Role slzného filmu v refrakci: Kvantitativní hodnocení před a po terapii na přístroji Rexon-Eye

Stankovičová Veronika[1], Nováček Ladislav Viktor[1], Rozsíval Pavel[1,2,3]

[1]Oční oddělení, Ústav leteckého zdravotnictví, Praha
[2]Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Katedra očního lékařství
[3]Oční klinika, Fakultní nemocnice Hradec Králové



MUDr. Veronika Stankovičová

Do redakce doručeno dne: 3. 8. 2025
Přijato k publikaci dne: 1. 11. 2025
Publikováno on-line: 10. 12. 2025

Autoři práce prohlašují, že vznik i téma odborného sdělení a jeho zveřejnění není ve střetu zájmů a není podpořeno žádnou farmaceutickou firmou. Práce nebyla zadána ke zpracování jinému časopisu a nebyla otištěna v jiném časopisu ani jinde otištěna, s výjimkou kongresových abstrakt a doporučených postupů.

Korespondenční adresa:
Ústav leteckého zdravotnictví
Generála Píky 1
160 00 Praha 6
E-mail: stankovicova.veron@gmail.com

SOUHRN

Cíl: Cílem této studie bylo testovat vliv terapie přístrojem Rexon-Eye, založené na technologii kvantové molekulární rezonance (QMR), na optické parametry, stabilitu slzného filmu a subjektivní potíže pacientů.
Materiál a metody: Do studie bylo zařazeno 30 pacientů (20 žen, průměrný věk 64,9 let; 10 mužů, průměrný věk 64,6 let) se syndromem suchého oka. U pacientů byly zaznamenány běžné interní komorbidity, nejčastěji arteriální hypertenze, hypercholesterolémie, tyreopatie, diabetes mellitus 2. typu a hyperurikémie. Každý pacient absolvoval čtyři terapeutická sezení (1x týdně po dobu 20 minut) dle doporučeného protokolu výrobce. Objektivní parametry – index rozptylu (Objective Scatter Index, OSI), mezní hodnoty modulační přenosové funkce (Modulation Transfer Function cutoff, MTF cutoff), potenciální zraková ostrost (Potential Visual Acuity, PVA) a čas přerušení slzného filmu (Vision Break-Up Time, VBUT) – byly hodnoceny pomocí přístroje HD Analyzer před terapií a v intervalu 1–3 měsíců po jejím ukončení. Subjektivní symptomy byly hodnoceny pomocí standardizovaného dotazníku OSDI (Ocular Surface Disease Index).
Výsledky: Po terapii nebyly u parametrů OSI, MTF cutoff a PVA pozorovány statisticky významné změny. Hodnota VBUT zůstala beze změny. Naopak skóre OSDI se statisticky i klinicky významně zlepšilo.
Závěr: QMR terapie přístrojem Rexon-Eye vedla k významnému zlepšení subjektivních obtíží pacientů, zatímco objektivní parametry optické kvality zůstaly bez statisticky významné změny. QMR terapie se jeví jako bezpečná a dobře tolerovaná metoda, která může rozšířit terapeutické možnosti v klinické praxi.
Klíčová slova: slzný film, syndrom suchého oka, optická kvalita, zraková ostrost, terapie Rexon-Eye

SUMMARY

The Role of the Tear Film in Refraction: Quantitative Evaluation Before and After Rexon-Eye Therapy

