

Wirkung von rotem Licht auf das Auge

Dienstag, 08. November 2022

Photobiomodulation – Wie wirkt langwelliges Licht auf das Gewebe 2

Anja Füchtenbusch, MSc. PBM, PB; Photobiologin, Leiterin College for Scientific Laser Phototherapy e.V., Starnberg

Trockenes Auge – Hilft die Anwendung von nahem Infrarot? 6

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Marx, PhD, M.Sc. Optometrie, Jenvis Research, Jena

Therapie bei AMD – Wie sinnvoll ist Photobiomodulation? 8

Prof. Dr. Michael Koss, MHBA, Augenchirurg, Augenzentrum Nymphenburger Höfe, Augenklinik Herzog Carl Theodor, München

Photobiomodulation – Wie wirkt langwelliges Licht auf das Gewebe

Anja Füchtenbusch, MSc. PBM, PB; Photobiologin, Leiterin College for Scientific Laser Phototherapy e.V., Starnberg

Begriff

Unter Photobiomodulation versteht man die gezielte Beeinflussung lebendiger Organismen mit Hilfe von Licht. Da das Leben permanent von Licht beeinflusst wird – und es ohne Leben kein Leben gäbe – sind hier Einflüsse gemeint, die nur unter klar definierten Bedingungen auftreten und nicht vom natürlichen Strahlungsspektrum der Sonne ausgehen.

Photobiomodulation wird als **PBM** abgekürzt (Akronym). Der präzise Begriff lautet **PBMt**, also die photobiomodulatorische Therapie.

Der Begriff Photobiomodulation wurde 2018 auf dem Kongress der World Association for Photobiomodulation (WALT) als verbindliche Bezeichnung eingeführt. Davor wurde dieser therapeutische Ansatz als Lasertherapie, Low-Level- Lasertherapie, Photobio-stimulationstherapie oder Cold Laser Therapy bezeichnet.

Voraussetzungen

Welche besonderen Bedingungen sind gemeint, wenn es um Effekte der Photobiomodulation geht?

1. Langwelliges Licht – Gewebedurchdringung

Das Licht soll Effekte in Regionen des Körpers entfalten, die nicht vom natürlichen Sonnenlicht erreicht werden. Langwelliges Licht des roten und infraro-

ten Strahlungsspektrum werden am wenigsten von Intermediärschichten wie der Epidermis absorbiert und reichen am tiefsten in das Gewebe.

Als Penetrationstiefe wird in der Physik der Punkt definiert, in dem die Lichtintensität auf einen Wert von 36% des Ursprungswertes gefallen ist.

2. Licht-Potenzierung – ausreichende Strahlungsdichte

Die Effekte, die bei der PBMt interessieren, können nur auftreten, wenn das Licht gebündelt, d.h. potenziert wird. Die PBMt wird mit Hilfe von kohärentem Licht durchgeführt. Die klassische Quelle für kohärentes Licht ist der Laser. Laser ist ein Akronym und steht für **L**ight **A**mplification via **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

Die Penetrationstiefe des Lichts durch Gewebe hängt bei therapeutischen Verfahren, bei denen kohärentes Licht nicht für Zwecke der Erwärmung oder gezielten Zerstörung (Photothermolyse, Thermokoagulation, Dehydrierung, Karbonisierung, Vaporisierung) eingesetzt wird, zum einen von der Wellenlänge und zum anderen von der Strahlungsdichte ab. Gebündeltes, kaltes Licht aus dem roten bzw. infraroten Spektrum eignet sich am besten.

Wirkmechanismen

Viele Wirkmechanismen der PBMt sind heute detailliert beschrieben. Man unterscheidet zwischen primären und sekundären Effekten der PBMt.

Unter primären Effekten versteht man die frühen Einflüsse von Licht auf Mechanismen des Stoffwechsels im intrazellulären und subzellulären Bereich. Die Effekte, die über die Stoffwechsellkaskade im metabolischen Downstream für das Gewebe generiert werden, bezeichnet man als sekundäre Effekte.

1. Primäre Mechanismen der PBMt

Die primären Effekte kohärenten, langwelligigen und niederenergetischen Lichts finden auf der zellulären und subzellulären Ebene statt. Sie sind zum Teil erforscht und werden zum Teil vermutet als sog. „wahrscheinliche Effekte“. Sie sind in der Fachliteratur ausführlich beschrieben.

