام‌رسانی ناچ ۱ (Notch1 Signaling Pathway)، یک مسیر پیام‌رسانی محافظت‌شده از طریق تکامل است که برای مشخص‌نمودن سرنوشت سلول‌های مختلف بسیار حیاتی است. این مسیر، تنظیم‌کننده‌ی تمایز سلولی در لایه‌ی اپیدرم (روپوست) در محافظت از پوست شناخته می‌شود و در فرایندهای فیزیولوژیک (Physiological Processes) از قبیل رگ‌زایی و نگهداری عروق، به کار می‌رود. مسیر پیام‌رسانی ناچ ۱، در روندی حفاظت‌شده و از برهم‌کنش و اثر متقابل لیگاندها و گیرنده‌های غشائی (Transmembrane Ligands & Transmembrane Receptors) به‌دست می‌آید. این مسیر، در بافت‌های سالم و بهنجار و در فرایند رگ‌زایی، مهاجرت و تکثیر سلولی را تنظیم و مدیریت می‌نماید.

^۲ H. Fujimori

^۳ Cheng-San Yang

بررسی و آزمایش استحکام کششی پوست^۱ موش های صحرایی شدند. آن ها دریافتند که استحکام کششی پوست موش های گروه فروسرخ دور، بیش از موش های گروه شاهد است (البته در کوتاه مدت!). این محققان، احتمال می دهند که عامل استحکام کششی بیش تر در پوست گروه تحت آزمایش، بازجهت گیری آلیاف کلاژنی و آزادسازی موقت سیتوکین ها است (با اثرگذاری بر تغییرات در ترکیب الیاف کلاژنی) و پس از گذشت دو هفته از پرتودهی، این روند، رو به افول می گذارد و به حالت سابق، بازمی گردد و از این جهت، اصطلاح کوتاه مدت را برای اثربخشی پرتوهای فروسرخ دور بر استحکام کششی پوست، استفاده می نمایند. گروه تحقیقاتی یانگ، همچنین، وزن (جرم) موش های صحرایی تحت آزمایش را کم تر از موش های گروه شاهد، عنوان کرده است.

جو هی لی^۲ از کره جنوبی و همکارانش در سال ۲۰۰۶ میلادی، با بهره مندی از تابش امواج فروسرخ دور و با اتکاء بر برهم کنش این طیف از امواج الکترومغناطیس با لایه ها و پروتئین های پوست، دریافتند که پس از شش ماه بهره از این روش درمانی، شل شدگی و افتادگی^۳ و همچنین، زبری و ناصافی^۴ پوست، به میزان شایان توجهی با کاهش مواجه شده است. افزون بر این، ضایعه ی تیرگی و ایجاد لکه های تیره بر پوست (هایپرپیگمنتاسیون^۵) و نیز، فوتوایجینگ (پیرشدگی پوست در برابر امواج فرابنفش) و چین و چروک (چروکیدگی)، تا حد بسیاری، روندی رو به افول داشته است. بهره گیری از امواج فروسرخ دور، امیدی تازه را در بیماران پوستی و متخصصان سلامت پوست و زیبایی، زنده کرده است. محققان گروه لی، علت اصلی را در پروتئین های پوستی لایه ی درم مانند کلاژن و الاستین^۶، تلقی کرده و

^۱ استحکام کششی پوست (Tensile Strength of Skin) یا قابلیت ارتجاعی، قابلیت طبیعی در پوست بدن است که از دست دادن آن، باعث شل شدگی، افتادگی، چین و چروک، آویزان شدن پوست در برخی نواحی و حتی ترک خوردگی پوست، می گردد. استحکام کششی مناسب، نشان دهنده ی جوان تر و سالم تر بودن پوست است.

^۲ Ju Hee Lee

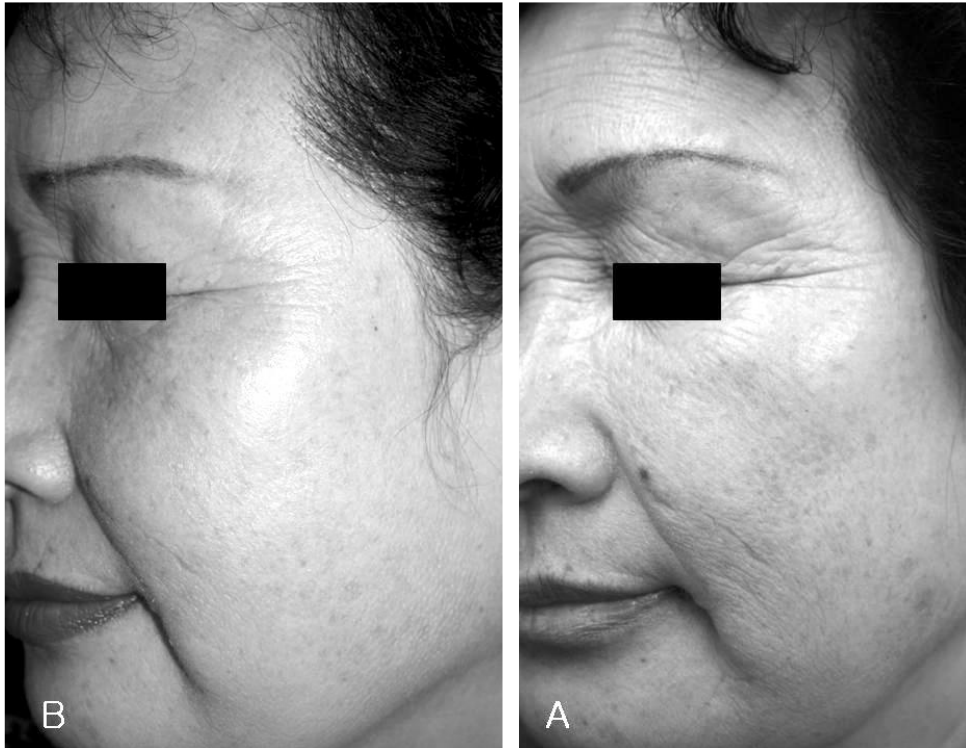
^۳ Laxity

^۴ Roughness

^۵ Hyperpigmentation

^۶ الاستین (Elastin) یا کشسانه، دومین پروتئین مهم در لایه ی میانی پوست (درم) و از پروتئین های ساختاری است که در بافت همبند وجود دارد و خاصیت الاستیک (ارتجاعی یا کشسان) دارد. همین ویژگی کشسانی آن، سبب می شود تا پوست، ریه، رگ های خونی و مثانه، انعطاف پذیر و کشسان بمانند.

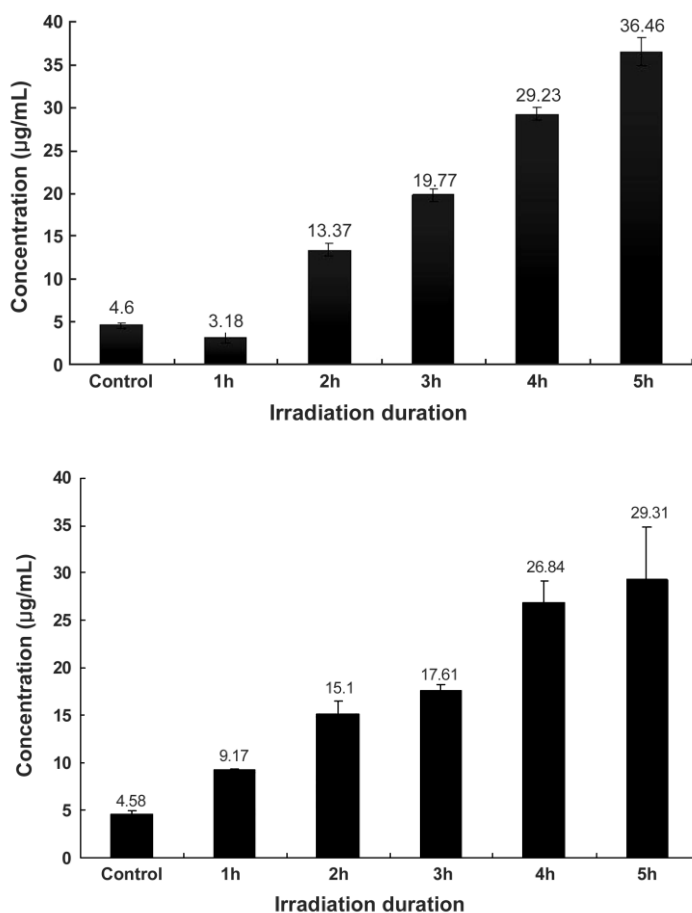
استحکام پوست و فیروبلاستِ درم، یکپارچگی ساختاری^۱ و کشسانی پوست را حاصل زیاد شدن تولید و فعالیت این دسته پروتئین‌ها، قلمداد می‌کنند.



شکل ۴۳: روند بهبود چین و چروک‌های پوست صورت. پیش از آغاز روند درمانی (تصویر راست) و پس از ۶ ماه استفاده از امواج فروسرخ دور (تصویر چپ).

نتایج این پژوهش به محققان عرصه‌ی پوست و زیبایی، به‌وضوح نشان می‌دهد که کُلاژن‌ها و الاستین‌های محلول در فیروبلاست، (به‌ترتیب) پس از دو و یک ساعت، تولید خود را نسبت به نمونه‌ی شاهد، ارتقاء داده و پس از گذشت چند ساعت، مقدار و غلظت این پروتئین‌ها، به‌مراتب نسبت به پیش از پرتودهی فروسرخ دور، با افزایش قابل‌ملاحظه‌ای مواجه شده است (مطابق شکل ۴۴). افزایش تولید پروتئین‌های کُلاژن و الاستین محلول در فیروبلاست، به بهبود عملکرد و ساختار بافتِ پوست کمک می‌نماید و پوست را از عوارضی مانند چین و چروک، پیرشدگی و یا شُل‌شدگی و افتادگی، می‌رهاند.

¹ Structural Integrity



شکل ۴۴: نمودار غلظت (میکروگرم بر میلی‌لیتر) بر حسب مدت زمان تابش امواج فروسرخ دور (ساعت) برای گلاژن‌ها (نمودار بالا) و الاستین‌های محلول (نمودار پایین) در فیبروبلاست.

کریستین کالس^۱ و هم‌تیمی‌های وی در سال ۲۰۱۰ میلادی، با برشمردن بعضی ویژگی‌های پوست، فیبروبلاست پوست و همچنین، برهم‌کنش مؤثر پوست و لایه‌های آن با امواج فروسرخ نزدیک (نوع A)، به بیان برخی خصوصیات آن‌ها می‌پردازند. محققان گروه کالس در این مقاله، با استناد به مقالات خود و دیگر محققان در عرصه‌ی درماتولوژی^۲ (علم شناخت پوست) و درمان با امواج فروسرخ، دنیای سلولی و مولکولی وابسته به پوست و اثرات

^۱ Christian Calles

^۲ Dermatology

برهم‌کنش‌های امواج الکترومغناطیس را به‌دقت شرح می‌دهند. در یکی از این توضیحات جالب‌توجه، این پژوهشگران، به پروتئین‌هایی همچون فیبرونکتین^۱ و اینتگرین^۲ در پوست و لایه‌های پوست، اشاره و اثرات تابش امواج فروسرخ نوع A بر این دسته از پروتئین‌ها را به طور مستند، تفسیر و توجیه می‌کنند.

این گروه، تغییر در بیان پروتئین‌های فیبرونکتین، اینتگرین و کاده‌رین^۳ را از مشکلات شایع پوستی در افراد سالمند، معرفی و با استناد به گزارش‌های علمی و تأیید شده‌ی دیگر محققان، استدلال می‌کند که تابش امواج با انرژی فروسرخ نوع A، مانع از تغییرات شگرف می‌شود.

برای مثال، بیان پروتئین‌های اینتگرین و کاده‌رین در افراد مسن، به‌ترتیب، کاهش و افزایش می‌یابد و تابش امواج فروسرخ نوع A این روند را عکس می‌نماید و به تعادل می‌رساند؛ همچنین، اعضای گروه کالس گزارش می‌دهند که خوشبختانه با گسیل امواج فروسرخ نوع A، بیان ژن PIK^۳R^۳ (که در هومئوستازی و بازسازی اپیدرم (روپوست) نقش دارد) و بیان پروتئین‌های VCAM-۱^۵ (که در اتصال سلول‌ها به یکدیگر نقش دارد)، توقف می‌یابند و این امر به سلامت و ظاهر پوست و لایه‌های آن، کمک می‌نماید. محققان، در ادامه، با نام بردن از برخی ژن‌ها، پروتئین‌ها و مسیرهای پیام‌رسانی، به توضیح اثرات مثبت تابش فروسرخ نوع A، بر آن‌ها می‌پردازند. این پژوهشگران، سرانجام، با بیان نتیجه‌ای مهم و ارزشمند، استدلال می‌کنند که امواج فروسرخ نوع A برخلاف امواج فرابنفش نوع A و B، با نفوذ بیش‌تر به درون پوست، قادر به اثرگذاری مؤثر و حیاتی بر سلول‌ها، پروتئین‌ها و ژن‌ها هستند و به سلامت و احیاء پوست و سلول‌های پوستی، کمکی بی‌نظیر می‌کنند.

^۱ فیبرونکتین (Fibronectin)، یکی از پروتئین‌های فضای برون‌سلولی است که به پروتئین‌های سطح سلولی به نام اینتگرین (Integrin)، متصل می‌شود. این پروتئین، به نام پروتئین فیروبلاست نیز معروف است.

^۲ اینتگرین، پروتئینی در سطح سلول است که در اتصال سلول به فضای خارج از آن نقش دارد. اینتگرین، به‌عنوان گیرنده‌ای تراغشائی (Transmembrane Receptor) عمل می‌کند که توانایی ارسال پیام به درون سلول را دارد و موجب تنظیم شکل و ریخت سلول، مهاجرت سلول و چرخه‌ی سلول، می‌شود.

^۳ کاده‌رین (Cadherin)، از رده‌ی پروتئین‌های تراغشائی (Transmembrane Proteins) است که در اتصال و چسبندگی سلول در درون بافت، نقش دارد. پروتئین کاده‌رین، برای عملکرد مناسب خود به یون کلسیم، نیازمند است.

^۴ Phosphoinositide-۳-Kinase (PIK^۳R^۳)

^۵ Vascular Cell Adhesion Molecule ۱ (VCAM-۱)

عارضه های مفصلی و اسکلتی - عضلانی

سندروم درد میوفاسیال^۱، از دردهای مزمن و شایع در رده‌ی دردهای اسکلتی - عضلانی، محسوب شده و معمولاً به ناحیه‌ای خاص، محدود و بیش‌تر در نواحی شانه و گردن آشکار می‌شود. این درد، از التهاب در عضلات و فاسیا^۲ نشئت می‌گیرد. گروهی تایوانی به سرپرستی ون شینگ لیو^۳ و ین تینگ لای^۴ در سال ۲۰۱۷ میلادی، با به‌کارگیری وصله یا پیچ پوستی^۵ (با اتصال ساده، بدون خطر یا درد و از جنس پودرهای سرامیکی ساطع‌کننده‌ی انرژی فروسرخ دور) با قابلیت گسیل امواج فروسرخ دور (با طول موج ۳/۹ تا ۱۶ میکرومتر) به پوست ناحیه‌ی مدنظر و صحیح‌تر، نقاط ماشه‌ای^۶ (برای مثال، در این پژوهش بالینی، این گروه، پیچ را در ناحیه‌ی ماهیچه یا عضله‌ی تراپزیوس (دوزنقه‌ای)^۷ متصل نموده‌اند)، باعث می‌شود تا جریان خون در این ناحیه، بهینه شده و التیام و کاهش دردهای میوفاسیال (مانند سفتی و گرفتگی عضله‌ی دوزنقه‌ای) و حتی زخم‌های پوستی، حاصل شود.

این محققان، با استناد به آزمایش‌ها و فعالیت‌های آماری خود، بیان می‌دارند که نتیجه‌ی مثبت و دلخواه، در تمامی گروه‌های تحت آزمایش، حاصل شده ولی روند بهبودی در زنان بالای ۳۵ سال، از مابقی گروه‌های تحت آزمایش، بهتر و خوشایندتر بوده است (شاید به دلیل ضخامت کم‌تر پوست در آن‌ها!).

^۱ Myofascial Pain Syndrome (MPS)

^۲ فاسیا یا نیام (Fascia)، لایه یا پوششی پرده‌مانند و نازکی از جنس بافت همبند یا پیوندی است که ماهیچه‌ها یا همان عضلات را از هم جدا نموده یا گروه‌های ماهیچه‌ای را در جای خود ثابت نگه می‌دارد. بخش‌های سرخ‌رنگ، ماهیچه یا عضله و بخش‌های سفیدرنگ احاطه‌کننده‌ی ماهیچه، نیام یا فاسیا هستند.

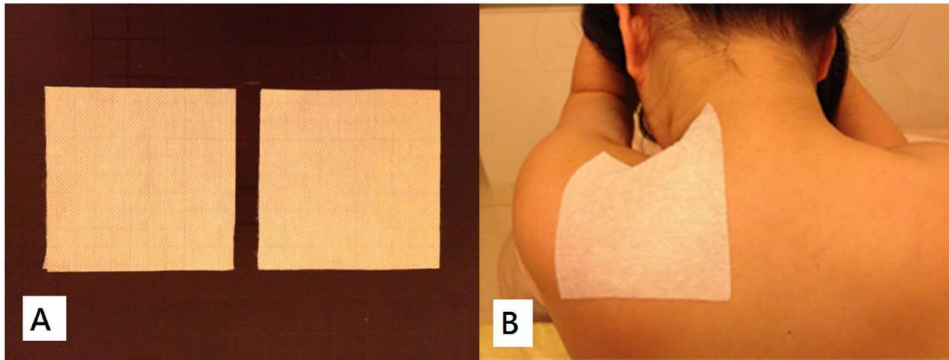
^۳ Wen-Sheng Liu

^۴ Yen-Ting Lai

^۵ وصله یا پیچ پوستی (Transdermal Patch)، چسبی دارویی است که روی پوست قرار می‌گیرد تا خواص داروهای شیمیایی یا غیر شیمیایی را به پوست برساند.

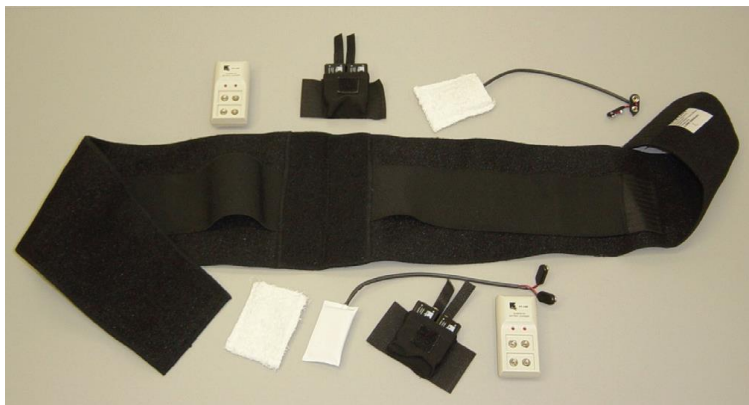
^۶ نقطه‌ی ماشه‌ای (Trigger Point)، ناحیه‌ای خاص در ماهیچه‌ی اسکلتی یا فاسیای عضلانی است که در لمس حساس است؛ به طوری که اعمال فشار بر آن، منجر به حساسیت در همان ناحیه یا درد ارجاعی (Referred Pain) می‌شود. درد ارجاعی، دردی است که در بخشی دیگری از بدن نسبت به ناحیه‌ی اصلی خود، احساس شود.

