

KWANTOWY REZONANS MOLEKULARNY (QMR) – OBJAWIENIE DEKADY CZY ANALOG ISTNIEJĄCYCH TECHNOLOGII?

QMR charakteryzuje się brakiem efektu termicznego w tkance, uszkodzenia mechanicznego na drodze fotoakustycznej oraz stymulacji procesów naprawczych, ponieważ technologia nie wywołuje stanu zapalnego.



DR BARTOSZ PAWLIKOWSKI

Specjalista dermatologii i wenerologii, uznany ekspert w dziedzinie laseroterapii, członek Amerykańskiego Towarzystwa Laseroterapii oraz założyciel pierwszego w Polsce Centrum Szkoleń z Laseroterapii w Praktyce, które kształci lekarzy z całego świata. Od dwóch lat prowadzi wykłady i konwersatoria z zakresu laseroterapii w medycynie estetycznej w ramach studiów podyplomowych na kierunku medycyna estetyczna i biznes w Akademii Leona Koźmińskiego. Jego działalność naukowa i dydaktyczna przyczynia się do podnoszenia standardów w branży i wdrażania innowacyjnych metod terapeutycznych. Jest aktywnie zaangażowany w rozwój globalnej medycyny estetycznej – od trzech lat współtworzy sympozja i kongresy w ramach Towarzystwa Medycyny Estetycznej „Off Label Experts”, a także prowadzi szkolenia międzynarodowe z laseroterapii i zaawansowanych protokołów zabiegowych. W 2014 roku założył Klinikę Pawlikowski – interdyscyplinarne centrum, łączące nowoczesną praktykę kliniczną z działalnością edukacyjną. Klinika dysponuje

najwyższej klasy sprzętem medycznym oraz przestrzenią szkoleniową, a każdego dnia przyjmuje dziesiątki pacjentów, oferując kompleksowe podejście zarówno do dermatologii klinicznej, jak i medycyny estetycznej.

QMR (Quantum Molecular Resonance) to technologia dostarczająca do tkanek naprzemiennie pola elektryczne w paśmie 4–64 MHz (wielotonowy sygnał ~16 częstotliwości) o niskim natężeniu. W artykule zebrano znane zjawiska biofizyczne w tym zakresie częstotliwości, omówiono hipotezy oddziaływania na błony komórkowe i macierz, zestawiono dane przedkliniczne i kliniczne (okulistyka, leczenie ran, dermatologia estetyczna) oraz ograniczenia.

1. Wprowadzenie: czym jest QMR?

QMR to urządzenie medycyny estetycznej wykorzystujące mieszaninę częstotliwości 4–64 MHz, podawaną przez elektrody kontaktowe. Producent akcentuje „regenerację bez ciepła”, aktywację fibroblastów i komórek macierzystych w skórze oraz wzrost objętości kolagenu i elastyny. Są to deklaracje technologiczne, a nie przyjęte standardy terminologiczne – słowo *quantum* ma charakter marketingowy. W literaturze biofizycznej opisano specyficzne kwantowe przejścia energetyczne cząsteczek biologicznych w paśmie dziesiątek MHz.