An der Schnittstelle zwischen Licht und Materie bedarf es einen außergewöhnlich hohen technischen Aufwand, um Wirkeffekte zu tracken. Viele Vorgänge auf dieser Ebene sind auch heute noch eine „Black Box“. Dies sind Beispiele für die primären Effekte bzw. Molekularen Mechanismen der PBM:

- **Cytochrom-c-Oxidase**
Dieses Molekül funktioniert als Photoakzeptor und transformiert Licht des roten und infraroten Spektrums. Dadurch steigt die Aktivität dieses Komplexes und die ATP-Synthese wird gesteigert. Hierbei handelt es sich um den bekanntesten und einen der wichtigsten primären Ef-

ekte der PBM.

- **Direkte Effekte auf Moleküle**
In zellfreien Systemen konnte gezeigt werden, dass die PBM direkt verschiedene wichtige Moleküle – wie z.B. TGF- β oder die Cu-Zn-SO-Dismutase beeinflusst.
- **Transkriptionsfaktoren**
PBM aktiviert u. a. den Kernfaktor NF-kappa beta, welcher die Genexpressionen reguliert, die mit Zellfunktionen zusammenhängen, welche mit Entzündungs-, Stress- und Überlebensfunktionen assoziiert sind.
- **Ionenkanäle**
Die Ionenkanäle der Zellmembranen sind lichtsensitiv und können durch Licht aktiviert werden.
- **ROS (Reaktive oxygen species)**
PBM kann das mitochondriale Membranpotential erhöhen, wenn dieses durch oxidativen Stress, Exitotoxizität oder eine Hemmung des Elektronentransports erniedrigt ist. Die Konzentration der ROS-Level wird reduziert.
- **Zelluläre Signaltransduktion**
Die Signaltransduktion in der Zelle reguliert wichtige metabolische Prozesse wie z. B. Die Immunantwort, die Wahrnehmung innerer und äußerer Reize, die Muskelkontraktion, die Zellproliferation und -migration sowie die Genexpression. PBM beeinflusst diesen Wirk-

pfad direkt.

2. Sekundäre Mechanismen der PBMt

Die wichtigsten sekundären Effekte sind:

- Schmerzlinderung
- Förderung der Zirkulation
- Entzündungshemmung
- Förderung des Abbaus von Ödemen
- Förderung vielfältiger Regenerationsprozesse

Die Photobiomodulation wird heute gerne als sog. „Photoceutical“ – in Anlehnung an die Pharmazeutika – vermittelt, um das Verständnis ihrer Wirkprinzipien an Bekanntes anknüpfen zu können. So wie auch jedes Medikament muss Licht angemessen dosiert werden, um optimale Effekte erzielen zu können.

Dosierung von Licht

Die Wirkung von photobiomodulatorisch wirksamem Licht auf Gewebe ist dosisabhängig. Es gibt eine zwei- oder dreiphasige sog. Dosis-Antwort-Relation (Dose-Response-Correlation) in Bezug auf die hier gemeinten Lichtreize.

Als Hormesis bezeichnet man das Phänomen, dass geringe Reizdosen förderliche Effekte haben, während mittlere Dosen bereits deutlich weniger Effekt zeigen und hohe Dosen Averse bis hin zu zerstörerischen Effekten zeigen. Auch wenn die Lasertherapie mit äußerst geringen Lichtdichten arbeitet und eine Erwärmung des Gewebes ausgeschlossen ist, kann es bei zu hohen Dosierungen zu adversen

Effekten im Sinne einer Annullierung positiver Effekte kommen.

So werden beispielsweise offene Wunden mit äußerst geringen Dosen bis zu maximal 2 J/cm^2 behandelt, da höhere Lichtintensitäten (wie z.B. bereits eine Dosis von 10 J/cm^2) keine Effekte mehr zeigen.

Das Thema Dosis ist das mühsamste und verzwickteste Thema bei der Photobiomodulation. Dabei kann im Einzelfall die Optimierung der Dosis über den Erfolg oder Misserfolg einer Behandlung entscheiden.

Leider wird dieser kritische Punkt – besonders bei geräteabhängigen Schulungen für den anwendungsbegrenzten Einsatz der PBM – gerne übergangen und häufig ist gerade dieser ausschlaggebende Parameter nur indirekt eruiert. Das macht es der Wissenschaft der PBM schwerer, Studien miteinander vergleichen und optimale Dosierungen aus diesem Vergleich ableiten zu können.