Aim: The aim of this study was to assess the effect of Rexon-Eye therapy, based on quantum molecular resonance (QMR) technology, optical parameters, tear film stability, and patients' subjective symptoms.
Material and Methods: A total of 30 patients (20 women, mean age 64.9 years; 10 men, mean age 64.6 years) diagnosed with dry eye syndrome were included in the study.
Common systemic comorbidities were recorded, most frequently arterial hypertension, hypercholesterolemia, thyroid disorders, type 2 diabetes mellitus, and hyperuricemia. Each patient underwent four treatment sessions (once weekly for 20 minutes) according to the manufacturer's recommended protocol.
Objective parameters – including objective scatter index (OSI), modulation transfer function cutoff (MTF cutoff), potential visual acuity (PVA), and vision break-up time (VBUT) – were assessed using the HD Analyzer before therapy and again 1 to 3 months after treatment completion. Subjective symptoms were evaluated using the standardized Ocular Surface Disease Index (OSDI) questionnaire.
Results: No statistically significant changes were observed in OSI, MTF cutoff, or PVA. VBUT remained unchanged. By contrast, OSDI scores improved both statistically and clinically significantly.
Conclusion: QMR therapy with the Rexon-Eye device led to significant improvement in subjective symptoms, while objective optical quality parameters showed no statistically significant changes. QMR therapy appears to be a safe and well-tolerated method that may expand therapeutic options in clinical practice.
Key words: tear film, dry eye syndromes, optical quality, visual acuity, Rexon-eye therapy

Čes. a slov. Oftal., 82, 2026, No. 4, p. 190–194

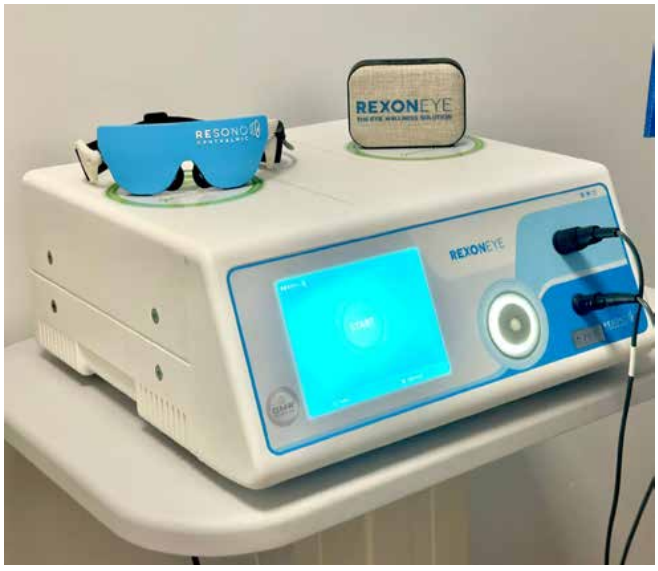
proLékaře.cz | 18.11.2026

ÚVOD

Syndrom suchého oka (SSO) je časté chronické onemocnění multifaktoriální etiologie, při jehož diagnostice a sledování se využívá kombinace subjektivního a objektivního hodnocení [1]. Jedním z hlavních projevů SSO je porucha stability slzného filmu. Slzný film představuje klíčovou součást optického systému oka, jelikož tvoří první a zároveň nejvýznamnější refrakční plochu [2,3]. Jeho destabilizace vede k rozptylu světla, kolísání zrakové ostrosti a snížení kontrastní citlivosti, což může negativně ovlivnit výsledky jak běžného refrakční vyšetření, tak i výsledky chirurgických zákroků [2,4].

V posledních letech se pro objektivní hodnocení kvality optického systému oka využívají metody založené na analýze optických aberací, měření rozptylu světla nebo kontrastní citlivosti. Tyto přístupy mají oproti subjektivním dotazníkům či testům výhodu v menší závislosti na spolupráci pacienta a vyšší reprodukovatelnosti výsledků [5,6]. Jednou z možností objektivního hodnocení kvality optického systému oka je použití principu dvojitého průchodu světla (double-pass technika) pomocí přístroje HD Analyzer (Visiometrics S.L., Španělsko), který umožňuje měřit rozptyl světla (Objective Scattering Index, OSI), kvalitu zobrazení a rozlišení (Modulation Transfer Function cutoff, MTF cutoff), potenciální zrakovou ostrost (Potential Visual Acuity, PVA) a stabilitu slzného filmu (Vision Break-Up Time, VBUT). HD Analyzer je nástroj využívaný v klinické praxi i výzkumu, například při hodnocení výsledků očních operací, kvality zobrazení po implantaci nitroočních čoček, nebo při detekci časných změn u SSO a katarakty [7–10].