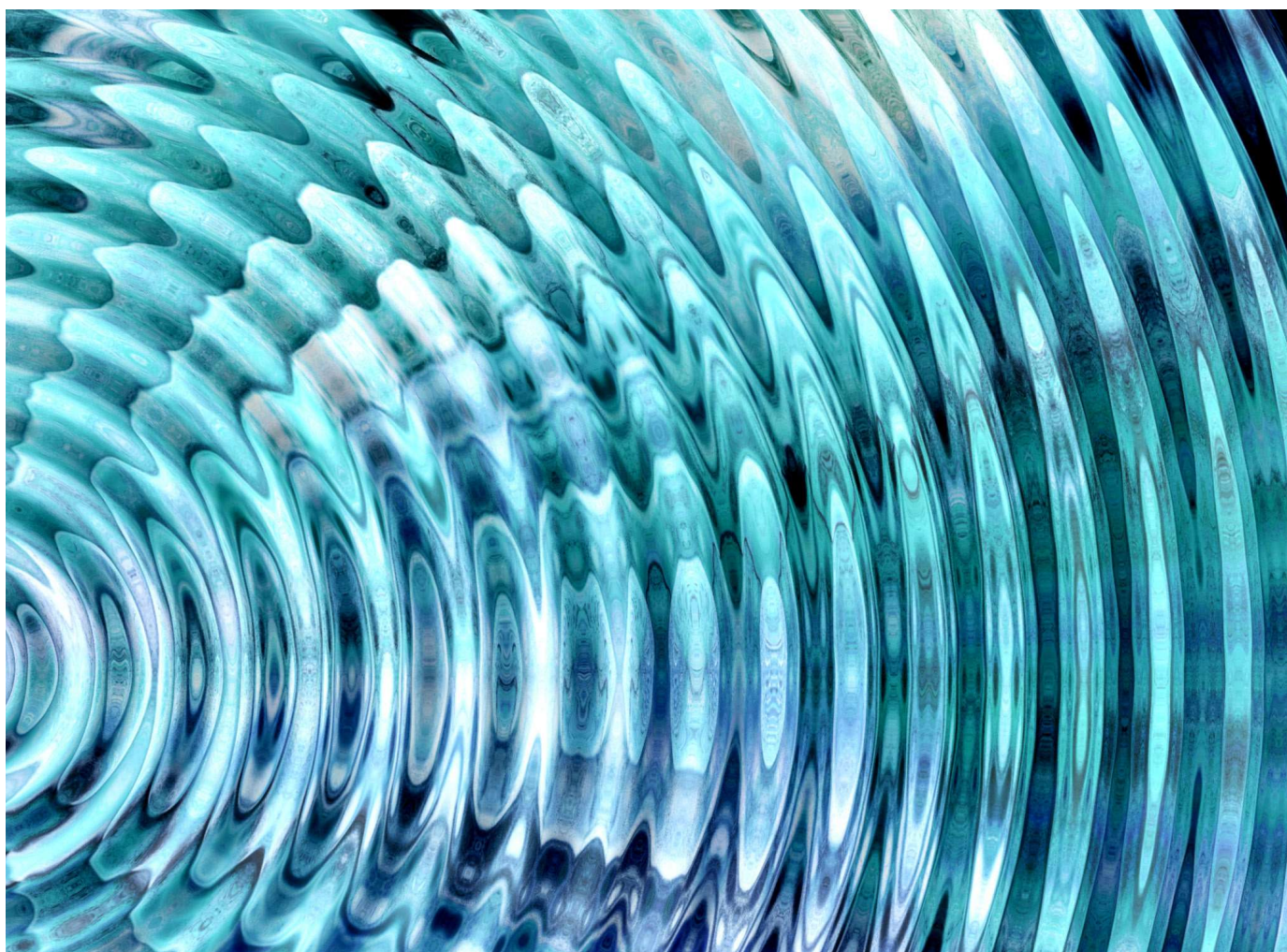
2. Biofizyka oddziaływania pól 4–64 MHz z tkanką

Pasma kHz–MHz obejmują klasyczne dyspersje dielektryczne tkanek (α , β , γ), wynikające z polaryzacji błon, warstwy podwójnej i rotacji dipoli. Warstwa podwójna błony komórkowej to dwuwarstwa lipidowa, zbudowana głównie z fosfolipidów, która stanowi podstawę każdej błony biologicznej. W okolicach MHz (górną zakres β -dyspersji) błona komórkowa zaczyna „przezroczystnieć” dla pola, a prądy przetokowe wnikają głębiej – rośnie udział efektów przewodzenia i (przy wyższych gęstościach mocy) ogrzewania Joule’a. Dla bezpieczeństwa ekspozycję ocenia się przez SAR (swoiste tempo pochłaniania energii, które określa tempo pochłaniania energii elektromagnetycznej w jednostce masy tkanki biologicznej). Obecne

wytyczne ICNIRP 2020 ustalają ograniczenia tak, by uniknąć nadmiernego wzrostu temperatury wewnątrz ciała. „Rezonans” w znaczeniu ostrych pików absorpcji kwantowej nie jest w tym paśmie przewidywany dla makroskali tkanek.