Da die Photobiomodulation – bzw. die Technik eines Lasers – nicht patentierbar ist, werden Hersteller im Zuge der Gerätezulassung vermehrt dazu gezwungen, Effektnachweise spezifisch für ihr Gerät zu generieren und dabei gleichzeitig gerade eine möglichen Vergleichbarkeit zu erschweren.

Haupteinsatzbereiche der PBM

Die PBM wird heute von fast allen medizinischen Fachbereichen genutzt. Während sie anfänglich – d. h. vor knapp 60 Jahren – vor allem zur Behandlung chronischer Wunden – also bei Wundheilungsstörungen – verwendet wurde, findet man niederenergetische Therapielaser heute bei Zahnärzten, Orthopäden, Dermatologen,

Neurologen, Sportmedizinern, Ärzten der inneren Medizin, Rheumatologen, Cancerologen, Phlebologen, Hals-Nasen-Ohrenärzten und sogar bei Psychiatern. Im paramedizinischen Bereich wird die PBM vor allem von Physiotherapeuten und Hebammen verwendet.

Konkurrenzlos bei der Anwendung der PBM im deutschsprachigen Raum ist heute die Tiermedizin. Allein in Deutschland nutzen viele tausend Tierärzte, Tierheilpraktiker und Tierphysiotherapeuten diesen Ansatz und tatsächlich jeder kennt ihn hier.

Dagegen ist die PBM in Deutschland unter Ärzten im Vergleich zum Rest der Welt noch immer kaum bekannt. Auch hat der deutschsprachige Raum bislang zur Forschung nur wenig beigetragen.

Ein wichtiger Grund für dieses Phänomen ist ein geschichtlicher: Therapielaser wurden in Westeuropa vor allem zu Zwecken der Stimulation von Akupunkturpunkten verwendet und standen damit in der Wahrnehmung der Fachöffentlichkeit über Jahrzehnte in enger Assoziation mit komplementärmedizinischen Verfahren. Aus deren „Schatten“ beginnt sich die Lasertherapie gerade erst zu befreien.

Kontraindikationen der PBM

Die Lasertherapie kennt keine Kontraindikationen – bei sachgerechter Anwendung selbstverständlich. Wie kommt es dann, dass ihre Anwendung am Auge als absolute Kontraindikation gilt?

Der Hintergrund dieses Widerspruchs ist nicht in der Wissenschaft, sondern beim Gesetzgeber zu suchen. Die sog. TROS (die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung) stuft die Strah-

lung von Lasern der Klasse 3B – das sind die klassischen Photobiomodulations-Laser – als gefährlich für das Auge ein. Zu Recht, denn diese Laserklasse umfasst Laser bis hin zu einer maximalen Leistung von 500 mW, bei der bei längerer Strahlenexposition bereits Wärmeentwicklungen auftreten können. Therapielaser, die heute für die Anwendung am Auge getestet werden, werden mit sehr geringen Leistungen betrieben, gehören aber in die gleiche Laserklasse.

Ausbildungen

Das COLLL (College for Photomedicine e. V.) bietet Ausbildungen in der Photobiomodulations-Therapie sowohl für Humantherapeuten als auch für Veterinärtherapeuten an. Sie können sich fachübergreifend ausbilden lassen, um das volle Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten der Lasertherapie kennen zu lernen, oder alternativ ein anwendungsbezogenes Training für Ihr spezielles Indikationsspektrum machen.

Wir bieten unsere Ausbildungen und Kurse als Online-Kurse mit freier Zeiteinteilung an.

Kontakt zur Autorin:
Homepage: COLLL.org
Info über: info@coll.org

Trockenes Auge – Hilft die Anwendung von nahem Infrarot?

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Marx, PhD, M.Sc. Optometrie, Jervis Research, Jena

Einführung

Das trockene Auge ist eine Volkskrankung, die zunehmend auch jüngere Menschen betrifft. Ursache hierfür ist unter anderem die Zunahme an Bildschirmarbeit, welche mit verringerter Lidschlagfrequenz verbunden ist. Weitere Ursachen lassen sich durch den Lebensstil oder auch durch das Maskentragen beschreiben.