^۷ ماهیچه یا عضله‌ی دوزنقه‌ای یا تراپزیوس (Trapezius Muscle)، ماهیچه‌ای تخت، سطحی و بزرگ است که در ناحیه‌ی فوقانی پشت، قرار دارد و بین استخوان کتف و ستون فقرات، قابل لمس است. این عضله، استخوان کتف را تثبیت و حرکت شانه و گردن را تسهیل می‌کند.



شکل ۴۵: پچ پوستی فروسرخ دور (تصویر چپ) و قراردادن آن بر عضله‌ی تراپزیوس (تصویر راست).

بررسی‌ها در زمینه‌ی کاهش دردهای عضلانی با بهره‌مندی از تابش انرژی فروسرخ دور، به تحقیق گروه ون‌شنگ لیو، ختم نمی‌شود و در این راستا و پیش از این گروه، تینگ‌کای لیونگ و همراهانش در سال ۲۰۱۱ میلادی، با نشر گزارشی، به کاربرد مؤثر سرامیک‌های ساطع‌کننده‌ی انرژی فروسرخ دور، در کاستن اسیدیتیه‌ی (میزان اسیدی بودن) ماهیچه‌ها (با افزایش pH ترکیبات درون‌ماهیچه‌ای) تأکید داشته‌اند و این موضوع را در بهبودی انقباضات و دردهای عضلانی، بسیار با اهمیت توصیف می‌کنند. جُرج گیل^۱ کانادایی و متخصصان همراه وی نیز در سال ۲۰۰۶ میلادی با بهره‌گیری از کمربندی ویژه با قابلیت گسیل امواج فروسرخ نزدیک (با طول موج ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر)، بر دردهای عضلانی ناحیه‌ی کمر و کمر درد مراجعین تا حد امکان، غلبه نمودند (کاهش ۵۰ درصدی دردها در مدت ۷ هفته).



شکل ۴۶: کمربند ساطع‌کننده‌ی انرژی فروسرخ نزدیک.

^۱ George D. Gale

از مشهورترین بیماری‌ها و عارضه‌های مفصلی، بدون شک بیماری خودایمنی و التهابی اسپوندیلیت آنکیلوزان یا همان روماتیسم ستون فقرات است. جیان شو^۱ با همراهی محققان هموطنش در سال ۲۰۱۹ میلادی، با پرداختن به درمان بر پایه‌ی انرژی فروسرخ نزدیک و مرئی، موفق به درمان التهاب ساکروایلایت^۲ در بیماران مرد مبتلا به روماتیسم ستون فقرات شده است. آن‌ها با روشی درمانی با نام تابش «فروسرخ نوع A فیلترشده توسط آب» (wIRA)، موفق شدند، غلظت فاکتور VEGF را در بدن بیماران مبتلا، به اندازه‌ای مناسب رسانده و تحت کنترل درآوردند تا در درمان روماتیسم ستون فقرات، التهاب مفاصل ساکروایلایت و از بین بردن دردهای ناشی از آن‌ها، به موفقیت دست یابند. این گروه اهل جمهوری خلق چین، در نتیجه‌ی نهایی پژوهش بالینی خود، فعال سازی دستگاه ایمنی بافت‌های آسیب دیده^۳ و رشد چشمگیر در خون‌رسانی به این نوع بافت‌ها را به عنوان نتیجه‌ای درخشان و ارزشمند ذکر می‌کنند و یادآور می‌شوند که عامل گشادسازی و انبساط عروق و خون‌رسانی (پرفیوژن) بی‌وقفه و مؤثر به بافت‌های آسیب دیده، پرتوهای فیلترشده‌ی مرئی فروسرخ نوع A با طول موج‌های ۵۶۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر، هستند.

در زمینه‌ی درمان و یا کاهش آلام بیماران مبتلا به بیماری‌های مفصلی همچون روماتیسم ستون فقرات و آرتریت روماتوئید، محققانی هلندی به رهبری فردریکوس اوسترفلت^۴ در سال ۲۰۰۸ میلادی، با تأکید بر اهمیت استفاده از سونای فروسرخ، برای این دسته از بیماران (۳۷ داوطلب)، نسخه‌ی استفاده از سونای فروسرخ را تجویز کرده‌اند (با طول درمان ۴ هفته‌ای). محققان گروه اوسترفلت، در این پژوهش بالینی، متقاعد شده‌اند که بازه‌ی زمانی ۴ هفته‌ای جهت بهره‌مندی از سونا، به میزان قابل قبولی بر دردهای مفصلی، غلبه و کیفیت زندگی بیماران را به مراتب بهتر از گذشته، نموده است.

از تحقیقات جالب در درمان دردهای مفصلی و زانو، می‌توان به پژوهش بالینی لین لین^۵ از چین و همکارانش در سال ۲۰۱۹ میلادی، اشاره داشت. در این پژوهش بدیع، تیم لین، به

^۱ Jian Xu

^۲ ساکروایلایت (Sacroiliitis)، به التهاب یک یا هر دو مفصل ساکروایلیاک گفته می‌شود. این مفاصل در محل اتصال ستون فقرات به لگن قرار دارند و فرد مبتلا به ساکروایلایت در حالت ملتهب، درد در ناحیه‌ی کمر، باسن، کشاله‌ی ران و پشت پاها را احساس می‌کند. ایستادن طولانی‌مدت، خم شدن‌های مداوم و بالا رفتن از پله‌ها، سبب تشدید درد می‌شود.

^۳ Lesion

^۴ Fredrikus Oosterveld

^۵ Lin Lin

بررسی هم‌زمان درمان دردهای آرتروز زانو در دو گروه لیزر فروسرخ دور (لیزر گاز کربنیک یا مونوآکسید کربن^۱) با طول موج ۱۰/۶ میکرومتر در نقاط طب سوزنی (در ۴ هفته‌ی متوالی و هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه‌ی روزانه‌ی ۲۰ دقیقه‌ای) و گروه درمان طب سنتی چین موسوم به موکسی‌بوستیون سنتی چین^۲ (موکسای تراپی) پرداخته است. آن‌ها، روش لیزری را در نقاط طب سوزنی، به انجام رسانده^۳ و از این‌رو، این روش نوین را که به‌نوعی روش به‌روز شده‌ی موکسی‌بوستیون سنتی است، به نام موکسی‌بوستیون لیزری^۴ (موکسای تراپی لیزری)، نام نهاده و متوجه اثرات بهینه‌تر و شاخص‌تر از روش سنتی در بهبود اوضاع شده‌اند و این روش را شیوه‌ای عاری از دود، معرفی و بیماران مبتلاء به آرتروز زانو را به بهره‌گیری از این شیوه‌ی نوین در درمان و کاهش آلام، توصیه می‌نمایند.



شکل ۴۷: ابزاری برای قراردادن گیاه موکسای (پرنجاسف یا بومادران) و سوراخ‌های تعبیه‌شده برای خروج دود.

^۱ CO₂ Laser

^۲ موکسی‌بوستیون سنتی چین (Chinese Traditional Moxibustion) یا موکسی‌باشین یا موکسای تراپی یا موکسای درمانی، روش درمانی شایع و مرسوم در طب سنتی چین است که با سوزاندن دارویی گیاهی از نوع پرنجاسف (*Artemisia Vulgaris*) یا درمنه یا بومادران، روی پوست یا بالای پوست در نقاط طب سوزنی، انجام می‌شود و در چین، به طب سوزنی ژن جیو (Zhen Jiu)، مطرح است. موکسای، برگ‌های خشک گیاه پرنجاسف است که گیاهی پُر بو و با طبع گرم، محسوب می‌شود و برگ آن، مزه‌ای تلخ و گس دارد. هدف از انجام موکسی‌بوستیون سنتی چین، متعادل-نمودن جریان چی در بین و یانگ (Yin & Yang) است و برای درمان امراض ناشی از سرما، رطوبت و یا ضعف جسمانی، به کار می‌رود و در کتب باستانی طب چینی، از تأثیر قابل توجه این روش درمانی در درمان دردهایی که با طب سوزنی قابل درمان نباشند، سخن به میان آمده است.

^۳ با مشخصه‌های اولیه: الف) طول موج ۱۰/۶ میکرومتر؛ ب) توان خروجی ۱۶۰ تا ۱۸۰ میلی‌وات؛ پ) چگالی انرژی ۶۱/۲ تا ۶۸/۸ ژول بر سانتی‌متر مربع؛ ت) فاصله‌ی ۲ سانتی‌متری دهانه‌ی لیزر از پوست؛ ث) قطر ۲ سانتی‌متری نقطه‌ی اثر لیزر بر پوست.

^۴ Laser Moxibustion



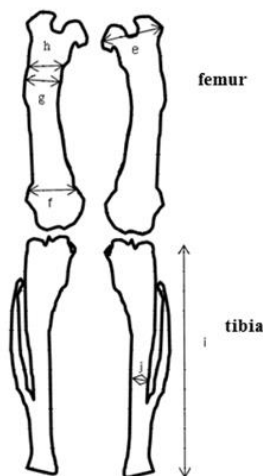
شکل ۴۸: دستگاه لیزر به کار رفته در روش موکسی بوستیون لیزری برای درمان آرتروز زانو.

آن طور که در بخش های پیشین به آن اشاره شد، به دلیل تأثیر مستقیم امواج فرو سرخ دور بر مولکول های آب، ویسکوزیته ی آب، کاهش می یابد که مستقیماً به نفوذ هر چه بهتر مولکول های آب به درون بافت های استخوانی و مفصلی می انجامد. نفوذ مؤثر آب و خون به درون بافت های استخوانی و مفصلی از جمله مهم ترین عوامل رشد و تقویت استخوان ها و مفاصل در بدن است. عامل تولید کننده ی امواج فرو سرخ دور حتی از طریق تغذیه و خوراک، اثرات مفیدی بر رشد بافت های استخوانی خواهد داشت.^۱ در تحقیقی که کیکوجی یاماشیتا به انجام رسانده، پودری از ریولیت و برخی ترکیبات اکسیدی سیلیسیوم، آهن، آلومینیوم، کلسیم، سدیم و پتاسیم،^۲ به موش های صحرایی تحت آزمایش خورنده^۳ و منجر به بالا رفتن

^۱ احتمالاً توصیه ی طب سنتی ایران زمین بر تغذیه ی خوراک گرم و پرهیز از خوردن و آشامیدن بیش از حد مواد غذایی با طبع سرد، به تولید امواج فرو سرخ مفید در بدن توسط آن ها بر می گردد و شاید اصطلاح خوراک با طبع گرم (گرمی) به معنای خوراک تولید کننده ی امواج فرو سرخ، به ویژه، امواج فرو سرخ دور باشد!

^۲ پودری از سیلیکا (۶۶/۸ درصد)، آلومینا (۱۳/۵۲ درصد)، اکسید آهن یا هماتیت (۶/۹۸ درصد)، اکسید پتاسیم (۴/۱۹ درصد)، اکسید سدیم (۳/۹۸ درصد) و اکسید کلسیم یا آهک زنده (۲/۵۵ درصد).

آهنگ رشد بافت‌های استخوانی (به دلیل خوراک پودر حاوی امواج فروسرخ دور یا اصطلاحاً سرامیک‌های تابش‌کننده انرژی امواج فروسرخ دور)^۱ همچون استخوان ران^۲ و درشتنی^۳، نسبت به موش‌های صحرایی شاهد، شده است.^۴



شکل ۴۹: بخش‌های اندازه‌گیری شده جهت نمایش افزایش آهنگ رشد استخوان‌های ران و درشتنی.

از دیگر عوامل در فرایند استخوان‌سازی و ترمیم بافت‌های استخوانی (غیر از پرتوهای فروسرخ)، آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP)^۵ است. در مقاله‌ای که ایلیس گولوب^۶ و کاتلین بوئشه‌باتالیا^۷ در سال ۲۰۰۷ میلادی نگاشته‌اند، به نقش کلیدی آنزیم آلکالین فسفاتاز در

^۳ به میزان استاندارد هر دو یا سه روز یکبار، البته با دو حالت ۰/۱ و ۰/۰۱ درصد از ریولیت گسیل‌دهنده‌ی امواج فروسرخ دور و عدم تغذیه‌ی موش‌های صحرایی با دیگر مواد غذایی!

^۱ FIR Energy Radiating Ceramics

^۲ Femur

^۳ Tibia

^۴ آهنگ رشد استخوانی با ۰/۰۱ و ۰/۱ درصد از ریولیت پودر شده‌ی ساطع‌کننده‌ی امواج فروسرخ دور، به‌ترتیب، بالاترین میزان را نشان می‌دهند.

^۵ آنزیم آلکالین فسفاتاز (Alkaline Phosphatase) یا به اختصار ALP، آنزیمی است که در سراسر بدن یافت می‌شود و در فرایندهای مختلفی از جمله رشد و ترمیم استخوان‌ها، عملکرد کبد و مجاری صفراوی، نقش دارد. تغییر ناپه‌نجار میزان این آنزیم در بدن، به عواملی همچون بارداری و مصرف برخی داروها مرتبط است و در موارد حادث‌تر به مشکلاتی مانند بیماری‌های کبدی، اختلالات استخوانی، مشکلات مجاری صفراوی و بعضی انواع سرطان، می‌انجامد.

^۶ Elis E. Golub

^۷ Kathleen Boesze-Battaglia

تشکیل مواد معدنی (معدنی شدن مواد یا مینرالیزاسیون)^۱ در داخل بدن، پرداخته شده است. در این پژوهش، آنزیم مورد نظر مسبب سخت تر شدن، رشد و ترمیم مناسب بخش های سخت بدن از جمله استخوان ها، معرفی شده است.

استفاده از سرامیک های ریولیت در شکل گیری استخوان ها، مؤثر خواهد بود. در گزارشی که آلدارت سوگت دولگورسورن^۲ مغولستانی و کیکوجی یاماشیتا که با دیگر همکاران مغول و ژاپنی خود در سال ۲۰۱۴ میلادی منتشر نموده اند، از ریولیت به عنوان شتاب دهنده و کمک کننده در رشد، تمایز و تکثیر موفق سلول های استخوانی استئوبلاست یا استخوان ساز (با فعال سازی ژن های ویژه) و شکل گیری موفق استخوان ها، یاد کرده اند. لازم به توضیح است که پیش از این، دانشمندانی تایوانی به رهبری مینگ تزو تسای^۳ در سال ۲۰۱۱ میلادی، به نقش اساسی انرژی های فروسرخ دور بر تنظیم بیان ژن های اوستریکس و رانکس^۴ در مغز استخوان و به تبع آن، رشد و تکثیر استئوبلاست ها، پی برده بودند (با مدت تابش ۱۲۰ دقیقه در روز).

سندروم فیبرومیالژیا

سندروم فیبرومیالژیا^۵، سندرومی مزمن است^۶ که با درد گسترده (متناوب و گاهی مداوم)، به ویژه، درد مداوم اسکلتی - عضلانی و سختی در مفاصل در حین حرکت، حساسیت در نقاط حساس^۷ بدن (دردناک بودن نقاط خاصی از بدن در هنگام فشار و لمس

^۱ معدنی شدن، تشکیل مواد معدنی یا مینرالیزاسیون (Mineralization)، فرایندی است که در طبیعت و بدن موجودات زنده، مواد آلی به مواد معدنی تبدیل می شوند یا مواد معدنی در یک ساختار یا بافت، رسوب می کنند. بدین صورت، به فرایندهای تشکیل یا تجمع مواد معدنی، معدنی شدن گفته می شود. تجزیه ی بقایای گیاهان و جانوران و تبدیل آن ها به کانی های معدنی و تشکیل استخوان و دندان از کلسیم و فسفات، به ترتیب از مثال های تبدیل مواد آلی به معدنی (در طبیعت) و رسوب به صورت مواد معدنی (در بدن انسان و حیوان) هستند.

^۲ Aldartsogt Dolgorsuren

^۳ Ming-Tzu Tsai

^۴ Osterix & RUNX2 Gene Expression

^۵ Fibromyalgia Syndrome (FMS)

^۶ ماه ماندگاری علائم و بیش تر از آن، از موارد تشخیص صحیح این بیماری است.

^۷ نقاط حساس (Tender Points) بدن، به نقاطی گفته می شود که با وارد نمودن فشار بر آن ها، درد ایجاد می شود و این درد ممکن است در نواحی دیگری از بدن (اغلب در نواحی بزرگ بدن مثل دست ها، پاها یا کمر) منتشر و احساس شود.

آشیاء^۱)، اختلال خواب (مشکل در به خواب رفتن، بیداری در شب، احساس خستگی پس از بیداری)، خستگی (عدم بهبودی با استراحت کافی)، اختلال شناختی و حافظه‌ای و مشکلات خلقی (اضطراب، افسردگی و ...) همراه است. محققان، با درک این موضوع که هنوز هیچ علت متقنی برای بروز این سندروم مشخص نشده است، به دنبال روش‌هایی برای کاهش علائم و دردهای ناشی از فیبرومیالژیا رفته‌اند. از جمله‌ی شیوه‌های درمانی، می‌توان به گرمادرمانی و تمرینات ورزشی، اشاره داشت. محققان عرصه‌ی درمان با امواج فروسرخ، روش‌های مبتنی بر تابش و دریافت این دسته از امواج (از طُرُق مختلفی نظیر سونا) را به عنوان روش‌هایی کارآمد، بدون عوارض جانبی و از شیوه‌های غیر تهاجمی، معرفی می‌نمایند و توصیه‌ی آن‌ها بر این اصل استوار است که بیماران مبتلاء به سندروم فیبرومیالژیا، از روش‌های پیشنهادی درمان با تابش انرژی فروسرخ، نهایت بهره را برده تا بهبودی در کیفیت زندگی را احساس کنند.