3. Hipotezy mechanizmu działania na poziomie komórkowym

Modulacja polaryzacji błon i szlaków sygnalizacyjnych. Pole o niskiej intensywności może subtelnie zmieniać $\Delta\psi_m$ (potencjał błonowy) i mikrorozkład jonów na granicach faz, co pośrednio wpływa na ekspresję genów, proliferację i migrację (elektrotaksję), opisaną szerzej dla niskich częstotliwości i prądu stałego DC (*direct current*). Dla pasma MHz dane są rzadsze, ale spójne z ciągłością modeli dielektrycznych.



Ślady molekularne w badaniach *in vitro*. Stymulacja QMR nietermiczna (4–64 MHz) w hodowli MSC (mezenchymalnych komórek macierzystych) zmieniała profil transkryptomyczny (obraz ekspresji genów w danej komórce lub tkance, analizujący poziomy i aktywność transkryptów RNA, co pozwala na zrozumienie funkcjonowania organizmu i stanów chorobowych) dla genów związanych z naprawą ECM (*extracellular matrix*, czyli macierzy zewnątrzkomórkowej lub pozakomórkowej – złożonej sieci makrocząsteczek takich jak kolagen, elastyna, glikoproteiny i kwas hialuronowy oraz minerałów, które wypełniają przestrzeń między komórkami w tkankach) przy braku cytotoksyczności z modyfikacją mikrośrodowiska komórkowego potencjału elektrycznego bez makroskopowego przegrzania.

Markery zapalne i angiogeneza w tkance. W niewielkiej serii histologicznej przewlekłych ran kończyn dolnych po QMR obserwowano spadek nacieku zapalnego i aktywności MMP-9 oraz wzrost VEGF, korelujące klinicznie z reaktywacją ziarniny. MMP-9, czyli metaloproteinaza macierzy 9, to enzym z rodziny metaloproteinaz macierzy (MMP) o masie cząsteczkowej 92 kDa (w formie ludzkiej). Odpowiada za rozkład kluczowych białek macierzy zewnątrzkomórkowej, takich jak kolagen typu IV, laminina i fibroblasty, uczestnicząc w procesach fizjologicznych i patologicznych, jak choćby gojenie ran, rozwój nowotworów czy przebudowa tkanki mózgowej. Czynnikiem wzrostu śródbłonna naczyniowego, VEGF (*vascular endothelial growth factor*) jest cytokiną wydzielaną przez osteoblasty, makrofagi, komórki nowotworowe (w tym plazmatyczne), megakariocyty i płytki krwi. VEGF odgrywa rolę w angiogenezie oraz stymuluje gwałtowny i odwracalny wzrost przesączania naczyniowego. Możliwość kontroli aktywności MMP-9 oraz VEGF to klucz do ukierunkowania procesów regeneracji tkanek oraz dynamiki tego procesu. Dane dla QMR w tym obszarze są eksploracyjne i wymagają szczegółowego doprecyzowania w badaniach RCT.

4. Cechy technologiczne wyróżniające QMR QMR generuje szerokopasmowy sygnał 16 składowych 4–64 MHz o niskiej mocy wyjściowej (deklarowany brak hipertermii), z aplikatorami do twarzy i ciała. Maksymalna moc znamionowa systemu ~250 VA (woltamper – jednostka mocy pozornej w elektrotechnice). W praktyce klinicznej ma to umożliwiać wielowarstwową stymulację przy niskim ryzyku termicznym w odróżnieniu od klasycznych urządzeń RF (radiofrekwencji mikroigłowej) lub laserów nastawionych na kontrolowaną termiczno-ablacyjną przebudowę ECM.