Rexon-Eye® (Resono Ophthalmic, Itálie) je neinvazivní terapeutické zařízení určené k léčbě SSO (Obrázek 1). Využívá technologii kvantové molekulární rezonance (QMR), generující nízkoenergetické elektromagnetické



Obrázek 1. Přístroj Rexon-Eye využívající technologii kvantové molekulární rezonance (QMR) pro neinvazivní terapii syndromu suchého oka



Obrázek 2. Aplikace terapie přístrojem Rexon-Eye, pacient má nasazenou speciální masku napojenou na generátor

vlny (4–64 MHz) [11,12]. Tyto vlny se přenášejí přes víčka a pronikají do tkání, kde aktivují buněčný metabolismus, podporují regeneraci a modulují zánětlivé procesy. Preklinické studie prokázaly, že QMR ovlivňuje expresi genů MMP1, PLAT a A2M, podílejících se na remodelaci extracelulární matrix, angiogenezi a hojení ran [11,12]. Byť byla tato exprese prokázána zejména na modelových tkáních, předpokládá se, že podobné mechanismy mohou hrát roli i na povrchu oka a v oblasti Meibomských žláz, čímž by mohly přispívat ke zlepšení stability slzného filmu a zmírnění symptomů SSO [11–13]. Na základě těchto poznatků byl přístroj Rexon-Eye schválen pro využití pro terapii syndromu suchého oka. Terapie je bezkontaktní, bezbolestná, pacienty dobře tolerovaná a probíhá ve čtyřech 20 minutových sezeních v týdenních intervalech (Obrázek 2).

Cílem této studie bylo zhodnotit efekt terapie přístrojem Rexon-Eye na optické parametry, stabilitu slzného filmu a subjektivní potíže pacientů se SSO.

MATERIÁL A METODY

Do studie bylo zařazeno 30 pacientů: 20 žen (průměrný věk 64,9 let) a 10 mužů (průměrný věk 64,6 let) se syndromem suchého oka. Pacienti byli sledováni v období od března 2024 do července 2025.

V rámci studie byly rovněž zaznamenávány interní komorbidity. Běžná interní onemocnění nebyla vylučujícím kritériem (s výjimkou nezkompenzovaných systémových onemocnění); jejich konkrétní zastoupení je uvedeno ve výsledcích.

proLékaře.cz | 18.11.2026

Inkluzní kritéria

Pacienti ve věku nad 18 let s přítomností alespoň jednoho ze symptomů syndromu suchého oka (např. pocit sucha, pálení, štípání, mlžení či kolísavé vidění, únava očí) a s objektivně prokázaným nálezem suchého oka. Za objektivní kritérium byla považována zejména nestabilita slzného filmu (hodnota VBUT), případně jiné objektivní kritérium hodnocené dle doporučení TFOS DEWS II (např. fluoresceinový break-up time, Schirmerův test, barvení povrchu oka) [3].

VBUT byl definován dle manuálu HD Analyzeru jako čas od zahájení měření do okamžiku, kdy index kvality vidění (Vision Quality Index) klesne pod stanovený práh; hodnocení probíhá v rámci 10sekundového měřicího okna [8,11]. V souladu s publikovanou literaturou jsme pro analytické účely považovali VBUT < 10 s za známku nestability slzného filmu [16,17]. Do souboru byli zařazeni převážně nemocní dlouhodobě sledovaní pro syndrom suchého oka.

Vylučovací kritéria / kontraindikace

Aktivní oční infekce nebo zánět, alergická konjunktivitida, nedávná oční operace (méně než 3 měsíce), nošení kontaktních čoček během terapie, nezkompenzovaná systémová onemocnění, kardiostimulátor nebo jiný elektrický implantát, těhotenství nebo kojení, neschopnost spolupráce při terapii.

Terapie byla realizována ve čtyřech ambulantních sezeních po 20 minutách (1× týdně) v souladu s doporučeným protokolem výrobce zařízení Rexon-Eye [8]. Všichni pacienti absolvovali kompletně všechna čtyři terapeutická sezení. Hodnocení proběhlo před zahájením terapie a 1–3 měsíce po jejím dokončení.