Es ist in vielen Quellen berichtet worden, dass die subjektiven Symptome, die im Zusammenhang mit dem trockenen Auge stehen, also das wahrnehmbare Trockenheitsgefühl selbst und die schwankende beziehungsweise auch reduzierte Sehqualität teils enorm die Lebensqualität senken können. Daher sind in den letzten 20 Jahren neue Therapieoptionen zur Behandlung des trockenen Auges entstanden, die die klassischen Therapien ergänzen. Die Anwendung von nahem Infrarot ist einer dieser neuen Therapieformen. Nahes Infrarot ist Teil des elektromagnetischen Strahlungsspektrums und grenzt an den langwelligen Bereich des Lichts an. Während kurzwelligere ultraviolette Strahlung von der Epidermis absorbiert wird, kann Infrarotstrahlung die Epidermis durchdringen und die inneren Gewebestrukturen stimulieren. Dies wird als Wärme empfunden. Die Applikation von Infrarotstrahlung kann durch feuchte Wärme, also mit einem erwärmten, nassen Tuch oder einer Feuchtigkeitsbrille mit Wärmefunktion oder auch trocken auf den Augenbereich ge-

bracht werden. Ziel dieser klassischen Erwärmung der Augenpartie ist die Temperatursteigerung des Meiboms, also des Sekretes der Meibomschen Drüsen, welches sich insbesondere bei der häufigen Form des evaporativen trockenen Auges bezüglich seiner Zusammensetzung geändert hat. Die Veränderung bewirkt, dass die Schmelztemperatur über der Augentemperatur liegt. Dies ist eine sehr einfache Methode, welche von Betroffenen selbstständig zuhause durchgeführt werden kann.

Der neuartige Ansatz der IPL-Methode, was für „Intensed Puls Light“ steht und auch mit LLLT also Low Level Light Therapy kombiniert werden kann, bedingt eine Behandlung in der Praxis eines Fachmanns. Im Jahr 2002 beobachtete Toyos zufällig eine Verbesserung der Anzeichen und Symptome bei Patienten mit Meibomdrüsendysfunktion und trockenem Auge, die eine IPL-Behandlung gegen Rosazea im Gesicht erhielten. IPL-Geräte emittieren eine breitbandige, nicht kohärente und polychromatische Strahlung mit einem Wellenlängenspektrum von 500 bis 1200 nm, mit unterschiedlichen Pulsdauern zur selektiven thermischen Schädigung des zu behandelnden Areals. Eine in der Haut befindliche Struktur absorbiert die in der Körperzelle erzeugte Strahlungswärme. Die LLLT wird zur Hautbehandlung im roten und nahen infraroten Wellenlängenbereich eingesetzt. Während bei vielen Formen der Lasertherapie hohe Mengen an Strahlungsenergie einge-

setzt werden, verwendet die LLLT eine niedrige Strahlungsenergie, welche in Form von integrierten LEDs in einer Gesichtsmaske emittiert wird. Die wichtigsten medizinischen Anwendungen der LLLT sind die Linderung von Schmerzen und Entzündungen, die Förderung der Gewebetemperatur und -regeneration verschiedener Gewebe und Nerven, sowie die Vorbeugung von Gewebeschäden. Mit der Anwendung wird der Stoffwechsel in der Stammzelle erhöht.

Eine in einer optometrischen Praxis durchgeführte Studie untersuchte die Wirkung der kombinierten Therapieform anhand selektierter Kunden mit Trockenheitsgefühl größer 13 anhand des OSDI Fragebogens. Eine viermalige Anwendung der Therapie im Abstand von zwei Wochen zeigte eine deutliche Verbesserung des subjektiven Beschwerdebildes (siehe Abbildung 1). Dies steht im Einklang mit weiteren internationalen Studien in diesem Bereich. Eine Reduzierung objektiver Befunde konnte jedoch nicht nachgewiesen werden, was in anderen publizierten Studien der Fall war. Grund hierfür könnte der Schweregrad der Trockenen Augen sein, der in anderen Studien höher sein konnte. Die IPL-Methode in Kombination mit der LLLT ist in der korrekten Anwendung absolut schmerzfrei und wird von den Betroffenen sehr positiv angenommen.

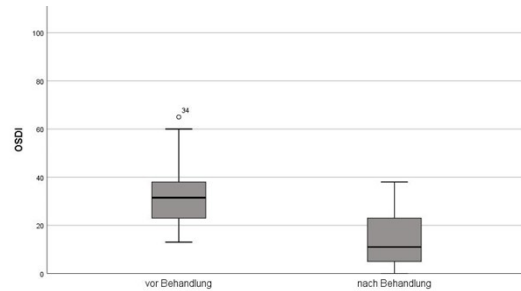


Abb. 1: Hauptprüfparameter OSDI Score

Daher kann das Fazit gezogen werden, dass die Anwendung naher Infrarotstrahlung prinzipiell positive Auswirkungen nach sich zieht. Einfach Applikationsformen, die zuhause durchgeführt werden können, können die Therapie, wie sie ein spezialisierter Fachmann einsetzt, ergänzen.