5. Wpływ na tkanki i procesy biologiczne – podsumowanie danych

Skóra i ECM. Według badań QMR stymuluje fibroblasty, zwiększa poziom kolagenu i elastyny, grubość skóry i poprawia jędrność, a w porównaniu z RF nie ma komponenty termicznej. W literaturze estetycznej dla RF udokumentowano remodeling cieplny ECM przez inicjację syntezy białek HSP (białka szoku termicznego) – to termiczna ścieżka działania. QMR dzięki emisji naprzedmiennego pola elektrycznego w zakresie 4-64 MHz o niskim natężeniu nie generuje efektu termicznego.

Rany przewlekłe. Pilotażowe badanie (n=9) wykazało zmiany histologiczne i zmniejszenie rozmiaru owrzodzeń, istnieje potrzeba dalszych szczegółowych badań.

Powierzchnia oka (DED/MGD). Pojawiły się prospektywne i randomizowane prace. Obserwacje wskazują na poprawę objawów i parametrów obiektywnych, m.in. OSDI (wskaźnika choroby powierzchni oka oraz jakości gruczołów Meiboma), normalizację MMP-9 i wysoki status bezpieczeństwa.

Immunomodulacja w skórze. W modelu mysiego AZS QMR redukował nacieki mastocytów/makrofagów i markery zapalne. Modelem mysiego atopowego zapalenia skóry (AZS) jest model myszy C57BL/6, u których chorobę wywołuje miejscowe zastosowanie MC903 – analogu witaminy D3. Ten model symuluje chorobę przez wywołanie zapalenia skóry, odpowiedzi cytokinowej (głównie



limfocytów Th2), łuszczenia się naskórka i rumienia, a także podwyższenie stężenia IgE w surowicy.

6. Wskazania w poszczególnych specjalnościach medycznych

- **Okulistyka (DED/MGD)** – zespół suchego oka (*dry eye disease*) oraz dysfunkcja gruczołów meiboma (*Meibomian gland dysfunction*). Zalecane w świetle prospektywnych serii badań wykazujących poprawę parametrów subiektywnych i obiektywną ocenę pacjenta przy korzystnym profilu bezpieczeństwa.

- **Leczenie ran przewlekłych** – możliwe u pacjentów opornych na standardowe metody leczenia (kompresjoterapia, odciążanie, biofilm management) jako dodatek, przy świadomej zgodzie na terapię o ograniczonych dowodach (pilotaż bez randomizacji). Wymagane RCT z obiektywną oceną czasu wygojenia i jakości blizny.

- **Dermatologia estetyczna** – uzupełniająco w terapiach urodowych. Doniesienia naukowe i wczesne prace (np. pojedyncze przypadki melasmy) sugerują potencjał biostymulacyjny. Konieczne są dalsze twarde badania RCT z oceną jednoznacznych korelatów histologicznych u ludzi.

- **Rehabilitacja/ortopedia (gonartroza, ból)** – prowadzone są intensywne, projektowane badania. W spokrewnionych modalnościach (CRet/TECAR) terapia wykorzystuje energię o częstotliwości radiowej, zazwyczaj w zakresie od 300 kHz do 1,2 MHz, która przenika tkanki biologiczne, powodując pobudzenie molekularne i generowanie ciepła. Podczas terapii w dwóch różnych trybach: pojemnościowym transferze energii (CET) i rezystancyjnym transferze energii (RET), obserwuje się efekty przeciwbólowe i wazomotoryczne, często częściowo termiczne. Nie należy jednak utożsamiać technologii QMR w rehabilitacji z technologią QMR w zabiegach obejmujących skórę i tkankę podskórną.