از مواردی که می‌توان در این اثناء به آن اشاره داشت، روش درمانی تلفیقی سونا و تمرینات زیرآبی^۲، است. شوجی ماتسوموتو^۳ و تیم ژاپنی وی در سال ۲۰۱۱ میلادی، با عملی نمودن شیوه‌ای تلفیقی موفق شده‌اند پس از ۱۲ هفته، ۳۱ تا ۷۱ درصد از دردها و علائم بیماران را (بنا به اظهارات خود بیماران) کاهش داده و به بهبود کیفیت زندگی آن‌ها کمک نمایند. محققان گروه ماتسوموتو، بیماران را ملزم به استفاده از سوناتراپی (هفته‌ای ۳ جلسه و فقط یک جلسه‌ی ۱ ساعته در روز) نموده و برای اثربخشی بهینه‌تر، تمرینات زیرآبی (هفته‌ای ۲ جلسه و فقط یک جلسه‌ی ۱ ساعته در روز) را نیز توصیه می‌نمایند. اعضای این گروه پژوهشی مدعی‌اند که پس از انجام روش درمانی فوق، گشاد شدن و انبساط رگ‌ها و مویرگ‌ها اتفاق می‌افتد و خون‌رسانی به تمام نقاط بدن به سهولت انجام می‌شود. در ضمن،

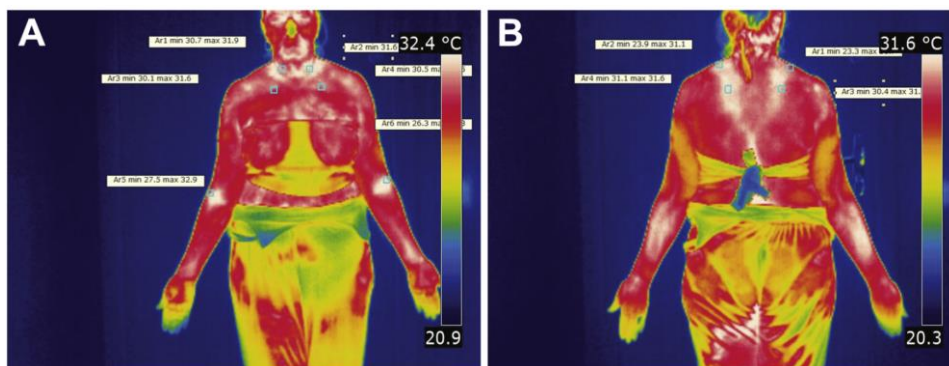
^۱ در بیماری فیبرومیالژیا، ۱۸ نقطه‌ی خاص و حساس، شناسایی شده است که به طور متقارن در هر دو طرف بدن (به صورت ۹ جفت)، توزیع شده‌اند. این نقاط، برای مثال در الف) پشت گردن در زیر استخوان پس‌سر، ب) داخل هر زانو، پ) در قسمت‌های بالایی و بیرونی ران، ت) در ناحیه‌ی میانی قاعده‌ی گردن و نوک شانه، ث) بالای باسن، ج) در هر دو ساعد در قسمت پایین و بیرونی‌تر از چین آرنج، چ) روی شانه در محل اتصال عضلات پشت به کتف، قرار دارند. جالب اینجاست که اثبات شده است که این نقاط، علاوه بر درد و حساسیت زیاد به فشار، جریان خون، میزان اکسیژن (هیپوکسی موضعی) و دمایی پایین‌تری نسبت به دیگر نقاط بدن، دارند و از این‌روی، محققان توصیه می‌کنند که این نقاط نیابستی با سرما و کاهش دما، مواجه شوند.

^۲ Underwater Exercises

^۳ Shuji Matsumoto

به دلیل کاهش در تنش اکسیداتیو در بدن داوطلبان، کاهش درد و برخی علائم دیگر نیز قابل توجه خواهد بود. البته با روش‌های درمانی گرما پایه، اسپاسم^۱ و گرفتگی‌های جزئی ماهیچه‌ای و عضلانی نیز به خوبی رفع می‌شوند.

گروهی برزیلی هم به رهبری دایانا کریستینا سالم^۲ در سال ۲۰۱۹ میلادی، با توجه به آزمایش‌های مرتبط با پرتوهای فروسرخ دور (با استفاده از تی‌شرت‌های حاوی میکروسرامیک‌های اکسید آلومینیوم و سیلیکا با قابلیت تابش انرژی فروسرخ دور) و تمرینات ورزشی آبی، به روشی مفید جهت علاج و درمان هر چه بهتر سندروم فیبرومیالژیا، دست یافتند.



شکل ۵۰: ترموگرام (تصاویر ترموگرافی فروسرخ) از نقاط گرم بدن بیمار از روبه‌رو (تصویر چپ) و پشت (تصویر راست)، پس از پوشش تی‌شرت مخصوص فروسرخ دور و انجام تمرینات ورزشی آبی.

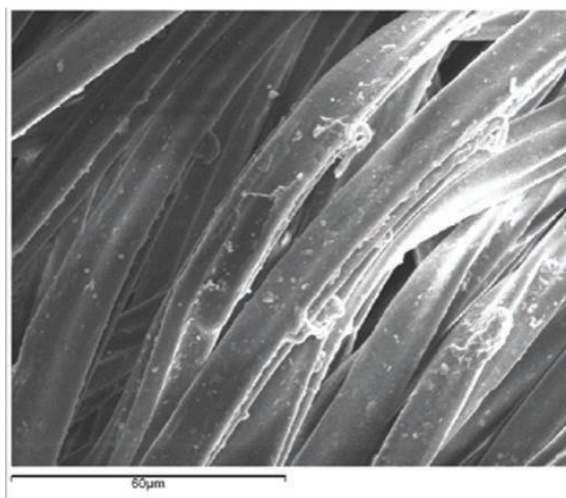
این گروه برزیلی با برشمردن ویژگی‌های پروژه‌ی خود، به بیان فعل و انفعالات داخلی در بدن بیماران پرداخته و ذکر نموده‌اند که سطح سیتوکین‌های TNF، IL-۶ و IL-۸ (پس از انجام آزمایش) کاهش می‌یابد و به بهبود شرایط بیماران، کمک می‌نماید. تحقیقات در زمینه‌ی فیبرومیالژیا، نشان داده است که سطح سه سیتوکین مذکور در این بیماران، بالا است و تابش انرژی فروسرخ دور، توانایی آفت سطح آن‌ها را دارد. در بیماری فیبرومیالژیا، سیتوکین IL-۶ باعث تولید پروستاگلاندین‌ها شده و در ایجاد درد، خستگی، دردناکی و حساسیت در نقاط مختلف بدن و اضطراب، نقشی اساسی دارد، در حالی که افزایش در سطح

^۱ Spasm

^۲ Daiana Cristina Salm

سیتوکین IL-۸ به ایجاد درد و خواب‌آلودگی، می‌انجامد و در نهایت، افزایش در سطح سیتوکین ضد التهابی IL-۱۰، به کاهش درد در این بیماران یاری می‌رساند.

در بحث آزمایش‌های اثربخشی پرتوهای فروسرخ دور بر سندروم فیبرومیالژیا، ماریا آپارسیدا سانتوس^۱ کامپوس^۲ به همراه دو همکار اسپانیایی‌اش به نام‌های فلیپه گارسیا پینی‌یوس^۳ و پدرو آنخل لاتوره رومن^۴ در سال ۲۰۱۷ میلادی، با پوشاندن عرق‌گیر (زیرپیراهنی)^۵ با الیاف‌های آغشته به بیوسرامیک‌های با قابلیت تابش امواج فروسرخ دور، بر تن بیماران داوطلب (به مدت ۶۰ روز و روزی ۸ ساعت)، موفق به نمایش افول اثرات سوء و دردهای ناراحت‌کننده^۵ ۳۹ شرکت‌کننده‌ی بانوی مبتلاء به سندروم فوق شدند.



شکل ۵۱: تصویری میکروسکوپی از رسوخ و رسوب بیوسرامیک‌های به‌کار رفته در الیاف پارچه‌ی عرق‌گیر.

کاکوشی ماتسوشیتای^۵ ژاپنی و همراهانش در سال ۲۰۰۸ میلادی، با بهره‌گیری از شیوه‌ی درمانی سونای وائون، عوارض و دردهای ناشی از سندروم فیبرومیالژیا را تا حدودی کاهش دادند. تیم تحقیقاتی ماتسوشیتا، با بهره‌مندی از روش نوین درمانی سونای وائون و تجویز استفاده از سونای خشک فروسرخ دور، با دمای ۶۰ درجه‌ی سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه و سپس انتقال بیمار به اتاقک مخصوص با دمای ۲۶ تا ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و در

^۱ María Aparecida Santos e Campos

^۲ Felipe García Pinillos

^۳ Pedro Ángel Latorre Román

^۴ Undershirt

^۵ Kakushi Matsushita

نهایت، پوشاندن نواحی گردن به پایین بیمار، با استفاده از پتو، جهت نگهداری گرما و حرارت در بدن وی به مدت ۳۰ دقیقه، موفق به کاهش ۱۱ تا ۷۰ درصدی دردها و عوارض ناشی از این بیماری شد. این گروه، فرایند کامل درمانی را روزی یک جلسه و در هفته بین ۲ تا ۵ جلسه، پیشنهاد می دهد. اعضای این گروه، کاهش دائمی ۲۰ تا ۷۸ درصدی علائم فیبرومیالژیا را در صورت مداومت در درمان (۱۰ فرایند کامل درمانی) تضمین می کنند.

در جهت درمان سندروم فیبرومیالژیا، توماس بروکو^۱ با همراهی محققانی دیگر از آلمان، در خلال سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷ میلادی، با حضور در بیمارستان ویژه ی توانبخشی^۲ در شهر هسه^۳، به بررسی و تحلیل تجویزهای توانبخشی به همراه تجویزهای درمانی بر پایه ی تابش امواج فروسرخ نزدیک، پرداختند. آن ها با بهره گیری از دستگاه تابش انرژی فروسرخ و کابین متصل به آن، انرژی «فروسرخ نزدیک فیلترشده توسط آب»^۴ (با گسیل طول موج های منتخب ۹۴۰، ۱۱۳۰ و ۱۳۸۰ نانومتر) را به بدن بیماران فیبرومیالژیا، تابانده و موفق به معرفی روشی پُر بازده به عنوان مکمل توانبخشی های معمول سندروم فیبرومیالژیا (اعم از تمرینات ورزشی، رفتار درمانی شناختی^۵ و ...) شده اند. این گروه با استفاده از دستگاهی که در شکل ۵۲، طرحی از آن به نمایش گذاشته شده است، بیماران را به مدت ۱۵ دقیقه در کابین قرار داده و پس از مدتی و با تحلیل داده های مربوطه، مشاهده نمودند که بیماران، بهبودی قابل ملاحظه تری را نسبت به گروه شاهد (که تنها به تجویزهای معمول توانبخشی اکتفاء نموده اند)، داشته اند.

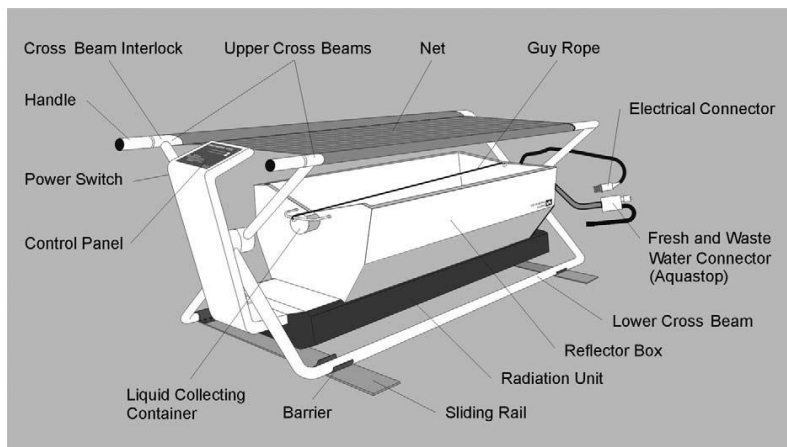
¹ Thomas Brockow

² Rehabilitation Hospital

³ Hesse

^۴ درمان بر پایه ی تابش فروسرخ نوع A (یا نزدیک) فیلترشده توسط آب (Water-Filtered Infrared A) یا به اختصار wIRA، روشی درمانی در پزشکی، ایمنی شناسی و فیزیوتراپی است که از طریق فیلترکردن طول موج پرتوهای فرابنفش و فروسرخ و اجازه دادن به طول موج های منتخبی از طیف مرئی و فروسرخ نوع A (فروسرخ نزدیک (NIR)) جهت تابش (طول موج های ۵۶۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر) و گسیل آن ها به بدن و عمق پوست بیمار (با عمق نفوذ حدوداً ۷ سانتی-متری)، انجام می شود.

^۵ رفتار درمانی شناختی (Cognitive Behavioral Therapy) یا به اختصار CBT، نوعی از روان درمانی (Psychotherapy) است که به بیماران کمک می کند تا الگوهای فکری و رفتاری منفی و ناکارآمد خود را شناسایی و تغییر دهند. رفتار درمانی شناختی، بر این فرض استوار است که افکار، احساسات و رفتارها به یکدیگر مرتبط هستند و با تغییر افکار مخرب، می توان احساسات و رفتارهای به مراتب بهتری را ایجاد نمود. از این روش، در درمان افسردگی، اضطراب، ترس و فوبیا، استفاده می شود.



شکل ۵۲: طرحی از کابین مملوء از امواج فروسرخِ نزدیکِ فیلتر شده جهت درمان هر چه بهتر فیبرومیالژیا.

از این‌رو، آن‌ها پیشنهاد می‌دهند که علاوه بر روش‌های توانبخشی معمول در این زمینه، روش‌های درمانی بر پایه‌ی تابش امواج فروسرخِ نزدیک، به بهبودی اوضاع جسمانی بیماران کمک قابل توجهی می‌کنند.

سخن پایانی

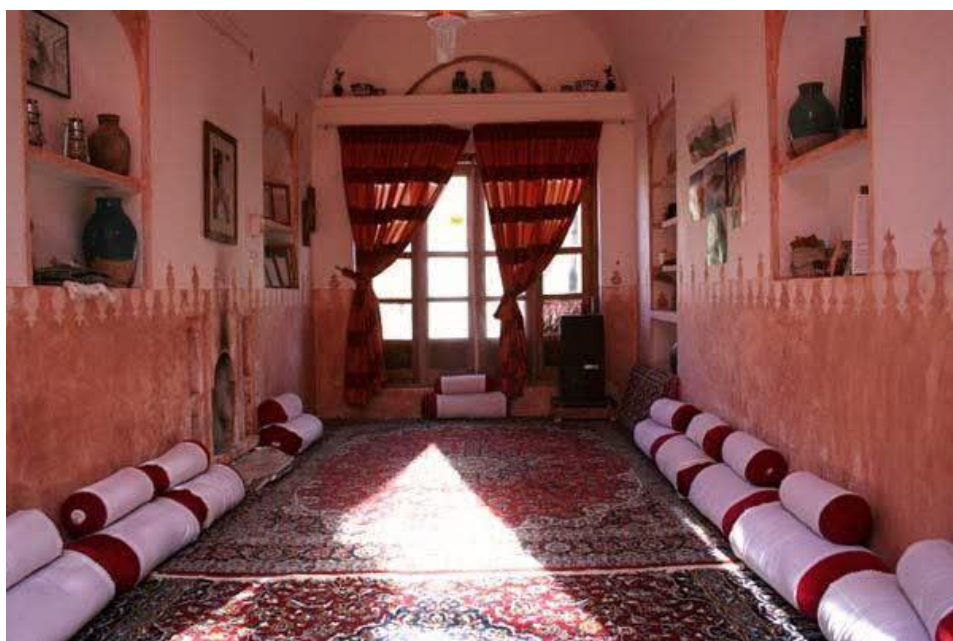
و اما سخن پایانی!

در تحلیل‌های بیان‌شده در سرتاسر فصلِ حاضر و حتی فصلِ نخست، از ارتباط تنگاتنگ و مؤثر نور مرئی و امواج الکترومغناطیسِ فروسرخ با سلامت انسان‌ها، حیوانات و گیاهان (نباتات)، سخن به میان آمده است. منبع و چشمه‌ای همانند خورشید (نورِ قاهره در حکمتِ اشراقی)، سخاوت‌مندانه، نور مرئی و امواج فروسرخ را به زمین می‌تاباند و باعث حرکت، جنبش و حیات، در کره‌ی خاکی می‌شود (مانند پدیده‌ی فوتوسنتز در گیاهان). نور مرئی و امواج فروسرخ که با فعل و انفعالاتی که با مواد شیمیایی و تک‌تک اجزاء بدن دارند، حافظ سلامت، حیات و بقاء انسان‌ها، به‌شمار می‌آیند. جناب سهروردی (شیخِ اشراق)، فیلسوف بزرگ ایران و اسلام، با اندیشه‌ای ناب، تمامی انرژی، حیات، حرکت و جنبش در عالم را از نورالانوار (پروردگار قادر متعال) و مراتب پایین‌تر نور (قاهره، مُدبره و مُسْتَضْعَفه)، تصور و امروزه با توجه به این دست پژوهش‌ها در سرتاسر عالم (از ژاپن و چین در شرق تا اروپا و

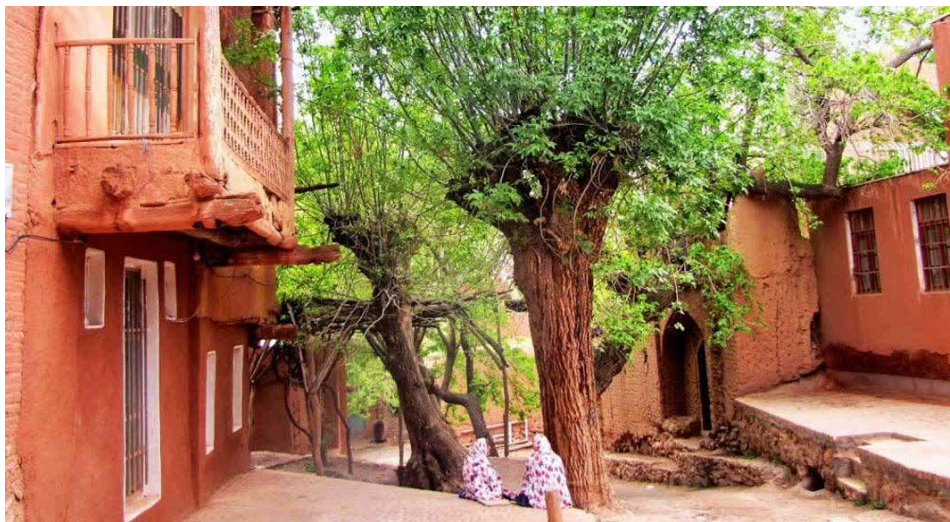
آمریکا در غرب)، درمی‌یابیم که ایده‌ی حکمت‌آمیز و سرشار از نبوغِ شیخ اشراق، به‌درستی در حیات و سلامت انسان‌ها، حیوانات و نباتات، رخ می‌نماید و اثبات می‌شود.

