

Photobiomodulation (PBM) & Methylene Blue (MB)

Zusammenfassung zu Neuroinflammation, mitochondrialen Mechanismen und praxisrelevanten Parametern

1. Hintergrund und Wirkmechanismus

Photobiomodulation (PBM) nutzt rotes (ca. 630–660 nm) und nahinfrarotes Licht (ca. 810–850 nm, teilweise bis 1060 nm), um mitochondriale Prozesse zu beeinflussen. Photonen werden vor allem von der Cytochrom-c-Oxidase (Komplex IV der Atmungskette) absorbiert. Dies kann zu einer verbesserten ATP-Produktion, Reduktion von oxidativem Stress und Modulation entzündlicher Signalwege führen (u.a. NF- κ B, iNOS, Zytokine). Methylene Blue (MB) wirkt ebenfalls mitochondrial, jedoch als redoxaktives Elektronenshuttle. Es kann Elektronen zwischen Atmungskettenkomplexen übertragen, oxidativen Stress reduzieren und die Energieproduktion stabilisieren. Beide Ansätze zielen auf die Verbesserung mitochondrialer Effizienz ab.

2. Relevanz bei Neuroinflammation

Neuroinflammation ist gekennzeichnet durch Aktivierung von Mikroglia, erhöhte Zytokinspiegel (z.B. TNF- α , IL-1 β) und mitochondriale Dysfunktion. Präklinische Studien zeigen, dass PBM diese Prozesse modulieren kann. Auch MB zeigte in Tiermodellen antiinflammatorische und neuroprotektive Effekte. Die klinische Evidenz beim Menschen ist noch begrenzt, jedoch mechanistisch plausibel.

3. Praxisrelevante PBM-Parameter (orientiert an Studienlage)

Parameter	Typische Werte aus Studien
Wellenlänge	630–660 nm (Rot), 810–850 nm (NIR), teils 1060–1070 nm
Leistungsdichte	20–100 mW/cm ²
Energiedichte	4–20 J/cm ² pro Areal
Sitzungsdauer	5–20 Minuten je Region
Frequenz	3–5x pro Woche
Abstand zur Lichtquelle	10–30 cm (je nach Leistungsdichte)
Behandlungsdauer	4–8 Wochen initiale Phase

4. Methylene Blue – systemische Dosierung (Literaturbereiche)

Oral (niedrige Dosis, experimentell neuroprotektiv): ca. 0,5–2 mg/kg Körpergewicht. Intravenös (klinisch etabliert bei Methämoglobinämie): 1–2 mg/kg. MB zeigt eine biphasische Dosiswirkung (Hormesis). Niedrige Dosen wirken antioxidativ und mitochondrial stimulierend, hohe Dosen können prooxidativ wirken. Kontraindikationen u.a.: G6PD-Mangel, Kombination mit SSRI (Serotoninsyndrom-Risiko).

5. Vergleich PBM vs. Methylene Blue

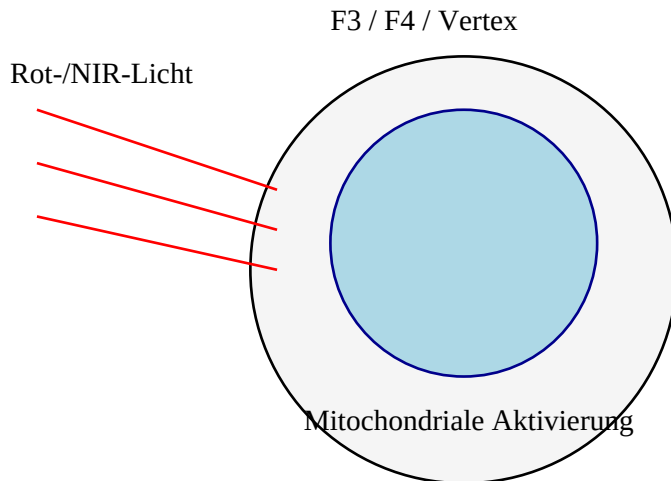
Eigenschaft	PBM	Methylene Blue
Wirkprinzip	Photonische Aktivierung	Chemische Redoxmodulation
Lokal/Systemisch	Lokal/Transkraniell	Systemisch (oral/iv)
ZNS-Erreichbarkeit	Transkraniell möglich	Blut-Hirn-Schranke gängig
Dosis-Hormese	Moderat	Ausgeprägt
Evidenzlage	Überwiegend präklinisch	Überwiegend präklinisch

6. Wichtige Quellen (PubMed)

- Hamblin MR. Photobiomodulation and the brain. PMCID: PMC6041198 - Photobiomodulation for neuroinflammation. PMCID: PMC9531128 - Anti-inflammatory mechanisms of PBM. PMID: 28748217 - Mitochondria as target for neuroprotection (MB & PBM). PMID: 32475349 - Methylene Blue mitochondrial effects. PMID: 25601181

Photobiomodulation (PBM) & Methylene Blue (MB)

Erweiterte Fassung inkl. transkranieller Dosierung (F3/F4/Vertex)



Transkranielle PBM-Protokolle (Studienorientierte Mittelwerte)

Zielareale nach EEG-10-20-System: F3 / F4 (dorsolateraler präfrontaler Cortex): - Wellenlänge: 810–850 nm - Leistungsdichte: 25–60 mW/cm² - Energiedichte: 8–15 J/cm² - Dauer: 10–15 Minuten pro Areal - Frequenz: 3–5x/Woche - Abstand: 10–20 cm (je nach Output) Vertex (Cz): - Wellenlänge: 810–1064 nm - Energiedichte: 10–20 J/cm² - Dauer: 10–20 Minuten - Frequenz: 3–4x/Woche Initiale Therapiedauer: 4–8 Wochen, anschließend Reevaluation.

Sicherheitsaspekte

- Augenschutz bei offenen LED-Panels. - Keine Anwendung bei intrakranieller Blutung. - Vorsicht bei Photosensibilisatoren. - Kombination mit Methylene Blue individuell prüfen.

Wichtige Quellen (PubMed/PMC)

PMCID: PMC6041198 PMCID: PMC9531128 PMID: 28748217 PMID: 32475349 PMID: 25601181