Objektivní hodnocení bylo provedeno pomocí přístroje HD Analyzer (Visiometrics S.L., Španělsko). Hodnoceny byly tyto parametry:

OSI (Objective Scattering Index; bezrozměrné): hodnota rozptylu světla v optickém systému oka – vyšší hodnota znamená větší zakalení nebo nestabilitu prostředí [14]. **MTF cutoff (Modulation Transfer Function cutoff; cykly na stupeň, c/°):** prostorová frekvence, při které kontrast klesne na 1% – ukazatel kvality zobrazení a rozlišení [7,9]. **PVA (Potential Visual Acuity; bezrozměrné):** odhad maximální dosažitelné zrakové ostrosti bez aberací [5]. **VBUT (Vision Break-Up Time; sekundy, s):** doba, která uplyne od začátku měření do okamžiku, kdy index kvality vidění subjektu klesne pod stanovený práh. Pro vlastní hodnocení parametru **VBUT** byla použita ordinální škála s hodnotami 1 (nestabilní, tj. pod 10 s), 2 (středně stabilní, 10 s až 20 s) a 3 (stabilní, nad 20 s). [10].

Subjektivní symptomy byly hodnoceny pomocí dotazníku OSDI (Ocular Surface Disease Index; bezrozměrné skóre, rozsah 0–100 bodů).

Statistická analýza byla provedena pomocí Wilcoxonova párového testu (Wilcoxon Signed-Rank Test) vzhledem k nesplnění předpokladu normální distribuce některých dat (ověřeno Shapiro-Wilk testem). Statistická významnost byla stanovena na hladině $p < 0,05$. U vybraných statisticky významných výsledků byla uvedena také velikost efektu r (bezrozměrné), vypočtená podle vzorce $r = \frac{Z}{\sqrt{N}}$, kde Z je hodnota testové statistiky Wilcoxonova testu a N je počet hodnocených párů. Hodnota r kvantifikuje sílu zjištěného efektu v rámci analyzovaného souboru a byla interpretována následovně: $r \approx 0,1$ = malý efekt, $r \approx 0,3$ = střední efekt a $r \geq 0,5$ = velký efekt.

VÝSLEDKY

Výsledky jsou uvedeny jako mediány hodnot před terapií a po terapii (Tabulka 1). Medián VBUT (k hodnocení byla použita ordinální škála) zůstal na hodnotě 2 (středně stabilní) před i po terapii ($p = 0,133$). Parametry OSI, MTF cutoff a PVA nevykázaly statisticky významné rozdíly (Graf 1). U OSDI bylo zaznamenáno statisticky významné zlepšení ($p < 0,001$; $r = 0,87$) (Graf 2).

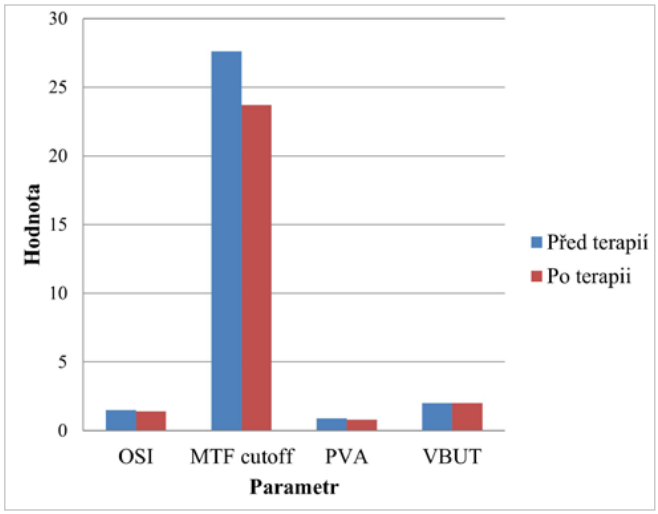
V souboru se vyskytovaly běžné interní komorbidity, nejčastěji arteriální hypertenze (12 pacientů), hypercholesterolémie (9 pacientů), tyreopatie (7 pacientů), diabetes mellitus 2. typu (4 pacienti) a hyperurikémie (4 pacienti).