متأسفانه، ایرانیان عصر حاضر، سبکِ زندگیِ مبتنی بر حکمت و دانشِ کهن را به فراموشی سپرده (و حتی به تقبیح آن می‌پردازند!) و تن به سبکِ زندگیِ مُدرن و غربی، داده‌اند و به تبعِ آن، از بیماری‌هایِ روحی و جسمی فراوان، رنج می‌برند. سبکِ زندگیِ اسلامی و ایرانی، براساسِ احترام به طبیعت و عدمِ استثمارِ آن، زندگیِ مسالمت‌آمیز با حیوانات و گیاهان و مهم‌تر از همه، بهره‌مندی از منابعِ طبیعی (برخلافِ زندگیِ امروزی با منابعِ غیر طبیعی و فرآورده‌هایی با تولید انبوه و گسترده‌ی صنعتی) به طور احسن، بوده است. شوربختانه، سبکِ زندگیِ اسلامی و ایرانی که در قرون و سنوات گذشته، متأثر از اندیشه و حکمت اسلامی و ایرانی، رواج داشته است (پدران و نیاکان ما در زمانه‌ی حاضر تا حدودی در شهرهای کوچک و روستاها، طعمِ خوشِ آن را چشیده‌اند!)، با مُدرنیته‌ی ناقص، عاری از معنویت و پُر عیبِ امروزی، به فراموشی سپرده شده است. سبکِ زندگیِ ای مبتنی بر ایمان و اعتقادِ راسخ به راستی و درستی، استفاده از منازلِ خاکی و کاه‌گلی (ابزار طبیعی)، ظروف و کوزه‌های سَفالی (خاکِ رسِ پخته‌شده)، زیورآلاتِ سنگی و معدنی (مانند عقیق، یاقوت و ...)، گُرسی، بهره‌مندی از آبِ چشمه‌سارها، کشاورزی، دامداری و بسیاری از عناصر دیگر که امروزه یا به کلی فراموش و یا نقشِ آن‌ها در زندگیِ غالبِ مردم، کمرنگ شده است.

برای مثال، کوزه‌ها و ظروف سَفالی، با بهره‌مندی از خاکِ رسِ پخته‌شده و قابلیت گسیل امواجِ فروسرخ به محتویاتِ آن و به‌ویژه آب، به نگهداری و ذخیره‌ی امواجِ فروسرخ نزدیک و دور در بدن و ساختاریافتگیِ آب، کمک می‌کنند و آن‌طور که در این فصل به آن اشاره شد، به طور عمومی به سلامت و به طور خاص، به گردشِ خون و جلوگیری از ابتلاء به برخی بیماری‌ها، یاری می‌رسانند. در سبکِ زندگیِ فراموش‌شده‌ای که از آن صحبت می‌کنیم، خانه‌های ساخته‌شده از خاکِ رسِ سرخ، ساروج و غیره، با جذب نور خورشید و امواج خطرناک مانند امواجِ فرابنفش، تواناییِ تابشِ به‌اندازه‌ی امواجِ فروسرخ و مرئی را دارند و سلامتِ افرادِ درونِ خانه را تضمین می‌نمایند و مهم‌تر از آن، روح بخاری (چی در فلسفه‌ی چین و پرانا در حکمت هند باستان) را در خانه، جاری و ساری می‌کنند.



شکل ۵۳: منازلی از جنس طبیعت و طراحی داخلی مبتنی بر رنگ سرخ و تابش مفید امواج مرئی و فروسرخ.



شکل ۵۴: نمایی بیرونی از منازل ساخته‌شده‌ی مبتنی بر سبک زندگی صحیح اسلامی و ایرانی با بهره‌گیری از عناصر نشاط‌آور و حافظ سلامت روح و جسم.

پیشینیان خردمند و اندیشمندان، با طراحی داخلی هوشمندانه و منحصر به فرد منازل با رنگ‌های طیف سرخ (مانند گلیم و فرش سرخ‌فام دست‌بافت، بالشت، پتو، پرده و پُشتی قرمز و ...)، به گسیل این طیف و حتی طیف فروسرخ نزدیک به درون بدن و بافت‌های بدن خود، اهمیت می‌دادند و خود را در برابر ابتلاء به برخی بیماری‌ها، مصون و به‌نوعی، واکسینه می‌کردند.

هدف از نگارش این کتاب، بازگشت محض به گذشته نیست و ما نافی پیشرفت‌های امروز در حوزه‌ی علم، فناوری، پزشکی و سلامت، نیستیم و بازگشت به سبک زندگی مبتنی بر حکمت، اندیشه و تفکر صحیح حاصل از دانش امروز و دیروز را خواهانیم تا حیاتی معنوی و پُر نشاط را تجربه نماییم و تلاشی هر چند کوچک، در جهت هم‌سوسازی ایران عزیز با جریان تمدن‌ساز حضرت ولی عصر (عج) (با یاری محبان و عاشقان آن حضرت)، داشته باشیم.

منابع و مأخذ

منابع و مأخذ فصل نخست

[۱] سونا رضایی و مجتبی امانی، بیوفوتون، نشریه نشاء علم، سال یازدهم، شماره اول، دی‌ماه ۱۳۹۹، صفحه ۷۶ الی ۸۳.

[2] B. Devaraj, M. Usa and H. Inaba, "Biophotons: Ultraweak Light Emission from Living Systems", *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, **2** (1997) 188 - 193.

[3] A. A. Gurwitsch, "A Historical Review of the Problem of Mitogenetic Radiation", *Experientia*, **44** (1988) 545 - 550.

[4] T.I. Quickenden and S. S. Q. Hee, "On the Existence of Mitogenetic Radiation", *Speculation in Science and Technology*, **4** (1981) 453 - 464.

[5] Y. Shimizu, *et. al.*, "Measuring Methods for Ultra-Low Light Intensity and Their Application to Extra-Weak Spontaneous Bioluminescence from Living Tissues", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, **22** (2007) 153 - 157.

[6] H. Inaba, *et. al.*, "Development of an Ultra-High Sensitive Photon Counting System and Its Application to Biomedical Measurements", *Optics and Lasers in Engineering*, **3** (1982) 125 - 130.

[7] H. Inaba, "Super-High Sensitivity Systems for Detection and Spectral Analysis of Ultraweak Photon Emission for Biological Cells and Tissues", *Experientia*, **44** (1988) 550 - 559.

[8] R. Q. Scott, M. Usa and H. Inaba, "Ultraweak Emission Imagery of Mitosing Soybeans", *Applied Physics B*, **48** (1989) 183 - 185.

[9] B. Schauf, L. M. Repas and R. Kaufmann, "Localization of Ultraweak Photon Emission in Plants", *Photochemistry and Photobiology*, **55** (1992) 287 - 291.

- [10] S. Kai, T. Mitani and M. Fujikawa, "Anomalous Biophoton Emission during Germination Process of Red Bean", *Japanese Journal of Applied Physics Part 2 Letters*, **32** (1993) 1417 - 1419.
- [11] S. Kai, *et. al.*, "Growth Control and Biophoton Radiation by Plant Hormones in Red bean", *Physica A*, **210** (1994) 391 - 402.
- [12] M. Kobayashi, *et. al.*, "Two-Dimensional Imaging of Ultraweak Photon Emission from Germinating Sybean Seedlings with a Highly Sensitive CCD Camera", *Photochemistry and Photobiology*, **65** (1997) 535 - 537.
- [13] T. I. Quickenden and S. S. Q. Hee, "Weak Luminescence from the Yeast *Sachharomyces-Cerevisiae*", *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **60** (1974) 764 - 770.
- [14] R. N. Tilbury and T. I. Quickenden, "Spectral and Time Dependence Studies of the Ultraweak Bioluminescence Emitted by the Bacterium *Escherichia Coli.*", *Photochemistry and Photobiology*, **47** (1988) 145 - 150.
- [15] R. N. Tilbury, "The Effect of Stress Factors on the Spontaneous Photon Emission from Microorganisms", *Experientia*, **48** (1992) 1030 - 1041.
- [16] R. N. Tilbury and T. I. Quickenden, "Luminescence from the Yeast *Candida Utilis* and Comparisons across Three Genera", *Journal of Bioluminescence and Chemiluminescence*, **7** (1992) 245 - 253.
- [17] M. Godlewski, *et. al.*, "Spectra of the Formaldehyde-Induced Ultraweak Luminescence from Yeast Cells", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **21** (1993) 29 - 35.
- [18] S. Suzuki, *et. al.*, "Two-Dimensional Imaging and Counting of Ultraweak Light Emission Patterns from Injured Plant Seedlings", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **9** (1991) 211 - 217.
- [19] M. L. Salin, K. L. Quince and D. J. Hunter, "Chemiluminescence from Mechanically Injured Soybean Root Tissue", *Photobiochemistry and Photobiophysics*, **9** (1985) 271 - 279.
- [20] M. Kobayashi, *et. al.*, "Development and Applications of New Technology for Two-Dimensional Space-Time Characterization and Correlation Analysis of Ultraweak Biophoton Emission", *Frontiers of Medical and Biological Engineering: The International Journal of the Japan Society of Medical Electronics and Biological Engineering*, **7** (1996) 299 - 309.
- [21] M. Usa, *et. al.*, "Simulataneous Measurement of Biophoton Emission and Biosurface Electric Potential from Germinationg Soybean (*Glycin Max*)", *Protoplasma*, **149** (1989) 64 - 66.

- [22] P. Roschger, *et. al.*, "Observation of Phase Transitions in Intact Leaves by Intrinsic Low-Level Chemiluminescence", *Photochemistry and Photobiology*, **57** (1993) 580 - 583.
- [23] S. Kai, *et. al.*, "Growth Control and Biophoton Radiation by Plant Hormones in Red Bean", *Japanese Journal of Applied Physics*, **34** (1995) 6530 - 6538.
- [24] B. Devaraj, *et. al.*, "Ultraweak Light Emission from Rat Liver Nuclei", *Photochemistry and Photobiology*, **54** (1991) 289 - 293.
- [25] R. Q. Scott, *et. al.*, "Monitoring a Mammalian Nuclear Membrane Phase Transition by Intrinsic Ultraweak Light Emission", *FEBS Letters*, **285** (1991) 97 - 98.
- [26] H. J. Niggli, "Ultraweak Photons Emitted by Cells: Biophotons", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **14** (1992) 144 - 146.
- [27] M. Kimura, *et. al.*, "N-Methyl-N-Nitro-N-Nitrosoguanidine-Induced Light Emission in Chinese Hamster Cell Cultures: Correlation with Enhancement of Chromosomal Abbreviations", *Mutation Research Letters*, **281** (1992) 215 - 220.
- [28] M. Usa, *et. al.*, "Detection and Characterization of Ultraweak Biophotons from Life Processes", *Optical Methods in Biomedical and Environmental Sciences*, (1994) 3 - 6.
- [29] D. Orgill and R. H. Demling, "Current Concepts and Approaches to Wound Healing", *Critical Care Medicine*, **16** (1988) 899 - 908.
- [30] B. Yoda, *et. al.*, "Ultraweak Chemiluminescence of Smokers' Blood", *Archives of Environmental Health: An International Journal*, **40** (1985) 148 - 150.
- [31] S. Agatsuma, *et. al.*, "Hydroxyl Radical-Induced Characteristic Chemiluminescent Spectra from Plasma of Hemodialysis Patients", *Clinical Chemistry*, **38** (1992) 48 - 55.
- [32] M. Kobayashi, M. Usa and H. Inaba, "Highly Sensitive Detection and Spectral Analysis of Ultraweak Photon Emission from Living Samples of Human Origin for the Measurement of Biomedical Information", *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*, **30** (1994) 388 - 391.
- [33] N. R. Rizzo, N. C. Hank and J. Zhang, "Detecting Presence of Cardiovascular Disease through Mitochondria Respiration as Depicted through Biophotonic Emission", *Redox Biology*, **8** (2016) 11 - 17.
- [34] S. W. Ballinger, "Mitochondrial Dysfunction in Cardiovascular Disease", *Free Radical Biology and Medicine*, **38** (2005) 1278 - 1295.

- [35] E. Ceaser, *et. al.*, "Oxidized Low-Density Lipoprotein and 15-Deoxy-Delta12, 14-PGJ2 Increase Mitochondrial Complex I Activity in Endothelial Cells", *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, **285** (2003) H2298 - H2308.
- [36] G. A. Cortopassi and N. Arnheim, "Detection of a Specific Mitochondrial DNA Deletion in Tissues of Older Humans", *Nucleic Acids Research*, **18** (1990) 6927 - 6933.
- [37] M. Usa and H. Inaba, "Spontaneous Photon Emission from Human Body", *Medical Imaging Technology*, (1990) 47 - 54.
- [38] Y. Sun, C. Wang and J. Dai, "Biophotons as Neural Communication Signals Demonstrated by *in situ* Biophoton Autography", *Photochemical and Photobiological Sciences*, **9** (2010) 315 - 322.
- [39] M. Bischof, "Biophotons - The Light in Our Cells", *Journal of Optomen-ic Phototherapy*, **15** (2005) 1 - 5.
- [40] R. van Wijk, J. van der Greef and E. van Wijk, "Human Ultraweak Photon Emission and the Yin Yang Concept of Chinese Medicine", *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, **3** (2010) 221 - 231.
- [41] J. Tafur, *et. al.*, "Biophoton Detection and Low-Intensity Light Therapy: A Potential Clinical Partnership", *Photomedicine and Laser Surgery*, **28** (2010) 23 - 30.
- [42] H. T. Whelan, *et. al.*, "Effect of NASA Light-Emitting Diode Irradiation on Wound Healing", *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, **19** (2001) 305 - 314.
- [43] T. I. Karu, L. V. Pyatibrat and G. Kalendo, "Irradiation with He - Ne Laser Increase ATP Level in Cell Cultivated *in vitro*", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **27** (1995) 219 - 223.
- [44] J. T. Eelles, *et. al.*, "Mitochondrial Signal Transduction in Accelerated Wound and Retinal Healing by Near-Infrared Light Therapy", *Mitochondrion*, **4** (2004) 559 - 567.
- [45] T. I. Karu, L. V. Pyatibrat and N. I. Afanasyeva, "A Novel Mitochondrial Signaling Pathway Activated by Visible-to-Near Infrared Radiation", *Photochemistry and Photobiology*, **80** (2004) 366 - 372.
- [46] G. Pal, *et. al.*, "Effect of Low Intensity Laser Interaction with Human Skin Fibroblast Cells Using Fiber-Optic Nano-Probes", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **86** (2007) 252 - 261.
- [47] T. I. Karu, *et. al.*, "Absorption Measurements of a Cell Monolayer Relevant to Phototherapy: Reduction of Cytochrome C Oxidase under Near IR

Radiation", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **81** (2005) 98 - 106.

[48] T. I. Karu, L. V. Pyatibrat and T. P. Ryabykh, "Melatonin Modulates the Action of Near Infrared Radiation on Cell Adhesion", *Journal of Pineal Research*, **34** (2003) 167 - 172.

[49] J. Tafur and P. J. Mills, "Low-Intensity Light Therapy: Exploring the Role of Redox Mechanisms", *Photomedicine and Laser Surgery*, **26** (2008) 323 - 328.

[50] G. A. Maiya, P. Kumar and L. Rao, "Effect of Low Intensity Helium-Neon (He - Ne) Laser Irradiation on Diabetic Wound Healing Dynamics", *Photomedicine and Laser Therapy*, **23** (2005) 187 - 190.

[51] E. Mester, A. F. Mester and A. Mester, "The Biological Effects of Laser Application", *Lasers in Surgery and Medicine*, **5** (1985) 31 - 39.

[52] R. H. Burdon, "Superoxide and Hydrogen Peroxide in Relation to Mammalian Cell Proliferation", *Free Radical Biology and Medicine*, **18** (1995) 775 - 794.

[53] S. Song, *et. al.*, "cDNA Microarray Analysis of Gene Expression Profiles in Human Fibroblast Cells Irradiated with Red Light", *Journal of Investigative Dermatology*, **120** (2003) 849 - 857.

[54] A. C. Keszeli, G. T. Simpson and J. A. Campbell, "Growth Effects of Low Intensity Laser Irradiation on Cultured Epithelial Cells", *Lasers Surgery and Medical Supplement*, **6** (1994).

[55] T. I. Karu, L. V. Pyatibrat and G. Kalendo, "Irradiation with He - Ne Laser Can Influence the Cytotoxic Response of HeLa Cells to Ionizing Radiation", *International Journal of Radiation Biology*, **65** (1994) 691 - 697.

[56] H. T. Whelan, *et. al.*, "Effects of NASA Light-Emitting Diode Irradiation on Molecular Changes for Wound Healing in Diabetic Mice", *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, **21** (2003) 67 - 74.

[57] F. A. H. Al-Watban and B. L. Andres, "Polychromatic LED Therapy in Burn Healing of Non-Diabetic and Diabetic Rats", *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, **21** (2003) 249 - 258.

[58] T. I. Karu, "Primary and Secondary Mechanisms of Action of Visible to Near-IR Radiation on Cells", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **49** (1999) 1 - 7.

[59] A. Boveris, *et. al.*, "Organ Chemiluminescence: Noninvasive Assay for Oxidative Radical Reactions", *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, **77** (1980) 347 - 351.

- [60] L. Bei, T. H. Hu and X. Shen, "Experimental Examination on the Possible Optical Interaction between Two Separate Cell Population", *Biophotons*, (1998) 57 - 64.
- [61] X. Shen, W. Mei and X. Xu, "Activation of Neutrophils by a Chemically Separated But Optically Coupled Neutrophil Population Undergoing Respiratory Burst", *Experientia*, **50** (1994) 963 - 968.
- [62] R. Duan, *et. al.*, "Signal Transduction Pathways Involved in Low Intensity He - Ne Laser-Induced Respiratory Burst in Bovine Neutrophils: A Potential Mechanism of Low Intensity Laser Biostimulation", *Lasers in Surgery and Medicine*, **29** (2001) 174 - 178.
- [63] B. R. Andersen. A. M. Brendzel and T. F. Lint, "Chemiluminescence Spectra of Human Myeloperoxidase and Polymorphonuclear Leukocytes", **17** (1977) 62 - 66.
- [64] G. Pagliaro, *et. al.*, "Human Bio-Photons Emission: An Observational Case Study of Emission of Energy Using a Tibetan Mediative Practice on an Individual", *BAOJ Physics*, **2** (2017) 0 - 25.
- [65] F. A. Popp, *et. al.*, "Biophoton Emission", *Review Experientia*, **44** (1988) 543 - 600.
- [66] M. Kobayashi, *et. al.*, "In vivo Imaging of Spontaneous Ultraweak Photon Emission from a Rat's Brain Correlated with Cerebral Energy Metabolism and Oxidative Stress", *Neuroscience Research*, **34** (1999) 103 - 113.
- [67] M. Kobayashi, *et. al.*, "Two-Dimensional Photon Counting Imaging and Spatiotemporal Characterization of Ultraweak Photon Emission from a Rat's Brain in vivo", *Journal of Neuroscience Methods*, **93** (1999) 163 - 168.
- [68] A. Gurwitsch, "The Mitogenetic Rays", *Botanical Gazette*, **80** (1925) 224 - 226.
- [69] K. Creath and G. E. Schwartz, "Measurement of Bioluminescence and Thermal Fields from Humans Comparison of Three Techniques for Imaging Biofields", *Proceedings of SPIE*, (2006) 6285.
- [70] L. Colli and U. Facchini, "Light Emission by Germinating Plants", *Il Nuovo Cimento (1943 - 1954)*, **12** (1954) 150 - 153.
- [71] L. Colli, *et. al.*, "Further Measurements on the Bioluminescence of the Seedlings", *Experientia*, **11** (1955) 479 - 481.
- [72] È. Hideg and L. Olofjör, "Ultraweak Light Emission, Free Radicals, Chilling and Light Sensitivity", *Physiologia Plantarum*, **98** (1996) 223 - 228.