Danksagung

Herzlichen Dank gilt Claudio Jäger von Bischof Optik Wil in der Schweiz, für die hervorragende Zusammenarbeit.

Therapie bei AMD – Wie sinnvoll ist Photobiomodulation?

Prof. Dr. Michael Koss, MHBA, Augenchirurg, Augenzentrum Nymphenburger Höfe, Augenklinik Herzog Carl Theodor, München

Photobiomodulation wird mittlerweile auch für die Therapie der trockenen AMD eingesetzt. Zu diesem Zweck brachte die Fa. Lumitera ein CE-zertifiziertes Gerät unter dem Namen Valeda auf den Markt. Die Patienten sitzen vor einem Einblickgerät mit Kinn- und Stirnstütze. Nacheinander werden beide Augen mit sichtbarer roter und nahinfraroter Strahlung bestrahlt. Die Behandlung dauert etwa fünf Minuten pro Auge und erfolgt ohne Pupillenerweiterung. Ein Behandlungszyklus beinhaltet neun Sitzungen innerhalb von drei bis vier Wochen. Pro Jahr können zwei bis drei Behandlungszyklen erfolgen. Appliziert wird Strahlung mit den Wellenlängen 590 nm, 660 nm und 850 nm. Diese Wellenlängen wurden aufgrund der damit einhergehenden Einflüsse auf Stoffwechselforgänge in der Netzhaut gewählt. Erwartet wird unter anderem eine Unterbindung der VEGF-Bildung, eine Stimulation der Cytochrom-c-Oxidase mit Erhöhung der ATP-Produktion und eine reduzierende Wirkung auf Entzündungsreaktionen und Zellverlust. Ziel ist es, die Progression der trockenen AMD zu bremsen.

In einer Studie am Augenzentrum Nymphenburger Höfe, München, wurden zwischen November 2020 und November 2022 insgesamt 117 Augen mit der Valeda-Therapie behandelt. 85 Augen erhielten einen Zyklus, 27

Augen zwei Zyklen und fünf Augen drei Behandlungszyklen. Die Patienten waren im Mittel 77,05 Jahre alt (56-91 Jahre). Laufende Daten zeigen für den zentralen Visus (ETDRS-Tafel) eine Stabilisierung der Sehschärfe bei den Patienten die ein oder zwei Behandlungszyklen erhalten hatten. Die Anzahl der Probanden mit drei Behandlungszyklen war noch zu gering für eine statistische Auswertung.

Für AMD-Patienten besonders wichtig ist der Erhalt der Lesefähigkeit. Gemessen wird das über die erforderliche Buchstabengröße (Critical Print Size, CPS) bzw. den Vergrößerungsbedarf für Zeitungsdruck. Trotz eines sehr heterogenen Patientengutes zeigte sich im Mittel eine Reduktion des Vergrößerungsbedarfs um eine Vergrößerungsstufe. Beim Kontrastsehen, ermittelt mit dem MARS Kontrastsehtest, ergab sich nach dem ersten und zweiten Behandlungszyklus eine Verbesserung des Kontrastsehens, die nach dem dritten Behandlungszyklus (nur fünf Augen) jedoch nicht gehalten werden konnte. Die Lesegeschwindigkeit gemessen mit Radner Tafeln zeigte einen leichten Anstieg bis nach der zweiten Behandlungssitzung. Auch der Macular Mapping Test, der die Optotypenerkennung an verschiedenen Orten der Makula testet, zeigte ansteigende Werte nach den ersten beiden Behandlungssitzungen. Zu betonen ist, dass auch eine Stabilisierung oder ein

geringer Anstieg von Sehparametern als Erfolg gesehen werden kann, da im Spontanverlauf der trockenen AMD die Sehleistungen sonst konstant schlechter werden.

Der Erfolg der Valeda-Behandlung ist individuell sehr unterschiedlich. Deshalb stellt sich die Frage, ob der Erfolg der Photobiomodulation von verschiedenen Subtypen der trockenen AMD abhängt. Dies ist in zukünftigen Studien zu klären.

Die Valeda-Therapie darf nicht als kurative Behandlung der trockenen AMD verstanden werden, sondern ist ein Ansatz der Prophylaxe-Medizin, um das Fortschreiten der Erkrankung zu bremsen. Sie hat angesichts fehlender wirksamerer Alternativen ihre medizinische Berechtigung.