7. Bezpieczeństwo i protokoły zabiegowe

Dane z obszaru okulistyki wskazują dobrą tolerancję przy protokołach 4–6 sesji (np. 20 min), bez poważnych zdarzeń pozabiegowych, typowe

objawy przejściowe oraz łagodny dyskomfort. Dla emisji RF 100 kHz – 300 GHz, dobór dawek powinien respektować limity SAR według ICNIRP. W estetyce i dermatologii istnieją publicznie raportowane, niezależne pomiary SAR.

8. Konkluzja

QMR pozostaje obiecującą elektroterapią o niskiej intensywności, z rosnącymi, lecz wciąż selektywnymi dowodami klinicznymi (najmocniejsze w zespole suchego oka i dysfunkcji gruczołów Meiboma), przy udowodnionym, unikatowym „mechanizmie rezonansowym” i konieczności dalszych, dobrze zaprojektowanych randomizowanych badań kontrolowanych (*randomized controlled trial* – RCT). Z medycznego punktu widzenia wieloczęstotliwościowa stymulacja 4–64 MHz o małej intensywności, projektowana tak, by minimalizować ogrzewanie tkanek, odróżnia QMR od termicznych i mechanicznych technologii RF i laserów. Potwierdzają to sygnały z badań *in vitro* i histologii ran (działanie przeciwzapalne i angiogenetyczne). Jednak termin *quantum* ma solidne oparcie w fizyce makroskopowej tkanek dla tego pasma. W przypadku QMR należy mówić o terapii niskiej intensywności z możliwą modulacją mikrośrodowiska komórkowego. Priorytetem jest standaryzacja dawek, dozymetria, dalsze badania RCT z obiektywnym pomiarem biomarkerów (np. MMP-9, obrazowanie gruczołów Meiboma, histologia ECM w skórze).

Bibliografia:

1. Gabriel C. *The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey*. Phys Med Biol. 1996.
2. Gabriel S., Lau R.W., Gabriel C. *Parametric models for the dielectric spectrum of tissues*. Phys Med Biol. 1996.
3. ICNIRP. *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz–300 GHz)*. 2020.
4. Fracalvieri M. et al. *Quantum molecular resonance technology in hand-to-hand extremity wounds*. Int Wound J. 2017.
5. Sella S. et al. *In-vitro analysis of QMR effects on MSC*. PLoS One. 2018.
6. Trivli A. et al. *Efficacy of QMR in severe dry eye*. J Optom/Clin Exp Optom (Elsevier España). 2023.
7. Ballesteros-Sánchez A. et al. *Efficacy and safety of QMR for DED*. 2023.
8. Foo V.H.X. et al. *Rexon-Eye electrotherapy in Asian severe DED*. Front Med. 2023.
9. Uthaihammarat L. et al. *Randomized, double-masked, sham-controlled QMR for MGD*. Eye (Nature). 2025.
10. Kim J. et al. *QMR ameliorates atopic dermatitis in mice*. BMB Reports. 2025.
11. Telea Medical. *Rexonage 3 – Brochure*. 2024.
12. Telea Medical. *Aesthetic Medicine – QMR overview*.
13. Rexon-Eye. *QMR Technology description*.
14. Lupowitz L.G. et al. *TECAR therapy: clinical commentary*. 2025.
15. Rabbani M. et al. *Electrical stimulation in wound healing: meta-analysis*. 2023.
16. Rodríguez-Sanz J. et al. *Thermal/non-thermal effects of CRet*. Sci Rep. 2020.
17. FCC. *RF Safety FAQ (SAR thresholds)*.
18. Abasi S. et al. *Bioimpedance spectroscopy review ($\alpha/\beta/\delta/\gamma$ dyspersje)*. 2022.
19. Di Biasio A. et al. *Dielectric behavior and $\alpha/\beta/\gamma$ dispersions*. 2010.
20. Cho E. et al. *Amelioration of melasma using QMR: case series*. 2024.