- [73] M. L. Salin and S. M. Bridges, "Chemiluminescence in Wounded Root Tissue Evidence for Peroxidase Involvement", *Plant Physiology*, **67** (1981) 43 - 46.
- [74] T. Ohya, *et. al.*, "Early Detection of Salt Stress Damage by Biophotons in Red Bean Seedling", *Japanese Journal of Applied Physics*, **39** (2000) 3696.
- [75] D. Xing, *et. al.*, "Observation of Biophoton Emission from Plants in the Process of Defense Response", *Chinese Science Bulletin*, **44** (1999) 2159 - 2162.
- [76] H. Inaba, "Super High Sensitivity Systems for Detection and Spectral Analysis of Ultraweak Photon from Biological Cells and Tissues", *Cellular and Molecular Life Sciences*, **44** (1988) 550 - 559.
- [77] S. Cohen and F. A. Popp, "Biophoton Emission of the Human Body", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **40** (1997) 187 - 189.
- [78] S. Cohen and F. A. Popp, "Biophoton Emission of Human Body", *Indian Journal of Experimental Biology*, **41** (2003) 440 - 445.
- [79] J. A. Ives, *et. al.*, "Ultraweak Photon Emission as a Non-Invasive Health Assessment: A Systematic Review", *PLoS One*, **9** (2014) e87401.
- [80] D. Fels, "Cellular Communication through Light", *PLoS One*, **4** (2009) e5086.
- [81] F. A. Popp, *et. al.*, "Coupling of Fröhlich-Modes as a Basis of Biological Regulation", *Herbert Fröhlich FRS, A Physicist Ahead of His Time, the University of Liverpool*, (2006) 139 - 175.
- [82] M. Galle, *et. al.*, "Biophoton Emission from *Daphnia Magna*: A Possible Factor in the Self-Regulation of Swarming", *Experientia*, **47** (1991) 457 - 460.
- [83] F. A. Popp and W. Klimek, "Photon Sucking as an Essential Principle of Biological Regulation", *Biophotonics and Coherent System in Biology*, New York, Springer, (2007) 17 - 23.
- [84] T. I. Quickenden and S. S. Q. Hee, "The Spectral Distribution of the Luminescence Emitted during Growth of the Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* and Its Relationship to Mitogenetic Radiation", *Photochemistry and Photobiology*, **23** (1976) 201 - 204.
- [85] F. Musumeci, *et. al.*, "Intercellular Communication during Yeast Cell Growth", *EuroPhysics Letters*, **47** (1999) 736 - 742.
- [86] G. Albrecht-Buehler, "Rudimentary Form of Cellular Vision", *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, **89** (1992) 8288 - 8292.
- [87] G. Albrecht-Buehler, "Surface Extensions of 3T3 Cells towards Distant Infrared Light Sources", *The Journal of Cell Biology*, **114** (1991) 493 - 502.

- [88] G. Albrecht-Buehler, "Reversible Excitation Light-Induced Enhancement of Fluorescence of Live Mammalian Mitochondria", *The FASEB Journal*, **14** (2000) 1864 - 1866.
- [89] L. F. Jaffe, "Marine Plants May Polarize Remote Fucus Eggs via Luminescence", *Luminescence: The Journal of Biological and Chemical Luminescence*, **20** (2005) 414 - 418.
- [90] M. Levin, "Bioelectromagnetics in Morphogenesis", *Bioelectromagnetics*, **24** (2003) 295 - 315.
- [91] K. Kobayashi, *et. al.*, "Biophoton Emission Induced by Heat Shock", *PLoS One*, **9** (2014) e105700.
- [92] F. Ursini, *et. al.*, "Oxidative Stress in the Rat Heart, Studies on Low-Level Chemiluminescence", *Journal of Bioluminescence and Chemiluminescence*, **4** (1989) 241 - 244.
- [93] È. Hideg, M. Kobayashi and H. Inaba, "Spontaneous Ultraweak Light Emission from Respiring Spinach Leaf Mitochondria", *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, **1098** (1991) 27 - 31.
- [94] G. Cilento and W. Adam, "From the Radicals to Electronically Excited Species", *Free Radical Biology and Medicine*, **19** (1995) 103 - 114.
- [95] A. Rastogi and P. Pospíšil, "Spontaneous Ultraweak Photon Emission Imaging of Oxidative Metabolic Processes in Human Skin: Effect of Molecular Oxygen and Antioxidant Defense System", *Journal Biomedical Optics*, **16** (2011) 096005.
- [96] A. Prasad and P. Pospíšil, "Two-Dimensional Imaging of Spontaneous Ultra-Weak Photon Emission from the Human Skin: Role of Reactive Oxygen Species", *Journal of Biophotonics*, **4** (2011) 840 - 849.
- [97] A. Rastogi and P. Pospíšil, "Effect of Exogenous Hydrogen Peroxide on Biophoton Emission from Radish Root Cells", *Plant Physiology and Biochemistry*, **48** (2010) 117 - 123.
- [98] T. Makino, *et. al.*, "Ultraweak Luminescence Generated by Sweet Potato and Fusarium Oxysporum Interactions Associated with a Defense Response", *Photochemistry and Photobiology*, **64** (1996) 953 - 956.
- [99] Y. Kataoka, *et. al.*, "Activity-Dependent Neural Tissue Oxidation Emits Intrinsic Ultraweak Photons", *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **285** (2001) 1007 - 1011.
- [100] M. J. Fryer, *et. al.*, "Imaging of Photo-Oxidative Stress Responses in Leaves", *Journal of Experimental Botany*, **53** (2002) 1249 - 1254.

- [101] W. L. Chen, *et. al.*, “Imaging of Ultra-Weak Bio-Chemiluminescence and Singlet Oxygen Generation in Germinating Soybean in Response to Wounding”, *Luminescence*, **18** (2003) 37 - 41.
- [102] M. Havaux, “Spontaneous and Thermoinduced Photon Emission: New Methods to Detect and Quantify Oxidative Stress in Plants”, *Trends in Plant Science*, **8** (2003) 409 - 413.
- [103] N. Yoshinaga, *et. al.*, “Ultraweak Photon Emission from Herbivory-Injured Maize Plants”, *Naturwissenschaften*, **93** (2006) 38 - 41.
- [104] R. van Wijk, M. Kobayashi and E. P. A. van Wijk, “Anatomical Characterization of Human Ultra-Weak Photon Emission with a Moveable Photomultiplier and CCD Imaging”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **83** (2006) 69 - 76.
- [105] M. Havaux, C. Triantaphylidès and B. Genty, “Autoluminescence Imaging: A Non-Invasive Tool for Mapping Oxidative Stress”, *Trends in Plant Science*, **11** (2006) 480 - 484.
- [106] C. Kagayama, *et. al.*, “Photon Emissions from Rice cells Elicited by N-Acetylchitooligosaccharide Are Generated through Phospholipid Signaling in Close Association with the Production of Reactive Oxygen Species”, *Plant Physiology and Biochemistry*, **44** (2006) 901 - 909.
- [107] M. Kobayashi, *et. al.*, “Highly Sensitive Determination of Transient Generation of Biophotons during Hypersensitive Response to Cucumber Mosaic Virus in Cowpea”, *Journal of Experimental Botany*, **58** (2007) 465 - 472.
- [108] J. Kim, *et. al.*, “Spontaneous Ultraweak Photon Emission during the Growth of the Cell Population of Cultured HeLa Cell Line”, *Journal of Health Science*, **53** (2007) 481 - 485.
- [109] J. H. Kang, *et.al.*, “Effect of Dehydration Stress on Delayed Luminescence in Plant Leaves”, *Journal of the Korean Physical Society*, **52** (2008) 132 - 136.
- [110] R. Winkler, H. Guttenger and H. Klima, “Ultraweak and Induced Photon Emission After Wounding of Plants”, *Photochemistry and Photobiology*, **85** (2009) 962 - 965.
- [111] N. Fedoroff, “Redox Regulatory Mechanisms in Cellular Stress Responses”, *Annals of Botany*, **98** (2006) 289 - 300.
- [112] A. Wahid, *et. al.*, “Heat Tolerance in Plants: An Overview”, *Environmental and Experimental Botany*, **61** (2007) 199 - 223.
- [113] M. Le, *et. al.*, “Modulation of Oxidative Phosphorylation (OXPHOS) by Radiation-Induced Biophotons”, *Environmental Research*, **163** (2018) 80 - 87.

- [114] E. I. Azzam, *et. al.*, “Intercellular Communication Is Involved in the Bystander Regulation of Gene Expression in Human Cells Exposed to Very Low Fluences of Alpha Particles”, *Radiation Research*, **150** (1998) 497 - 504.
- [115] C. E. Mothersill and C. B. Seymour, “Medium from Irradiated Human Epithelial Cells But Not Human Fibroblasts Reduces the Clonogenic Survival of Unirradiated Cells”, *International Journal of Radiation Biology*, **71** (1997) 421 - 427.
- [116] S. B. Ahmad, *et. al.*, “Ultra-Violet Light Emission from HPV-G Cells Irradiated with Low Let Radiation from (90)Y; Consequences for Radiation Induced Bystander Effects”, *Dose-Response*, **11** (2013) 498 - 516.
- [117] M. Le, *et. al.*, “An Observed Effect of Ultraviolet Radiation Emitted from Beta-Irradiated HaCaT Cell upon Non-Beta-Irradiated Bystander Cells”, *Radiation Research*, **183** (2015) 279 - 290.
- [118] M. Le, *et. al.*, “An Observed Effect of p53 Status on the Bystander Response to Radiation-Induced Cellular Photon Emission”, *Radiation Research*, **187** (2017) 169 - 185.
- [119] M. Le, *et. al.*, “Exosomes Are Released by Bystander Cells Exposed to Radiation-Induced Biophoton Signals: Reconciling the Mechanisms Mediating the Bystander Effect”, *PLoS One*, **12** (2017) e0173685.
- [120] A. V. P. Kaznacheev, L. P. Mikhailova and N. B. Kartashov, “Distant Intercellular Electromagnetic Interaction between Two Tissue Cultures”, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **89** (1980) 345 - 348.
- [121] S. Hamouda, N. Khalifa and M. Belhasan, “Bio-Photon Research and Its Applications: A Review”, *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations*, **6** (2018) 35 - 46.
- [122] K. Creath and G. E. Schwartz, “Biophoton Images of Plants: Revealing the Light Within”, *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, **10** (2004) 23 - 26.
- [123] K. Creath and G. E. Schwartz, “Biophoton Interaction in Biological Systems: Evidence of Photonic Info-Energy Transfer?”, *The Nature of Light: What Is a Photon?*, **5866** (2005) 338 - 347.
- [124] R. van Wijk, “Bio-Photons and Bio-Communication”, *Journal of Scientific Exploration*, **15** (2001) 183 - 197.
- [125] B. L. Strehler and W. Arnold, “Light Production by Green Plants”, *Journal of General Physiology*, **34** (1951) 809 - 820.
- [126] M. Cifra, *et. al.*, “Spontaneous Ultra-Weak Photon Emission from Human Hands Is Time Dependent”, *Radioengineering*, **16** (2007) 15 - 19.

- [127] H. Fröhlich, "The Biological Effects of Microwaves and Related Questions", *Advances in Electronics and Electron Physics*, **53** (1980) 85 - 152.
- [128] J. Pokorný, "Viscous Effects on Polar Vibrations in Microtubules", *Electromagnetic Biology and Medicine*, **22** (2003) 15 - 29.
- [129] J. Pokorný, "Excitation of Vibration in Microtubules in Living Cells", *Bioelectrochemistry*, **63** (2004) 321 - 326.
- [130] P. Solar, *et. al.*, "Circadian and Cicaannual Oscillations of Tissue Lipoperoxides in Rats", *Physiological Research*, **44** (1995) 249 - 256.
- [131] G. Baydas, *et. al.*, "Daily Rhythm of Glutathione Peroxidase Activity, Lipid Peroxidation and Glutathione Levels in Tissues of Pinealectomized Rats", *Neuroscience Letters*, **323** (2002) 195 - 198.
- [132] F. A. Popp, "About the Coherence of Biophotons", *Proceedings of an International Conference of the Boston University*, (1999).
- [133] F. A. Popp, "Some Essential Questions of Biophoton Research and Probable Answers", *Recent Advances in Biophoton Research and Its Applications*, (1992) 1- 46.
- [134] F. A. Popp and K. Li, "Hyperbolic Relaxation as a Sufficient Condition of a Fully Coherent Ergodic Field", *International Journal of Theoretical Physics*, **32** (1993) 1573 - 1583.
- [135] F. A. Popp, *et. al.*, "Physical Aspects of Biophotons", *Experientia*, **44** (1988) 576 - 585.
- [136] H. J. Niggli, "Ultraweak Electromagnetic Wavelength Radiation as Biophotonic Signals to Regulate Life Processes", *Journal of Electrical and Electronic Systems*, **3** (2014) 2332-0796.
- [137] R. H. Dicke, "Coherence in Spontaneous Radiation", *Physical Review*, **93** (1954) 99 - 110.
- [138] V. L. Voeikov, "Biophotonic Analysis of Spontaneous Self-Organizing Oxidative Processes in Aqueous Systems", *Biophotonics: Optical Science and Engineering for the 21st Century*, (2005) 141 - 154.
- [139] P. A. Cerutti, "Prooxidant States and Promotion", *Radiation Carcinogenesis and DNA Alterations*, (1986) 423.
- [140] V. L. Voeikov and E. Del Giudice, "Water Respiration – The Basis of Living State", *Water*, **1** (2009) 52 - 75.
- [141] H. J. Niggli, "Ultraweak Photons Emitted by Cells: Biophotons", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **14** (1992) 144 - 146.

- [142] H. Inaba, *et. al.*, “Photon Counting Spectral Analyzing System of Extra-Weak Chemi- and Bioluminescence for Biochemical Applications”, *Photochemistry and Photobiology*, **30** (1979) 169 - 175.
- [143] Q. Luo, “A Brief Introduction to Biophotonic Techniques and Methods”, *Science China Life Sciences*, **63** (2020) 1771 - 1775.
- [144] F. A. Popp and Y. Yan, “Delayed Luminescence of Biological Systems in Terms of Coherent States”, *Physics Letters A*, **293** (2002) 93 - 97.
- [145] K. Li and F. A. Popp, “Non-Exponential Decay Law of Radiation Systems with Coherent Rescattering”, *Physics Letters A*, **93** (1983) 262 - 266.
- [146] W. B. Chwirot, R. S. Dygdala and S. Chwirot, “Optical Coherence of White Light-Induced Photon Emission from Microsprocytes of Larix Europea”, *Cytobios*, **44** (1985) 239 - 249.
- [147] W. B. Chwirot, R. S. Dygdala and S. Chwirot, “Quasi-Monochromatic-Light-Induced Photon Emission from Microsprocytes of Larch Showing Oscillating Decay Behaviour Predicted by an Electromagnetic Model of Differentiation”, *Cytobios*, **47** (1986) 137 - 146.
- [148] D. V. Parkhomtchouk and M. Yamamoto, “Super-Delayed Luminescence from Biological Tissues”, *Journal of International Society of Life Information Science*, **18** (2000) 413 - 417.
- [149] H. J. Niggli, *et. al.*, “Laser-Ultraviolet-A Induced Biophotonic Emission in Cultured Mammalian Cells”, *Biophotonics: Optical Science and Engineering for the 21st Century*, (2005) 185 - 194.
- [150] H. J. Niggli, “Biophotons: Ultraweak Light Impulses Regulate Life Processes in Aging”, *Journal of Gerontology and Geriatric Research*, **3** (2014) 143.
- [151] J. A. Parrish, *et. al.*, “Effects of Ultraviolet Radiation on the Eye”, *UV-A: Biological Effects of Ultraviolet Radiation with Emphasis on Human Responses to Longwave Ultraviolet*, Springer, (1978) 177 - 219.
- [152] W. Nagl and F. A. Popp, “A Physical (Electromagnetic) Model of Differentiation”, *Cytobios*, **37** (1983) 45 - 62.
- [153] G. J. Hyland, “Fröhlich’s Physical Theory of Cancer – Fröhlich’s Path from Theoretical Physics to Biology, and Cancer Problem”, *Neural Network World*, **19** (2009) 337 - 354.
- [154] E. Del Giudice, V. Elia and A. Tedeschi, “Role of Water in the Living Organisms”, *Neural Network World*, **19** (2009) 355 - 360.

- [155] J. A. Roth and M. L. Kaeberle, "Chemiluminescence by *Listeria Monocytogenes*", *Journal of Bacteriology*, **144** (1980) 752 - 757.
- [156] E. Cadenas, "Low-Level Chemiluminescence of Biological Systems", *Free Radicals in Biology*, (1984) 211 - 242.
- [157] Y. Isojima, *et. al.*, "Ultraweak Biochemiluminescence Detected from Rat Hippocampal Slices", *Neuro Report*, **6** (1995) 658 - 660.
- [158] M. V. Trushin, "Light-Mediated "Conversation" among Microorganisms", *Microbiological Research*, **159** (2004) 1 - 10.
- [159] M. V. Trushin, "Studies on Distant Regulation of Bacterial Growth and Light Emission", *Microbiology*, **149** (2003) 363 - 368.
- [160] R. C. Allen, "Chemiluminescence from Eukaryotic and Prokaryotic Cells: Reducing Potential and Oxygen Requirements", *Photochemistry and Photobiology*, **30** (1979) 157 - 163.
- [161] D. J. Hunter and R. C. Allen, "Oxygen-Dependent *Streptococcus Faecalis* Chemiluminescence: The Importance of Metabolism and Medium Composition", *Bioluminescence and Chemiluminescence*, (1981) 531 - 542.
- [162] F. A. Popp, *et. al.*, "Biophoton Emission: New Evidence for Coherence and DNA as Source", *Cell Biophysics*, **6** (1984) 33 - 52.
- [163] M. Rattemeyer, F. A. Popp and W. Nagl, "Evidence of Photon Emission from DNA in Living Systems", *Naturwissenschaften*, **68** (1981) 572 - 573.
- [164] J. Slawinski, *et. al.*, "Stress-Induced Photon Emission from Perturbed Organisms", *Experientia*, **48** (1992) 1041 - 1058.
- [165] A. Ezzahir, *et. al.*, "Iron-Induced Chemiluminescence of Bull Spermatozoa", *Applied Biology Communications. Lublin Scientific Center*, **2** (1992) 139 - 144.
- [166] T. I. Quickenden, M. J. Comarmond and R. N. Tilbury, "Ultraweak Bioluminescence Spectra of Stationary Phase *Saccharomyces Cerevisiae* and *Schizosaccharomyces Pome*", *Photochemistry and Photobiology*, **41** (1985) 611 - 615.
- [167] R. N. Tilbury, "Ultraweak Luminescence of Yeast and Bacteria", *Biological Luminescence*, (1990) 49 - 77.
- [168] R. van Wijk and E. P. A. van Wijk, "An Introduction to Human Biophoton Emission", *Forschende Komplementämedizin/Research in Complementary Medicine*, **12** (2005) 77 - 83.