Tabulka 1. Porovnání mediánových hodnot vybraných subjektivních a objektivních parametrů kvality slzného filmu před a po terapii Rexon-Eye

Parametr	Medián před terapií (n)	Medián po terapii (n)	Z statistika	p-hodnota	Velikost efektu (r)
OSI	1,5	1,4	0,11	0,909	0,016
MTF cutoff	27,6	23,7	-1,13	0,258	0,15
PVA	0,9	0,8	-0,86	0,389	0,12
VBUT	2 (středně stabilní)	2 (středně stabilní)	1,50	0,133	0,31
OSDI	27,1	16,7	-4,27	< 0,001	0,87

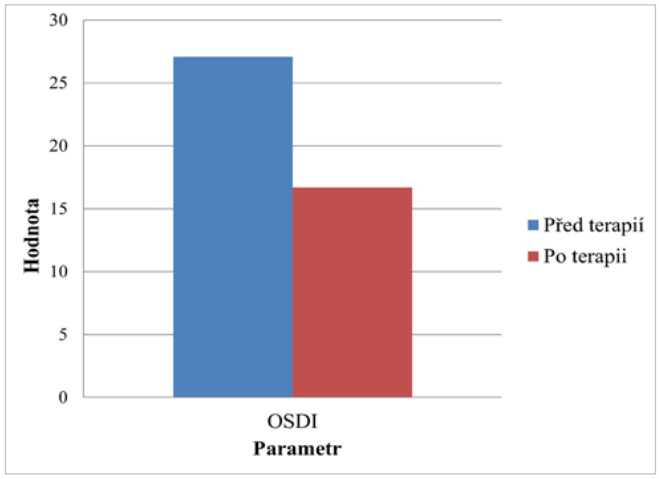
OSI – objektivní index rozptylu světla v oku (bezrozměrné); MTF cutoff – hraniční prostorová frekvence, při které kontrast klesne na 1 % původní (schopnost systému rozlišovat detaily; cykly na stupeň, c/°); PVA – potenciální zraková ostrost (bezrozměrné); VBUT – doba přerušení slzného filmu sledovaná v reálném čase během kontinuálního měření OSI (sekundy, s); hodnoceno podle ordinální škály: 1 = nestabilní (< 10 s), 2 = středně stabilní (10–20 s), 3 = stabilní (> 20 s); OSDI – index onemocnění povrchu oka (bezrozměrné skóre, rozsah 0–100 bodů); Z – hodnota testové statistiky z Wilcoxonova testu párových pořadí (bezrozměrná)

proLékaře.cz | 18.11.2026



Graf 1. Objektivní parametry (OSI, MTF cutoff, PVA, VBUT) před a po terapii Rexon-Eye

OSI – objektivní index rozptylu světla v oku (bezrozměrné); MTF cutoff – hraniční prostorová frekvence, při které kontrast klesne na 1 % původní (schopnost systému rozlišovat detaily; cykly na stupeň, c/°); PVA – potenciální zraková ostrost (bezrozměrné); VBUT – doba přerušení slzného filmu sledovaná v reálném čase během kontinuálního měření OSI (sekundy, s); hodnoceno podle ordinální škály: 1 = nestabilní (< 10 s), 2 = středně stabilní (10–20 s), 3 = stabilní (> 20 s)



Graf 2. Subjektivní parametr (OSDI) před a po terapii Rexon-Eye

OSDI – index onemocnění povrchu oka (bezrozměrné skóre, rozsah 0–100 bodů)

DISKUZE

Na rozdíl od běžně používaných konzervativních postupů, jako jsou umělé slzy, hygiena očních víček nebo farmakologická terapie (např. cyklosporin A), které působí především na zvlhčení povrchu oka nebo potlačení zánětlivé složky, představuje QMR terapie (Rexon-Eye) inovativní přístup s potenciálním regeneračním účinkem na buněčné úrovni a možností kombinace s další léčbou [11,12].