- [169] H. H. Jung, *et. al.*, “Left-Right Asymmetry of Biophoton Emission from Hemiparesis Patients”, *Indian Journal of Experimental Biology*, **41** (2003) 452 - 456.
- [170] R. Edwards, *et. al.*, “Light Emission from the Human Body”, *Complementary Medicine Research*, **3** (1989) 16 - 19.
- [171] R. Edwards, *et. al.*, “Measurements of Human Bioluminescence”, *Acupuncture and Electro-Therapeutics Research*, **15** (1990) 85 - 94.
- [172] C. Choi, *et. al.*, “Biophoton Emission from the Hands”, *Journal-Korean Physical Society*, **41** (2002) 275 - 278.
- [173] S. Cohen and F. A. Popp, “Low-Level Luminescence of the Human Skin”, *Skin Research and Technology*, **3** (1997) 177 - 180.
- [174] H. Inaba, “Measurement of Biophoton from Human Body”, *Journal of International Society of Life Information Science*, **18** (2000) 448 - 452.
- [175] T. J. Kim, *et. al.*, “Biophoton Emission from Fingernails and Fingerprints of Living Human Subjects”, *Acupuncture and Electro-Therapeutics Research*, **27** (2002) 85 - 94.
- [176] K. Nakamura and M. Hiramatsu, “Some Features of Ultraweak Photon Emission from Human Hand”, *Photochemistry and Photobiology*, (2002).
- [177] T. Nishizaki and Y. Okada, “Effects of Excitatory Amino Acids on the Oxygen Consumption of Hippocampal Slices from the Guinea Pig”, *Brain Research*, **452** (1988) 11 - 20.
- [178] E. van Wijk, Y. Yan and R. van Wijk, “Photon Emission in Multicellular Organisms”, *Fields of the Cell*, (2015) 131 - 148.
- [179] G. Cilento, “Excited Electronic States in Dark Biological Process”, *Quarterly Reviews of Biophysics*, **6** (1973) 485 - 501.
- [180] G. Cilento, “Electronic Excitation in Dark Biological Processes”, *Chemical and Biological Generation of Excited States*, (1982) 277 - 307.
- [181] N. J. Murugan, *et. al.*, “Biophotonic Markers of Malignancy: Discriminating Cancers Using Wavelength-Specific Biophotons”, *Biochemistry and Biophysics Reports*, **13** (2018) 7 - 11.
- [182] I. Cosic, “Macromolecular Bioactivity: Is It Resonant Interaction between Macromolecules? Theory and Applications”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, **41** (2002) 1101 - 1114.
- [183] B. T. Dotta, *et. al.*, “Shifting Wavelengths of Ultraweak Photon Emissions from Dying Melanoma Cells: Their Chemical Enhancement and Blocking Are

Predicted by Cosic's Theory of Resonant Recognition Model for Macromolecules", *Naturwissenschaften*, **101** (2014) 87 - 94.

[184] Y. Shimizu, *et. al.*, "A Proton Beam Therapy System Dedicated to Spot-Scanning Increases Accuracy with Moving Tumors by Real-Time Imaging and Gating and Reduces Equipment Size", *PLoS One*, **9** (2014) e94971.

[185] Y. Shimizu, *et. al.*, "Measuring Methods for Ultra-Low Light Intensity and Their Application to Extra-Weak Spontaneous Bioluminescence from Living Tissues", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, **22** (2007) 153 - 157.

[186] M. Takeda, *et. al.*, "Biophoton Detection as a Novel Technique for Cancer Imaging", *Cancer Science*, **95** (2004) 656 - 661.

[187] T. Amano, *et. al.*, "Ultraweak Biophoton Emission Imaging of Transplanted Bladder Cancer", *Urological Research*, **23** (1995) 315 - 318.

[188] H. J. Niggli, *et. al.*, "Laser-Ultraviolet-A-Induced Ultraweak Photon Emission in Mammalian Cells", *Journal of Biomedical of Optics*, **10** (2005) 024006.

[189] H. J. Niggli, "Artificial Sunlight Irradiation Induces Ultraweak Photon Emission in Human Skin Fibroblasts", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **18** (1993) 281 - 285.

[190] H. J. Niggli, "The Cell Nucleus of Cultured Melanoma Cells as a Source of Ultraweak Photon Emission", *Naturwissenschaften*, **83** (1996) 41 - 44.

[191] B. A. Gilchrest, *et. al.*, "Treatment of Human Melanocytes and S91 Melanoma Cells with the DNA Repair Enzyme T4 Endonuclease V Enhances Melanogenesis After Ultraviolet Irradiation", *Journal of Investigative Dermatology*, **101** (1993) 666 - 672.

[192] L. A. Applegate, *et. al.*, "In vivo Induction of Pyrimidine Dimers in Human Skin by UVA Radiation: Initiation of Cell Damage and/or Intercellular Communication?", *International Journal of Molecular Medicine*, **3** (1999) 467 - 472.

[193] B. T. Dotta, *et. al.*, "Photon Emissions as Differential Indicators for Different Components of Protein Kinase A (PKA) in Transfected Murine Melanoma Cells", *Archives in Cancer Research*, **4** (2016) 10-21767.

[194] R. van Wijk and J. M. van Aken, "Photon Emission in Tumor Biology", *Experientia*, **48** (1992) 1092 - 1102.

[195] R. van Wijk, *et. al.*, "Light-Induced Photon Emission by Mammalian Cells", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **18** (1993) 75 - 79.

- [196] J. Owens and R. van de Castle, "Gas Discharge Visualization (GDV) Technique", *Measuring Energy Fields State of the Science*, Fair Lawn, NJ, Backbone, (2004) 11 - 22.
- [197] E. P. A. van Wijk, J. Ackerman and R. van Wijk, "Effect of Meditation on Ultraweak Photon Emission from Hands and Forehead", *Forschende Komplementärmedizin/Research in Complementary Medicine*, **12** (2005) 107 - 112.
- [198] S. N. Mayburov, "Photonic Communications and Information Encoding in Biological System", *arXiv Preprint*, (2012) 1205.4134.
- [199] L. Brizhik, "Delayed Luminescence of Biological Systems", *Physical Review E*, **64** (2005) 031902 - 031917.
- [200] A. Kogar, *et. al.*, "Signature of Exciton Condensation in a Transition Metal Dichalcogenide", *Science*, **358** (2017) 1314 - 1317.
- [201] S. Pet, M. Pet and D. Vastenburg, "Biophoton Therapy and Its Perceptible Effect on Human Blood – A Pilote Study", *Expore*, (2012) 4 - 6.
- [202] S. Pet, *et. al.*, "Biophoton Therapy and Its Perceptible Effect on Human Blood – A Follow Up Study", *Res Proceedings IUC*, (2013).
- [203] D. Vastenburg, "Effects of Biophoton Treatment, on Isolated Rat Cortical Neurons, through the Biophoton Device by J. Boswinkel", *Biontology.com*.
- [204] S. Wirdatmadja, *et. al.*, "Analysis of Light Propagation on Physiological Properties of Neurons for Nanoscale Optogenetics", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, **27** (2019) 108 - 117.
- [205] S. Kumar, *et. al.*, "Possible Existence of Optical Communication Channels in the Brain", *Scientific Reports*, **6** (2016) 36508.
- [206] F. A. Wininger, J. L. Schei and D. M. Rector, "Complete Optical Neurophysiology: Toward Optical Stimulation and Recording of Neural Tissue", *Applied Optics*, **48** (2009) D218 - D224.
- [207] B. T. Dotta, *et. al.*, "Photon Emission from Melanoma Cells during Brief Stimulation by Patterned Magnetic Fields: Is the Source Coupled to Rotational Diffusion within the Membrane?", *General Physiology and Biophysics*, **33** (2014) 63 - 73.
- [208] B. T. Dotta, *et. al.*, "Biophoton Emission from Cell Cultures: Biochemical Evidence for the Plasma Membrane as the Primary Source", *General Physiology and Biophysics*, **30** (2011) 301 - 309.

- [209] B. T. Dotta, *et. al.*, “Photon Emission from Human Brain and Cell Culture Exposed to Distally Rotating Magnetic Fields Shared by Separate Light-Stimulated Brains and Cells”, *Brain Research*, **1388** (2011) 77 - 88.
- [210] G. Lenaz, *et. al.*, “Lipid Fluidity and Membrane Protein Dynamics”, *Bioscience Reports*, **7** (1987) 823 - 837.
- [211] L. W. E. Tessaro, B. T. Dotta and M. A. Persinger, “Bacterial Biophotons as Non-Local Information Carriers: Species-Specific Spectral Characteristics of a Stress Response”, *MicrobiologyOpen*, **8** (2019) e00761.
- [212] B. T. Dotta and M. A. Persinger, ““Doubling” of Local Photon Emissions When Two Simultaneous, Spatially-Separated, Chemiluminescence Reactions Share the Same Magnetic Field Configurations”, *Journal of Biophysical Chemistry*, **3** (2012) 72 - 80.
- [213] K. P. Schlebusch, W. Maric-Oehler and F. A. Popp, “Biophotonics in the Infrared Spectral Range Reveal Acupuncture Meridian Structure of the Body”, *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, **11** (2005) 171 - 173.
- [214] J. Swain, “On the Possibility of Large Upconversions and Mode Coupling between Fröhlich States and Visible Photons in Biological Systems”, *arXiv Preprint Physics*, (2006) 0603137.
- [215] K. Tsuchida, T. Iwasa and M. Kobayashi, “Imaging of Ultraweak Photon Emission for Evaluating the Oxidative Stress of Human Skin”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **198** (2019) 111562.
- [216] L. Rittié and G. J. Fisher, “UV-Light-Induced Signal Cascades and Skin Aging”, *Ageing research Reviews*, **1** (2002) 705 - 720.
- [217] H. Ou-Yang, “The Application of Ultra-Weak Photon Emission in Dermatology”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **139** (2014) 63 - 70.
- [218] H. J. Niggli, *et. al.*, “Ultraweak Photon Emission in Assessing Bone Growth Factor Efficiency Using Fibroblastic Differentiation”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **64** (2001) 62 - 68.
- [219] A. Jain, *et. al.*, “Antioxidant Efficacy on Human Skin *in vivo* Investigated by UVA-Induced Chemiluminescence Decay Analysis via Induced Chemiluminescence of Human Skin”, *Skin Pharmacology and Physiology*, **23** (2010) 266 - 272.
- [220] M. Jibu, K. Yasue and S. Hagan, “Evanescence (Tunneling) Photon and Cellular Vision”, *BioSystems*, **42** (1997) 65 - 73.
- [221] M. Jibu and K. Yasue, “A Physical Picture of Umezawa’s Quantum Brain Dynamics”, *Cybernetics and Systems Research*, **92** (1992) 797 - 804.

- [222] M. Jibu and K. Yasue, "Intracellular Quantum Signal Transfer in Umezawa's Quantum Brain Dynamics", *Cybernetics and Systems Research*, **24** (1993) 1 - 7.
- [223] M. Jibu and K. Yasue, "Introduction to Quantum Brain Dynamics", *Nature, Cognition and System III*, E. Carvallo (ed.), (Kluwer Academic, London), (1993).
- [224] M. Jibu and K. Yasue, "The Basics of Quantum Brain Dynamics", *Rethinking Neural Networks*, Psychology Press, (2014) 121 - 145.
- [225] H. Umezawa, "Advanced Field Theory: Micro, Macro and Thermal Physics", (New York, American Institute of Physics), (1993).
- [226] E. Del Giudice, G. Preparata and G. Vitiello, "Water as a Free Electric Dipole Laser", *Physical Review Letters*, **61** (1988) 1085 - 1088.
- [227] S. Hagan, M. Jibu and K. Yasue, "Consciousness and Anesthesia: An Hypothesis Involving Biophoton Emission in the Microtubular Cytoskeleton of the Brain", *Origins: Brain and Self Organization* (K. H. Pribram, Routledge), (2018).
- [228] M. Jibu, et. al., "Quantum Optical Coherence in Cytoskeletal Microtubules: Implications for Brain Function", *BioSystems*, **32** (1994) 195 - 209.
- [229] M. Jibu, K. H. Pribram and K. Yasue, "From Conscious Experience to Memory Storage and Retrieval: The Role of Quantum Brain Dynamics and Boson Condensation of Evanescent Photons", *International Journal of Modern Physics B*, **10** (1996) 1735 - 1754.
- [230] B. T. Dotta and M. A. Persinger, "Increased Photon Emissions from the Right But Not the Left Hemisphere While Imaging White Light in the Dark: The Potential Connection between Consciousness and Cerebral Light", *Journal of Consciousness Exploration and Research*, **2** (2011) 1463 - 1473.
- [231] H. Hu and M. Wu, "Thinking Outside the Box: The Essence and Implications of Quantum Entanglement and the Story of Spin-Mediated Consciousness Theory", *NeuroQuantology*, **1** (2006) 5 - 16.
- [232] I. Bókkon, "Dreams and Neuroholography: An Interdisciplinary Interpretation of Development of Homeotherm State in Evolution", *Sleep and Hypnosis*, **7** (2005) 61 - 76.
- [233] I. Bókkon, "Dreams Pictures, Neuroholography and the Laws of Physics", *Journal of Sleep Research*, **15** (2006) 187.
- [234] I. Bókkon, "Visual Perception and Imagery: A New Molecular Hypothesis", *BioSystems*, **96** (2009) 178 - 184.

- [235] I. Bókkon, "Phosphene Phenomenon: A New Concept", *BioSystems*, **92** (2008) 168 - 174.
- [236] B. T. Dotta, K. S. Saroka and M. A. Persinger, "Increased Photon Emission from the Head While Imaging Light in the Drak Is Correlated with Changes in Electroencephalographic Power: Support for Bókkon's Biophoton Hypothesis", *Neuroscience Letters*, **513** (2012) 151 - 154.
- [237] M. Nakano, "Low-Level Chemiluminescence during Lipid Peroxidations and Enzymatic Reactions", *Journal of Bioluminescence and Chemiluminescence*, **4** (1989) 231 - 240.
- [238] Y. A. Nikolaev, "Distant Interactions in Bacteria", *Microbiology*, **69** (2000) 497 - 503.
- [239] M. Matsushashi, *et. al.*, "Cellular Signals Regulating Antibiotic Sensitivities of Bacteria", *Microbial Drug Resistance*, **2** (1996) 91 - 93.
- [240] M. Matsushashi, *et. al.*, "*Bacillus Carboniphilus* Cells Respdn to Growth-Promoting Physical Signals from Cells of Homologous and Heterologous Bacteria", *The Journal of General and Applied Microbiology*, **42** (1996) 315 - 323.
- [241] M. Matsushashi, *et. al.*, "Growth-Promoting Effect of Carbon Material upon Bacterial Cells Propagating through a Distance", *The Journal of General and Applied Microbiology*, **43** (1997) 225 - 230.
- [242] M. Matsushashi, *et. al.*, "Production of Sound Waves by Bacterial Cells and the Response of Bacterial Cells to Sound", *The Journal of General and Applied Microbiology*, **44** (1998) 49 - 55.
- [243] V. P. Skulachev, "Mitochondrial Filaments and Clusters as Intracellular Power-Transmitting Cables", *Trends in Biochemical Sciences*, **26** (2001) 23 - 29.
- [244] M. Müller, *et. al.*, "Mitochondrial Oragnization and Motility Probed by Two-Photon Microscopy in Cultured Mouse Brainstem Neurons", *Experimental Cell Research*, **303** (2005) 114 - 127.
- [245] V. N. Dedov and B. D. Roufogalis, "Organisation of Mitochondria in Living Sensory Neurons", *FEBS Letters*, **456** (1999) 171 - 174.
- [246] R. Thar and M. Köhl, "Propagation of Electromagnetic Radiation in Mitochondria?", *Journal of Theoretical Biology*, **230** (2004) 261 - 270.
- [247] W. P. Mei, "About the Nature of Biophotons", *Journal of Biological Systems*, **2** (1994) 25 - 42.

- [248] S. Johnsen and E. A. Widder, "The Physical Basis of Transparency in Biological Tissue: Ultrastructure and the minimization of Light Scattering", *Journal of Theoretical Biology*, **199** (1999) 181 - 198.
- [249] J. Beuthan, *et. al.*, "The Spatial Variation of the Refractive Index in Biological Cells", *Physics in Medicine and Biology*, **41** (1996) 369 - 382.
- [250] J. H. Geesink and D. K. F. Meijer, "Bio-Soliton Model That Predicts Non-Thermal Electromagnetic Frequency Bands, That Either Stabilize or Destabilize Living Cells", *Electromagnetic Biology and Medicine*, **36** (2017) 357 - 378.
- [251] A. S. Davydov, "Solitons and Energy Transfer along Protein Molecules", *Journal of Theoretical Biology*, **66** (1977) 379 - 387.
- [252] H. Kuwayama and S. Ishida, "Biological Soliton in Multicellular Movement", *Scientific Reports*, **3** (2013) 2272.
- [253] J. H. Geesink and D. K. F. Meijer, "Quantum Wave Information of Life Revealed: An Algorithm for EM Frequencies That Create Stability of Biological Order with Implications for Brain Function and Consciousness", *NeuroQuantology*, **14** (2016) 106 - 125.
- [254] X. Pang, *et. al.*, "Influences of Electromagnetic Energy on Bio-Energy Transport through Protein Molecules in Living Systems and Its Experimental Evidence", *International Journal of Molecular Sciences*, **17** (2016) 1130.

منابع و مأخذ فصل دوم

[۱] مهدی نخعی خونیکی، محمدرضا محدث مجتهدی، محمدعلی توانایی و امین ابراهیمزاده، مروری بر کاربرد زیست‌سرامیک‌ها در منسوجات گرمابخش با امواج زیر قرمز دور، بسپارش، سال یازدهم، شماره ۱، ۱۳۹۹، صفحه ۴۱ الی ۵۱.

[2] H. Chung, *et. al.*, “The Nuts and Bolts of Low-Level Laser (Light) Therapy”, *Annals of Biomedical Engineering*, **40** (2012) 516 - 533.

[3] K. A. Ball, P. R. Castello and R. O. Poyton, “Low Intensity Light Stimulates Nitrite-Dependent Nitric Oxide Synthesis But Not Oxygen Consumption by Cytochrome C Oxidase: Implications for Phototherapy”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **102** (2011) 182 - 191.

[4] M. Greco, *et. al.*, “Increase in RNA and Protein Synthesis by Mitochondria Irradiated with Helium-Neon Laser”, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **163** (1989) 1428 - 1434.