V literatuře je QMR často srovnávána s metodou intenzivního pulzního světla (IPL). IPL využívá nekoherentní širokospektrální záblesky v rozmezí přibližně 500–1200 nm aplikované na oblast dolních víček. Fototermický efekt na hemoglobin v dilatovaných cévkách vede k redukci teleangiektazií a zánětu, což následně zlepšuje funkci Meibomských žláz a stabilitu lipidové vrstvy slzného filmu. Metoda je však kontraindikována u pacientů s vyšším fototypem kůže nebo při aktivní dermatitidě. Oproti tomu QMR je bezkontaktní, neinvazivní a dobře tolerovaná i v těchto případech [13].

Objektivní hodnocení optické kvality bylo v naší studii provedeno pomocí HD Analyzeru, který poskytuje objektivní kvantitativní hodnoty rozptylu světla a kvality zobrazení s vysokou reprodukovatelností a nezávisle na subjektivní spolupráci pacienta [7–10]. Ve srovnání s tradičními testy, jako jsou Schirmerův test nebo fluoresceinový break-up time, umožňuje detailnější a standardizované posouzení optického systému.

Naše výsledky ukázaly statisticky významné zlepšení subjektivních potíží hodnocených dotazníkem OSDI, zatímco objektivní parametry OSI, MTF cutoff a PVA zůstaly bez statisticky významné změny. Tyto závěry jsou v souladu s publikovanými studiemi, které rovněž zaznamenaly výrazný dopad QMR především na symptomy pacientů, nikoli však vždy na parametry optické kvality (Vingolo 2021 [11], Galliot 2023 [12], Shemer 2024 [17], Ballesteros-Sánchez 2025 [18]). Významné zlepšení OSDI v našem souboru odpovídá výsledkům randomizovaných klinických studií a metaanalýz [17,18].

Stabilita slzného filmu hodnocená pomocí VBUT nevykázala statisticky významnou změnu. Pro stanovení skutečného efektu je však nutné ověřit výsledky na rozsáhlejším souboru pacientů s delším sledovacím obdobím [16,15].

Účinek QMR je spojován s modulací genové exprese (MMP1, PLAT, A2M), která může přispívat k regeneraci a ovlivnění zánětlivých procesů [11]. Tyto účinky byly popsány především v experimentálních studiích a jejich přímé potvrzení na očním povrchu nebo v Meibomských žlázách zatím chybí. Další výzkum v této oblasti je žádoucí, včetně ověření efektu terapie na expresi těchto genů přímo v očních tkáních.

Limitace naší práce spočívají v absenci kontrolní skupiny, relativně malé velikosti souboru a heterogenitě délky sledování. Tyto faktory mohou přispívat k absenci průkazu statisticky významných změn v objektivních parametrech. Přesto výsledky potvrzují přínos QMR zejména ve zlepšení subjektivních příznaků pacientů se syndromem suchého oka a podporují význam dalšího hodnocení v randomizovaných a dlouhodobějších studiích.

ZÁVĚR

Tato pilotní studie ukázala, že neinvazivní QMR terapie pomocí přístroje Rexon-Eye může významně zlepšit subjektivní symptomy syndromu suchého oka. Naproti tomu objektivní parametry optické kvality (OSI, MTF cutoff, PVA) ani stabilita slzného filmu hodnocená pomocí VBUT nevykázaly statisticky významné změny.

proLékaře.cz | 18.11.2026

Pozorované zlepšení subjektivních obtíží naznačuje, že QMR terapie může být cenným doplňkem léčby syndromu suchého oka, zejména u pacientů s přetrvávající symptomatikou navzdory standardní konzervativní terapii. Pro potvrzení skutečného efektu na stabilitu slzného filmu a optickou kvalitu je však nezbytné ověřit výsledky na větším souboru pacientů v rámci randomizovaných kontrolovaných studií s delším sledováním.

QMR terapie se jeví jako bezpečná a dobře tolerovaná metoda, která může rozšířit terapeutické možnosti v běžné klinické praxi.

PODĚKOVÁNÍ

Srdečně děkuji všem kolegům z Ústavu leteckého zdravotnictví v Praze za cennou odbornou podporu, odborné konzultace a spolupráci při realizaci této studie.

LITERATURA

1. Craig JP, Nichols KK, Akpek EK, et al. TFOS DEWS II Definition and classification report. *Ocul Surf*. 2017 Jul;15(3):276-283.
2. Montes-Mico R, Belda JI, Albarrán-Diego C, Charman WN, Cerviño A. Postblink changes in total and corneal optical aberrations in dry eye. *Cornea*. 2004 Oct;23(7):689-694.
3. Saad A, Gatinel D. Topographie et aberrations de haut ordre dans la sécheresse oculaire [Topography and higher order aberrations in dry eye disease]. *J Fr Ophtalmol*. 2012 Jun;35(6):413-418. French.
4. Zemanová E, Baranová J, Jirásková N, et al. Syndrom suchého oka – přehled. *Čes a slov Oftalmol*. 2021;77(2):63-71.
5. Qiao L, Cai X, Wan X, et al. Feasibility of optical quality analysis system for the objective evaluation of accommodation. *BMC Ophthalmol*. 2020;20(1):254.
6. Comment on "Objective Optical Quality With Multifocal Intraocular Lenses". *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2022 Nov;11(6):e1.
7. Zafar A, Chu RC, Bishara MN, et al. Objective quantification of image quality and optical scatter before and after Nd:YAG capsulotomy using the HD Analyzer. *Clin Ophthalmol*. 2020;14:1231-1238.
8. Rexon-Eye: Resono [Internet]. Available from: https://www.resono.it/rexon-eye
9. Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Changes in optical quality and intraocular scattering after implantation of multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(5):769-776.
10. Visiometrics launches HD Analyzer optical quality analysis system [Internet]. *Optometry Times*. 2013 Jun 10 [cited 2025 May 31]. Available from: https://www.optometrytimes.com/view/visiometrics-launches-hd-analyzer-optical-quality-analysis-system
11. Sella S, Adami V, Amati E, et al. In vitro analysis of Quantum Molecular Resonance effects on human mesenchymal stromal cells. *PLOS ONE*. 2018;13(1):e0190082. doi:10.1371/journal.pone.0190082
12. Galliot A, Labetoulle M, Riancho L, et al. Effectiveness and safety of quantum molecular resonance electrotherapy for meibomian gland dysfunction: A pilot study. *Eur J Ophthalmol*. 2023 Mar;33(2):329-335.
13. Vigo L, Pellegrini M, Bernabei F, et al. Efficacy of intense pulsed light therapy in the treatment of meibomian gland dysfunction: a systematic review and meta-analysis. *Ocul Surf*. 2021;19: 67-77.
14. Artal P, Benito A, Pérez GM, et al. An objective scatter index based on double-pass retinal images of a point source to classify cataracts. *PLoS One*. 2011;6(2):e16823.
15. Lee JH, Ahn JM, Kim EK, Seo KY, Kim TI. Optical quality and intraocular scattering in dry eye patients. *Clin Ophthalmol*. 2017;11:1433-1439.
16. Fernández J, Rodríguez-Vallejo M, Martínez Fernández I, et al. Optical quality after refractive surgery evaluated by double-pass technique. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(5):847-853.
17. Shemer A, Golan Y, Kresch T, et al. Randomized double-masked trial on quantum molecular resonance for dry eye. *Cornea*. 2024;43(1):45-52.
18. Ballesteros-Sánchez A, Rocha-de-Lossada C, Sánchez-González JM, Tedesco GR, Borroni D. Efficacy and safety of quantum molecular resonance electrotherapy in dry eye disease: a systematic review with meta-analysis. Ophthalmol Ther. 2025 May;14(5):1111-1131. doi:10.1007/s40123-025-01133-y