[5] T. I. Karu, L. V. Pyatibrat and N. I. Afanasyeva, “Cellular Effects of Low Power Laser Therapy Can Be Mediated by Nitric Oxide”, *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, **36** (2005) 307 - 314.

[6] S. Passarella, *et. al.*, “Increase of Proton Electrochemical Potential and ATP Synthesis in Rat Liver Mitochondria Irradiated *in vitro* by Helium-Neon Laser”, *FEBS Letters*, **175** (1984) 95 - 99.

[7] R. O. Poyton and K. A. Ball, “Therapeutic Photobiomodulation: Nitric Oxide and a Novel Function of Mitochondrial Cytochrome C Oxidase”, *Discovery Medicine*, **11** (2011) 154 - 159.

[8] L. J. Walsh, *et. al.*, “Human Dermal Mast Cells Contain and Release Tumor Necrosis Factor Alpha, Which Induces Endothelial Leukocyte Adhesion Molecule 1”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **88** (1991) 4220 - 4224.

[9] A. C. H. Chen, *et. al.*, “Role of Reactive Oxygen Species in Low Level Light Therapy”, *Mechanisms for Low-Light Therapy IV*, **7165** (2009) 9 - 19.

[10] T. I. Karu and S. F. Kolyakov, “Exact Action Spectra for Cellular Responses Relevant to Phototherapy”, *Photomedicine and Laser Therapy*, **23** (2005) 355 - 361.

[11] N. Grossman, *et. al.*, “780 nm Low Power Diode Laser Irradiation Stimulates Proliferation of Keratinocyte Cultures: Involvement of Reactive

Oxygen Species”, *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, **22** (1998) 212 - 218.

[12] E. Alexandratou, *et. al.*, “Human Fibroblast Alterations Induced by Low Power Laser Irradiation at the Single Cell Level Using Confocal Microscopy”, *Photochemical & Photobiological Sciences*, **1** (2002) 547 - 552.

[13] A. C. H. Chen, *et. al.*, “Low-Level Laser Therapy Activates NF- κ B via Generation of Reactive Oxygen Species in Mouse Embryonic Fibroblasts”, *PLoS One*, **6** (2011) e22453.

[14] M. R. Hamblin, “The Role of Nitric Oxide in Low Level Light Therapy”, *Mechanisms for Low-Light Therapy III*, **6846** (2008) 7 - 20.

[15] M. W. Gordon, “The Correlation between *in vivo* Mitochondrial Changes and Tryptophan Pyrrolase Activity”, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **91** (1960) 75 - 82.

[16] N. L. Vekshin, “Light-Dependent ATP Synthesis in Mitochondria”, *Biochemistry International*, **25** (1991) 603 - 611.

[17] S. Passarella, *et. al.*, “Increase in the ADP/ATP Exchange in Rat Liver Mitochondria Irradiated *in vitro* by Helium-Neon Laser”, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **156** (1988) 978 - 986.

[18] S. Y. C. Lee, *et. al.*, “Enhancement of Cutaneous Immune Response to Bacterial Infection after Low-Level Light Therapy with 1072 nm Infrared Light: A Preliminary Study”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **105** (2011) 175 - 182.

[19] K. M. Al-Ghamdi, A. Kumar and N. A. Moussa, “Low-Level Laser Therapy: A Useful Technique for Enhancing the Proliferation of Various Cultured Cells”, *Lasers in Medical Science*, **27** (2012) 237 - 249.

[20] P. A. Wilden, *et. al.*, “ATP-Stimulated Smooth Muscle Cell Proliferation Requires Independent ERK and PI3K Signaling Pathways”, *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, **275** (1998) H1209 - H1215.

[21] J. J. Anders, R. J. Lanza fame and P. R. Arany, “Low-Level Light/Laser Therapy versus Photobiomodulation Therapy”, *Photomedicine and Laser Surgery*, **33** (2015) 183 - 184.

[22] L. F. De Freitas and M. R. Hamblin, “Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy”, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, **22** (2016) 348 - 364.

[23] A. Popa-Wagner, *et. al.*, “ROS and Brain Disease: The Good, the Bad and the Ugly”, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2013** (2013) 963520.

- [24] C. H. Chen, *et. al.*, "Effects of Low-Level Laser Therapy on M1-Related Cytokine Expression in Monocytes via Histone Modification", *Mediators of Inflammation*, **2014** (2014) 625048.
- [25] H. Binder, "Water Near Lipid Membranes as Seen by Infrared Spectroscopy", *European Biophysics Journal*, **36** (2007) 265 - 279.
- [26] T. Cali, D. Ottolini and M. Brini, "Mitochondrial Ca^{2+} as a Key Regulator of Mitochondrial Activities", *Advances in Mitochondrial Medicine*, (2011) 53 - 57.
- [27] M. R. Hamblin, "Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation", *Photochemistry and Photobiology*, **94** (2018) 199 - 212.
- [28] T. I. Karu, "Mitochondrial Signaling in Mammalian Cells Activated by Red and Near-IR Radiation", *Photochemistry and Photobiology*, **84** (2008) 1091 - 1099.
- [29] S. M. Schieke, P. Schroeder and J. Krutmann, "Cutaneous Effects of Infrared Radiation: From Clinical Observations to Molecular Response Mechanisms", *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, **19** (2003) 228 - 234.
- [30] G. Hargate, "A Randomised Double-Blind Study Comparing the Effect of 1072-nm Light against Placebo for the Treatment of Herpes Labialis", *Clinical and Experimental Dermatology*, **31** (2006) 638 - 641.
- [31] A. Bradford, A. Barlow and P. L. Chazot, "Probing the Differential Effects of Infrared Light Sources IR1072 and IR880 on Human Lymphocytes: Evidence of Selective Cytoprotection by IR1072", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **81** (2005) 9 - 14.
- [32] S. R. Tsai and M. R. Hamblin, "Biological Effects and Medical Applications of Infrared Radiation", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **170** (2017) 197 - 207.
- [33] S. Passarella and T. I. Karu, "Absorption of Monochromatic and Narrow Band Radiation in the Visible and Near IR by Both Mitochondrial and Non-Mitochondrial Photoacceptors Results in Photobiomodulation", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **140** (2014) 344 - 358.
- [34] T. I. Karu, "Primary and Secondary Mechanisms of Action of Visible-to-Near IR Radiation on Cells", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **49** (1999) 1 - 17.
- [35] T. I. Karu, "Molecular Mechanism of the Therapeutic Effect of Low-Intensity Laser Radiation", *Lasers Life Science*, **2** (1988) 53 - 74.

- [36] L. A. Santana-Blank, E. Rodríguez-Santana and K. E. Santana-Rodríguez, "Photo-Infrared Pulsed Bio-Modulation (PIPBm): A Novel Mechanism for the Enhancement of Physiologically Reparative Responses", *Photomedicine and Laser Therapy*, **23** (2005) 416 - 424.
- [37] M. G. Shapiro, *et. al.*, "Infrared Light Excites Cells by Changing Their Electrical Capacitance", *Nature Communications*, **3** (2012) 736.
- [38] J. Yao, B. Liu and F. Qin, "Rapid Temperature Jump by Infrared Diode Laser Irradiation for Patch-Clamp Studies", *Biophysical Journal*, **96** (2009) 3611 - 3619.
- [39] V. Heiskanen, M. Piffner and T. Partonen, "Sunlight and Health: Shifting the Focus from Vitamin D3 to Photobiomodulation by Red and Near-Infrared Light", *Ageing Research Reviews*, **61** (2020) 101089.
- [40] M. F. Holick, "Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health", *Anticancer Research*, **36** (2016) 1345 - 1356.
- [41] N. Lane, "Cell Biology: Power Games", *Nature*, **443** (2006) 901 - 903.
- [42] M. T. T. Wong-Riley, *et. al.*, "Photobiomodulation Directly Benefits Primary Neurons Functionally Inactivated by Toxins: Role of Cytochrome C Oxidase", *Journal of Biological Chemistry*, **280** (2005) 4761 - 4771.
- [43] A. W. Ravna and I. Sylte, "Homology Modeling of Transporter Proteins (Carriers and Ion Channels)", *Homology Modeling: Methods and Protocols*, (2012) 281 - 299.
- [44] K. Tatsumura, "Effects of Far-Infrared & Terahertz Onnestu Therapy on Various Cancers, Rheumatoid Arthritis and Other Disease", *Journal of RNA and Genomics*, **14** (2018) 43.
- [45] K. Yamashita, "The Effects of the Far-Infrared Ray (FIR) Energy Radiation on Living Body", *Blood Cell-an Overview of Studies in Hematology*, **21** (2012).
- [46] S. Inoue and M. Kabaya, "Biological Activities Caused by Far-Infrared Radiation", *International Journal of Biometeorology*, **33** (1989) 145 - 150.
- [47] K. Honda and S. Inoue, "Sleep-Enhancing Effects of Far-Infrared Radiation in Rats", *International Journal of Biometeorology*, **32** (1988) 92 - 94.
- [48] T. Kotorii, *et. al.*, "Effects of Far-Infrared Radiation on Sleep and Body Temperature in Healthy Adults", *Kyushu Neuro-Psychiat*, **34** (1988) 63 - 67.
- [49] F. Vatansever and M. R. Hamblin, "Far Infrared Radiation (FIR): Its Biological Effects and Medical Applications", *Photonics & Lasers in Medicine*, **1** (2012) 255 - 266.

- [50] Y. H. Hsu, *et. al.*, "Far-Infrared Therapy Induces the Nuclear Translocation of PLZF Which Inhibits VEGF-Induced Proliferation in Human Umbilical Vein Endothelial Cells", *PLoS One*, **7** (2012) e30674.
- [51] T. K. Leung, *et. al.*, "Effects of Far Infrared Rays on Hydrogen Peroxide-Scavenging Capacity", *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, **23** (2011) 99 - 105.
- [52] S. C. Lee, *et. al.*, "Effect of Far-Infrared Radiation on the Antioxidant Activity of Rice Hull", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51** (2003) 4400 - 4403.
- [53] S. C. Lee, *et. al.*, "Effect of Far-Infrared Radiation and Heat Treatment on the Antioxidant Activity of Water Extracts from Peanut Hulls", *Food Chemistry*, **94** (2006) 489 - 493.
- [54] H. Fujimori, *et. al.*, "Protecting Effect of Phytoncide Solution, on Normal Human Dermal Fibroblasts against Reactive Oxygen Species", *Journal of Oleo Science*, **58** (2009) 429 - 436.
- [55] H. R. Wong, *et. al.*, "Increased Expression of Heat Shock Protein-70 Protects A549 Cells against Hyperoxia", *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, **275** (1998) L836 - L841.
- [56] K. Bellmann, *et. al.*, "Heat Shock Protein HSP70 Overexpression Confers Resistance against Nitric Oxide", *FEBS Letters*, **391** (1996) 185 - 188.
- [57] M. Miyata and C. Tei, "Waon Therapy for Cardiovascular Disease: - Innovative Therapy for the 21st Century", *Circulation Journal*, **74** (2010) 617 - 621.
- [58] C. Tei, *et. al.*, "Successful Thermal Therapy for End-Stage Peripheral Artery Disease", *Journal of Cardiology*, **47** (2006) 163 - 164.
- [59] G. Y. Cho and J. W. Ha, "Waon Therapy, Can It Be New Therapeutic Modality in Heart Failure Patients?", *Journal of Cardiovascular Ultrasound*, **18** (2010) 43 - 44.
- [60] I. S. Sohn, *et. al.*, "Preliminary Clinical Experience with Waon Therapy in Korea: Safety and Effect", *Journal of Cardiovascular Ultrasound*, **18** (2010) 37 - 42.
- [61] T. Kihara, *et. al.*, "Waon Therapy Improves the Prognosis of Patients with Chronic Heart Failure", *Journal of Cardiology*, **53** (2009) 214 - 218.
- [62] M. Miyata, *et. al.*, "Beneficial Effects of Waon Therapy on Patients with Chronic Heart Failure: Results of a Prospective Multicenter Study", *Journal of Cardiology*, **52** (2008) 79 - 85.

- [63] Y. Argane and H. Higashino, "The "Enseki" Sandbath: A Novel, Safe and Effective Far-Infrared Bathing Procedure for Health", *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, **35** (2019) 31 - 39.
- [64] A. Mero, *et. al.*, "Effects of Far-Infrared Sauna Bathing on Recovery from Strength and Endurance Training Sessions in Men", *Springerplus*, **4** (2015) 321.
- [65] Y. Soejima, *et. al.*, "Effects of Waon Therapy on Chronic Fatigue Syndrome: A Pilot Study", *Internal Medicine*, **54** (2015) 333 - 338.
- [66] Y. Akasaki, *et. al.*, "Repeated Thermal Therapy Up-Regulates Endothelial Nitric Oxide Synthase and Augments Angiogenesis in a Mouse Model of Hindlimb Ischemia", *Circulation Journal*, **70** (2006) 463 - 470.
- [67] J. P. Luongo, "Far-Infrared Spectra of Piezoelectric Polyvinylidene Fluoride", *Journal of Polymer Science: Part A-2*, **10** (1972) 1119 - 1123.
- [68] L. A. L. Conrado and E. Munin, "Reduction in Body Measurements after Use of a Garment Made with Synthetic Fibers Embedded with Ceramic Nanoparticles", *Journal of Cosmetic Dermatology*, **10** (2011) 30 - 35.
- [69] J. Rao, M. H. Gold and M. P. Goldman, "A Two-Center, Double-Blinded, Randomized Trial Testing the Tolerability and Efficacy of a Novel Therapeutic Agent for Cellulite Reduction", *Journal of Cosmetic Dermatology*, **4** (2005) 93 - 102.
- [70] L. L. Hench, "Bioceramics: From Concept to Clinic", *Journal of the American Ceramic Society*, **74** (1991) 1487 - 1510.
- [71] R. B. Heimann, "Materials Science of Crystalline Bioceramics: A Review of Basic Properties and Applications", *CMU Journal*, **1** (2002) 23 - 46.
- [72] C. F. J. Kuo, *et. al.*, "Nano Copposite Fiber Process Optimization for Polypropylene with Antibacterial and Far-Infrared Ray Emission Properties", *Textile Research Journal*, **16** (2016) 1677 - 1687.
- [73] C. H. Park, M. H. Shim and H. S. Shim, "Far IR Emission and Thermal Properties of Ceramics Coated Fabrics by IR Thermography", *Key Engineering Materials*, **321** (2006) 849 - 852.
- [74] H. A. Kim and S. J. Kim, "Far-Infrared Emission Characteristics and Wear Comfort Property of ZrC-Imbedded Heat Storage Knitted Fabrics for Emotional Garments", *AUTEX Research Journal*, **17** (2017) 142 - 151.
- [75] H. A. Kim and S. J. Kim, "Far-Infrared Emission Characteristics of Germanium Included Fabrics for Emotional Garment", *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, **13** (2010) 687 - 692.

- [76] H. A. Kim and S. J. Kim, "Wear Comfort Properties of ZrC/Al₂O₃/Graphite-Embedded, Heat Storage Woven Fabrics for Garments", *Textile Research Journal*, **89** (2019) 1394 - 1407.
- [77] Y. Tao, *et. al.*, "The Influence of Fiber Cross-Section on Fabric Far-Infrared Properties", *Polymers*, **10** (2018) 1147.
- [78] J. H. Lin, *et. al.*, "Processing Techniques and Properties of Metal/Polyester Composite Plain Material: Electromagnetic Shielding Effectiveness and Far-Infrared Emissivity", *Journal of Industrial Textiles*, **49** (2019) 365 - 382.
- [79] F. Wang, *et. al.*, "Preparation and Far Infrared Emission Properties of Natural Sepiolite Nanofibers", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **10** (2010) 2017 - 2022.
- [80] J. Liang, *et. al.*, "Performance and Application of Far Infrared Rays Emitted from Rare Earth Mineral Composite Materials", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **8** (2008) 1203 - 1210.
- [81] J. Meng, *et. al.*, "Effects of Particle Size on Far Infrared Emission Properties of Tourmaline Superfine Powders", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **10** (2010) 2083 - 2087.
- [82] T. K. Leung, *et. al.*, "Direct and Indirect Effects of Ceramic Far Infrared Radiation on the Hydrogen Peroxide-Scavenging Capacity and on Murine Macrophages under Oxidative Stress", *Journal of Medical and Biological Engineering*, **31** (2011) 345 - 351.
- [83] F. Antunes and E. Cadens, "Estimation of H₂O₂ Gradients across Biomembranes", *FEBS Letters*, **475** (2000) 121 - 126.
- [84] E. E. Golub and K. Boesze-Battaglia, "The Role of Alkaline Phosphatase in Mineralization", *Current Opinion in Orthopaedics*, **18** (2007) 444 - 448.
- [85] Y. Y. Huang, *et. al.*, "Biphasic Dose Response in Low Level Light Therapy", *Dose-Response*, **7** (2009) 358 - 383.
- [86] Y. Y. Huang, *et. al.*, "Biphasic Dose Response in Low Level Light Therapy – An Update", *Dose-Response*, **9** (2011) 602 - 618.
- [87] M. S. Lee, *et. al.*, "Far-Infrared Absorption of Water Clusters by First-Principles Molecular Dynamics", *The Journal of Chemical Physics*, **128** (2008) 214506.
- [88] A. P. Sommer, *et. al.*, "Pulsed Laser Light Forces Cancer Cells to Absorb Anticancer Drugs – The Role of Water in Nanomedicine", *Artificial Cells, Blood Substitutes, and Biotechnology*, **39** (2011) 169 - 173.

- [89] A. P. Sommer, A. Caron and H. J. Fecht, "Tuning Nanoscopic Water Layers on Hydrophobic and Hydrophilic Surfaces with Laser Light", *Langmuir*, **24** (2008) 635 - 636.
- [90] G. M. Hale and M. R. Querry, "Optical Constants of Water in the 200-nm to 200- μ m Wavelength Region", *Applied Optics*, **12** (1973) 555 - 563.
- [91] R. F. Irvine and M. J. Schell, "Back in the Water: The Return of the Inositol Phosphatase", *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, **2** (2001) 327 - 338.
- [92] S. Ogita, *et. al.*, "Effects of Far-Infrared Radiation on Lactation", *The Annals of Physiological Anthropology*, **9** (1990) 83 - 91.
- [93] R. Beever, "The Effects of Repeated Thermal Therapy on Quality of Life in Patients with Type II Diabetes Mellitus", *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, **16** (2010) 677 - 681.
- [94] P. H. Huang, *et. al.*, "Far Infra-Red Therapy Promotes Ischemia-Induced Angiogenesis in Diabetic Mice and Restores High Glucose-Suppressed Endothelial Progenitor Cell Functions", *Cardiovascular Diabetology*, **11** (2012) 99.
- [95] K. H. Hu and W. T. Li, "Clinical Effects of Far-Infrared Therapy in Patients with Allergic Rhinitis", *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (2007) 1479 - 1482.
- [96] R. F. H. Nunes, *et. al.*, "Effects of Far-Infrared Emitting Ceramic Materials on Recovery during 2-Week Preseason of Elite Futsal Players", *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **34** (2020) 235 - 248.
- [97] C. Hausswirth, *et. al.*, "Effects of Whole-Body Cryotherapy vs. Far-Infrared vs. Passive Modalities on Recovery from Exercise Induced Muscle Damage in Highly-Trained Runners", *PLoS One*, **6** (2011) e27749.
- [98] I. Loturco, *et. al.*, "Effects of Far Infrared Rays Emitting Clothing on Recovery after an Intense Plyometric Exercises Bout Applied to Elite Soccer Players: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial", *Biology of Sport*, **33** (2016) 277 - 283.
- [99] B. Bontemps, *et. al.*, "Utilisation of Far Infrared-Emitting Garments for Optimising Performance and Recovery in Sport: Real Potential or New Fad? A Systematic Review", *PLoS One*, **16** (2021) e0251282.
- [100] J. Foley, *et. al.*, "830 nm Light-Emitting Diode (LED) Phototherapy Significantly Reduced Return-to-Play in Injured University Athletes: A Pilot Study", *Laser Therapy*, **25** (2016) 35 - 42.

- [101] L. Cristiano, "Use of Infrared as a Complementary Treatment Approach in Medicine and Aesthetic Medicine", *Asploro Journal of Biomedical and Clinical Case Reports*, **2** (2019) 77 - 81.
- [102] L. Cristiano, "Use of Infrared-Based Devices in Aesthetic Medicine and for Beauty and Wellness Treatments", *Infrared Physics & Technology*, **102** (2019) 102991.
- [103] X. Shen, *et. al.*, "Study on Natural Minerals Applying in Developing New Health Textiles", *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, **3** (2015) 248 - 254.
- [104] C. C. Lin, *et. al.*, "Far-Infrared Therapy: A Novel Treatment to Improve Access Blood Flow and Unassisted Patency of Arteriovenous Fistula in Hemodialysis Patients", *Journal of the American Society of Nephrology*, **18** (2007) 985 - 992.
- [105] K. Li, *et. al.*, "Efficacy and Safety of Far Infrared Radiation in Lymphedema Treatment: Clinical Evaluation and Laboratory Analysis", *Lasers in Medical Science*, **32** (2017) 485 - 494.
- [106] S. Matsumoto, *et. al.*, "Effects of Thermal Therapy Combining Sauna Therapy and Underwater Exercise in Patients with Fibromyalgia", *Complementatry Therapies in Clinical Practice*, **17** (2011) 162 - 166.
- [107] K. Matsushita, A. Masuda and C. Tei, "Efficacy of Waon Therapy for Fibromyalgia", *Internal Medicine*, **47** (2008) 1473 - 1476.
- [108] T. Brockow, *et. al.*, "A Randomized Controlled Trial on the Effectiveness of Mild Water-Filtered Near Infrared Whole-Body Hyperthermia as an Adjunct to a Standard Multimodal Rehabilitation in the Treatment of Fibromyalgia", *The Clinical Journal of Pain*, **23** (2007) 67 - 75.
- [109] D. C. Salm, *et. al.*, "Aquatic Exercise and Far Infrared (FIR) Modulates Pain and Blood Cytokines in Fibromyalgia Patients: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Pilot Study", *Journal of Neuroimmunology*, **337** (2019) 577077.
- [110] M. Aparecida Santos e Campos, F. G. Pinillos and P. Á. Lattore Román, "Reduction in Pain after Use of Bioceramic Undershirt for Patients with Fibromyalgia", *Alternative Therapies in Health & Medicine*, **23** (2017).
- [111] B. Y. Liao, *et. al.*, "Inhibitory Effects of Far-Infrared Ray-Emitting Belts on Primary Dysmenorrhea", *International Journal of Photoenergy*, **2012** (2012) 238468.
- [112] C. H. Lee, *et. al.*, "A Multicenter, Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial Evaluating the Efficacy and Safety of a Far Infrared-Emitting

Sericite Belt in Patients with Primary Dysmenorrhea”, *Complementary Therapies in Medicine*, **19** (2011) 187 - 193.

[113] J. Xu, *et. al.*, “Efficacy of wIRA in the Treatment of Sacroiliitis in Male Patients with Ankylosing Spondylitis and Its Effect on Serum VEGF Levels”, *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **14** (2019) 313.

[114] R. M. B. York and I. L. Gordon, “Effect of Optically Modified Polyethylene Terephthalate Fiber Socks on Chronic Foot Pain”, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **9** (2009) 10.

[115] T. K. Leung, *et. al.*, “A Pilot Study of Ceramic Powder Far-Infrared Ray Irradiation (cFIR) on Physiology: Observation of Cell Cultures and Amphibian Skeletal Muscle”, *Chinese Journal of Physiology*, **54** (2011) 247 - 254.

[116] F. G. J. Oosterveld, *et. al.*, “Infrared Sauna in Patients with Rheumatoid Arthritis and Ankylosing Spondylitis: A Pilot Study Showing Good Tolerance, Short-Term Improvement of Pain and Stiffness, and a Trend towards Long-Term Beneficial Effects”, *Clinical Rheumatology*, **28** (2009) 29 - 34.

[117] A. Dolgorsuren, *et. al.*, “The Ceramics Radiating Far Infrared Ray Energy (Rhyolite) Promote the Formation of Bone”, *Journal of Hard Tissue Biology*, **23** (2014) 423 - 434.

[118] P. Ducy, *et. al.*, “Osf2/Cbfa1: A Transcriptional Activator of Osteoblast Differentiation”, *Cell*, **89** (1997) 747 - 754.

[119] B. A. Byers and A. J. García, “Exogenous Runx2 Expression Enhances *in vitro* Osteoblastic Differentiation and Mineralization in Primary Bone Marrow Stromal Cells”, *Tissue Engineering*, **10** (2004) 1623 - 1632.

[120] F. Zhu, *et. al.*, “The Transcription Factor Osterix (SP7) Regulates BMP6-Induced Human Osteoblast Differentiation”, *Journal of Cellular Physiology*, **227** (2012) 2677 - 2685.

[121] M. T. Tsai, *et. al.*, “Runx2 and Osterix Gene Expression in Human Bone Marrow Stromal Cells Are Mediated by Far-Infrared Radiation”, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, **3** (2011) 1 - 5.

[122] G. D. Gale, P. J. Rothbrat and Y. Li, “Infrared Therapy for Chronic Low Back Pain: A Randomized, Controlled Trial”, *Pain Research and Management*, **11** (2006) 193 - 196.

[123] A. Masuda, *et. al.*, “The Effects of Repeated Thermal Therapy for Patients with Chronic Pain”, *Psychotherapy and Psychosomatics*, **74** (2005) 288 - 294.

[124] A. Masuda, *et. al.*, “The Effects of Repeated Thermal Therapy for Two Patients with Chronic Fatigue Syndrome”, *Journal of Psychosomatic Research*, **58** (2005) 383 - 387.

- [125] C. Tsagkaris, *et. al.*, “Infrared Radiation in the Management of Musculoskeletal Conditions and Chronic Pain: A Systematic Review”, *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, **12** (2022) 334 - 343.
- [126] D. H. Lee, *et. al.*, “Far-Infrared Radiation Stimulates Platelet-Derived Growth Factor Mediated Skeletal Muscle Cell Migration through Extracellular Matrix-Integrin Signaling”, *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology*, **23** (2019) 141 - 150.
- [127] R. L. Hsieh, *et. al.*, “Therapeutic Effects of Short-Term Monochromatic Infrared Energy Therapy on Patients with Knee Osteoarthritis: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Study”, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **42** (2012) 947 - 956.
- [128] G. L. Bagnato, *et. al.*, “Far Infrared Emitting Plaster in Knee Osteoarthritis: A Single Blinded, Randomised Clinical Trial”, *Reumatismo*, **64** (2012) 388 - 394.
- [129] Y. T. Lai, *et. al.*, “Far-Infrared Ray Patches Relieve Pain and Improve Skin Sensitivity in Myofascial Pain Syndrome: A Double-Blind Randomized Controlled Study”, *Complementary Therapies in Medicine*, **35** (2017) 127 - 132.
- [130] T. A. R. A. Ammar, “Monochromatic Infrared Photo Energy versus Low Level Laser Therapy in Chronic Low Back Pain”, *Journal of Lasers in Medical Sciences*, **6** (2015) 157 - 161.
- [131] L. Lin, *et. al.*, “Comparison of the Effects of 10.6-μm Infrared Laser and Traditional Moxibustion in the Treatment of Knee Osteoarthritis”, *Lasers in Medical Science*, **35** (2020) 823 - 832.
- [132] L. de Souza Guimarães, *et. al.*, “Photobiomodulation Therapy Is Not Better Than Placebo in Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Randomised Placebo-Controlled Trial”, *Pain*, **162** (2021) 1612 - 1620.
- [133] L. Plaghki, *et. al.*, “The Fine Tuning of Pain Thresholds: A Sophisticated Double Alarm System”, *PLoS One*, **5** (2010) e10269.
- [134] V. A. Wickenheisser, *et. al.*, “Laser Light Therapy in Inflammation, Musculoskeletal, and Autoimmune Disease”, *Current Allergy and Asthma Reports*, **19** (2019) 37.
- [135] V. Majithia and S. A. Geraci, “Rheumatoid Arthritis: Diagnosis and Management”, *The American Journal of Medicine*, **120** (2007) 936 - 939.
- [136] A. C. A. Alves, *et. al.*, “Low-Level Laser Therapy in Different Stages of Rheumatoid Arthritis: A Histological Study”, *Lasers in Medical Science*, **28** (2013) 529 - 536.

- [137] L. Zhang, *et. al.*, “Low-Level Laser Irradiation Treatment Reduces CCL2 Expression in Rat Rheumatoid Synovia via a Chemokine Signaling Pathway”, *Lasers in Medical Science*, **26** (2011) 707 - 717.
- [138] X. Y. Wang, *et. al.*, “Effect of Low-Level Laser Therapy on Allergic Asthma in Rats”, *Lasers in Medical Science*, **29** (2014) 1043 - 1050.
- [139] N. H. C. Souza, *et. al.*, “Low-Level Laser Therapy Suppresses the Oxidative Stress-Induced Glucocorticoids Resistance in U937 Cells: Relavance to Cytokine Secretion and Histone Deacetylase in Alveolar Macrophages”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **130** (2014) 327 - 336.
- [140] J. P. M. Issa, *et. al.*, “Low-Intensity Laser Therapy Efficacy Evaluation in FVB Mice Subjected to Acute and Chronic Arthritis”, *Lasers in Medical Science*, **32** (2017) 1269 - 1277.
- [141] V. R. Silva, *et. al.*, “Low-Level Laser Therapy Inhibits Bronchoconstriction, Th2 inflammation and Airway Remodeling in Allergic Asthma”, *Respiratory Physiology & Neurobiology*, **194** (2014) 37 - 48.
- [142] Y. Chang, Y. P. Liu and C. F. Liu, “The Effect on Serotonin and MDA Levels in Depressed Patients with Insomnia When Far-Infrared Rays Are Applied to Acupoints”, *The American Journal of Chinese Medicine*, **37** (2009) 837 - 842.
- [143] L. L. Chao, “Improvements in Gulf War Illness Symptoms after Near-Infrared Transcranial and Intranasal Photobiomodulation: Two Case Reports”, *Military Medicine*, **184** (2019) e568 - e574.
- [144] F. Schiffer, *et. al.*, “Psychological Benefits 2 and 4 Weeks after a Single Treatment with Near Infrared Light to the Forehead: A Pilot Study of 10 Patients with Major Depression and Anxiety”, *Behavioral and Brain Functions*, **5** (2009) 46.
- [145] M. A. Perez-Pinzon, R. A. Stetler and G. Fiskum, “Novel Mitochondrial Targets for Neuroprotection”, *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, **32** (2012) 1362 - 1376.
- [146] D. M. Johnstone, *et. al.*, “Turning on Lights to Stop Neurodegeneration: The Potential of Near Infrared Light Therapy in Alzheimer’s and Parkinson’s Disease”, *Frontiers in Neuroscience*, **9** (2016) 170021.
- [147] I. Golovynska, *et. al.*, “Red and Near-Infrared Light Evokes Ca²⁺ Influx, Endoplasmic Reticulum Release and Membrane Depolarization in Neurons and Cancer Cells”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **214** (2021) 112088.

- [148] J. C. Rojas and F. Gonzalez-Lima, "Low-Level Light Therapy of the Eye and Brain", *Eye and Brain*, **3** (2011) 49 - 67.
- [149] J. C. Rojas and F. Gonzalez-Lima, "Neurological and Psychological Applications of Transcranial Lasers and LEDs", *Biochemical Pharmacology*, **86** (2013) 447 - 457.
- [150] H. Toyokawa, *et. al.*, "Promotive Effects of Far-Infrared Ray on Full-Thickness Skin Wound Healing in Rats", *Experimental Biology and Medicine*, **228** (2003) 724 - 729.
- [151] S. Y. Yu, *et. al.*, "Biological Effect of Far-Infrared Therapy on Increasing Skin Microcirculation in Rats", *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, **22** (2006) 78 - 86.
- [152] B. H. Yoo, *et. al.*, "Investigation of Jewelry Powders Radiating Far-Infrared Rays and the Biological Effects on Human Skin", *Journal of Cosmetic Science*, **53** (2002) 175 - 184.
- [153] C. S. Yang, *et. al.*, "Impact of Far-Infrared Ray Exposure on the Mechanical Properties of Unwounded Skin of Rats", *Experimental Biology and Medicine*, **235** (2010) 952 - 956.
- [154] J. H. Lee, M. R. Roh and K. H. Lee, "Effects of Infrared Radiation on Skin Photo-Aging and Pigmentation", *Yonsei Medical Journal*, **47** (2006) 485 - 490.
- [155] D. Hawkins and H. Abrahamse, "Influence of Broad-Spectrum and Infrared Light in Combination with Laser Irradiation on the Proliferation of Wounded Skin Fibroblasts", *Photomedicine and Laser Surgery*, **25** (2007) 159 - 169.
- [156] X. Pang, *et. al.*, "The Investigation of Property of Radiation and Absorbed of Infrared Lights of the Biological Tissues", *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, **31** (2010) 521 - 532.
- [157] Y. H. Hsu, *et. al.*, "Far Infrared Promotes Wound Healing through Activation of Notch1 Signaling", *Journal of Molecular Medicine*, **95** (2017) 1203 - 1213.
- [158] D. Barolet, F. Christiaens and M. R. Hamblin, "Infrared and Skin: Friend or Foe", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **155** (2016) 78 - 85.
- [159] A. N. Bashkatov, *et. al.*, "Optical Properties of Human Skin, Subcutaneous and Mucous Tissue in the Wavelength Range from 400 to 2000 nm", *Journal of Physics D: Applied Physics*, **38** (2005) 2543 - 2555.

- [160] C. Calles, *et. al.*, “Infrared A Radiation Influences the Skin Fibroblast Transcriptome: Mechanisms and Consequences”, *Journal of Investigative Dermatology*, **130** (2010) 1524 - 1536.
- [161] T. Shinsato, *et. al.*, “Waon Therapy Mobilizes CD34+ Cells and Improves Peripheral Arterial Disease”, *Journal of Cardiology*, **56** (2010) 361 - 366.
- [162] C. Tei, *et. al.*, “Waon Therapy Improves Peripheral Arterial Disease”, *Journal of the American College of Cardiology*, **50** (2007) 2169 - 2171.
- [163] S. Fujita, *et. al.*, “Effect of Waon Therapy on Oxidative Stress in Chronic Heart Failure”, *Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society*, **75** (2011) 348 - 356.
- [164] R. Zhang, *et. al.*, “Near Infrared Light Protects Cardiomyocytes from Hypoxia and Reoxygenation Injury by a Nitric Oxide Dependent Mechanism”, *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, **46** (2009) 4 - 14.
- [165] S. Inoue, *et. al.*, “Leg Heating Using Far Infra-Red Radiation in Patients with Chronic Heart Failure Acutely Improves the Hemodynamics, Vascular Endothelial Function, and Oxidative Stress”, *Internal Medicine*, **51** (2012) 2263 - 2270.
- [166] S. Shui, *et. al.*, “Far-Infrared Therapy for Cardiovascular, Autoimmune, and Other Chronic Health Problems: A Systematic Review”, *Experimental Biology and Medicine*, **240** (2015) 1257 - 1265.
- [167] Y. Udagawa, K. Inada and H. Nagasawa, “Inhibition by Single Whole-Body Hyperthermia with Glucose Administration of the Growth of Spontaneous Mammary Tumors in Mice”, *Thermal Medicine (Japanese Journal of Hyperthermic Oncology)*, **16** (2000) 229 - 236.
- [168] J. Nylandsted, K. Brand and M. Jäättelä, “Heat Shock Protein 70 Is Required for the Survival of Cancer Cells”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, **926** (2000) 122 - 125.
- [169] I. Kaplan, D. S. Kapp and M. A. Bagshaw, “Secondary External-Beam Radiotherapy and Hyperthermia for Local Recurrence after 125-Iodine Implantation in Adenocarcinoma of the Prostate”, *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, **20** (1991) 551 - 554.
- [170] I. Kaver, J. L. Ware and W. W. Koontz Jr., “The Effect of Hyperthermia on Human Prostatic Carcinoma Cell Lines: Evaluation *in vitro*”, *The Journal of Urology*, **141** (1989) 1025 - 1027.
- [171] J. A. Paulus, *et. al.*, “Heat Shock Protein Responses in a Prostate Tumor Model to Interstitial Thermotherapy: Implications for Clinical Treatment”, *The Prostate*, **23** (1993) 263 - 270.

- [172] J. Roigas, *et. al.*, “Effects of Combined Treatment of Chemotherapeutics and Hyperthermia on Survival and the Regulation of Heat Shock Proteins in Dunning R3327 Prostate Carcinoma Cells”, *The Prostate*, **34** (1998) 195 - 202.
- [173] C. Sarvadio and Z. Leib, “Local Hyperthermia for Prostate Cancer”, *Urology*, **38** (1991) 307 - 309.
- [174] J. Ishibashi, *et. al.*, “The Effects Inhibiting the Proliferation of Cancer Cells by Far-Infrared Radiation (FIR) Are Controlled by the Basal Expression Level of Heat Shock Protein (HSP) 70A”, *Medical Oncology*, **25** (2008) 229 - 237.
- [175] T. K. Leung, *et. al.*, “Inhibitory Effects of Far-Infrared Irradiation Generated by Ceramic Material on Murine Melanoma Cell Growth”, *International Journal of Photoenergy*, **2012** (2012) 646845.
- [176] S. R. Tsai, *et. al.*, “Low-Level Light Therapy Potentiates NPe6-Mediated Photodynamic Therapy in a Human Osteosarcoma Cell Line via Increased ATP”, *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, **12** (2015) 123 - 130.
- [177] G. P. Szigeti, G. Hegyi and O. Szasz, “Hyperthermia versus Oncothermia: Cellular Effects in Cancer Therapy”, *Conference Papers in Science*, **2013** (2013) 274687.