

Algoritmus a myopia megelőzésére és kezelésére

TAPASZTÓ BEÁTA DR.^{1,2}, NÉMETH JÁNOS DR.¹, NAGY ZOLTÁN ZSOLT DR.^{1,2}

¹Semmelweis Egyetem, Szemészeti Klinika, Budapest

(Igazgató: Prof. Dr. Nagy Zoltán Zsolt egyetemi tanár)

²Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, Szemészeti Klinikai Ismeretek Tanszék, Budapest (Tanszékvezető: Dr. Kovács Illés egyetemi docens)

A myopia napjaink egyik leggyorsabban terjedő népegészségügyi problémája, amely világszerte 2,6 milliárd embert érint, és súlyos szemészeti szövődményekhez vezethet. Ezért kiemelt jelentőségű a refrakciós hiba és betegség megelőzése, vagy korai felismerése, és progressziójának lassítása.

Alapvető feladat olyan hatékony beavatkozások kidolgozása és alkalmazása, amelyek képesek megelőzni vagy legalább késleltetni a rövidlátás kialakulását és progresszióját. A myopia okairól, genetikai háttéréről, környezeti tényezőiről, valamint a különböző kezelési lehetőségeiről – beleértve a prevenciót, a kezdet késleltetését és a progresszió mérséklését célzó módszereket – szóló tudományos ismeretek gyorsan bővülnek. Ugyanakkor számos kérdés továbbra is nyitott, ami megnehezíti egy minden helyzetre alkalmazható kezelési terv kialakítását.

Az ismeretek rohamos gyarapodása különösen nagy kihívás a mindennapi betegellátásban dolgozó szemészek számára, és ugyanakkor elengedhetlenné teszi az új kutatási eredmények folyamatos értékelését és gyakorlatba való beépítését. Ennek támogatására készült a myopia-algoritmus, amely a rövidlátás-menedzsment teljes folyamatát áttekinti. Célja, hogy gyakorlati segítséget nyújtson a szakembereknek az egyénre szabott kezeléshez igazított, hatékony stratégia kialakításában. Az algoritmus a legújabb bizonyítékokat integrálja, és lefedi a jelenleg elérhető és magalapozott háttérrel rendelkező lehetőségek teljes spektrumát az elsődleges prevenciótól a progresszió lassítását célzó beavatkozásokig.

Algorithm for the Prevention and Management of Myopia

Myopia is one of the fastest-growing public health problems, affecting 2.6 billion people worldwide and potentially causing serious ophthalmic complications. Therefore, the prevention, early detection, and slowing of the progression of this refractive error are essential.

It is crucial to develop effective interventions that can prevent or at least delay the onset and progression of myopia. Scientific knowledge about the causes of myopia, its genetic background, environmental factors, and the various treatment options – including methods for prevention, delayed onset, and slow progression – is rapidly expanding. However, many questions remain unresolved, making it difficult to establish a widely applicable management strategy.

This rapid growth of knowledge creates particular challenges for ophthalmologists in everyday clinical practice and also requires the continuous evaluation and integration of new research findings into patient care. To support this, a myopia management algorithm has been developed, providing a comprehensive overview of the entire process of myopia management. Its aim is to offer practical guidance to professionals in designing effective, individualised strategies. The algorithm integrates the latest evidence and covers the full spectrum of currently available, evidence-based options, from primary prevention to interventions intended to slow progression.

KULCSSZAVAK

myopiakontroll, folyamatábra, prevenció, premyopia, szemüveg, orthokeratológia, szabadtéri tevékenység, atropin, fényterápia

KEYWORDS

myopia control, flowchart, prevention, premyopia, spectacles, orthokeratology, outdoor activity, atropine, light therapy

Bevezetés

A rövidlátás napjaink egyik leg súlyosabb közegészségügyi problémája, különösen, hogy egyre gyakoribbá vált gyermek- és fiatalokban (1–4). A becslések szerint 2050-re a világ népességének akár felét is érintheti e refrakciós hiba. A rövidlátás növeli a makuladegeneráció, a retinaleválás, a glaukóma és a korai katarakta kockázatát, amelyek súlyos, akár végleges látásromlást okozhatnak (3, 5). Ezeket figyelembe véve a myopia megelőzése, korai felismerése és progressziójának lassítása a szemészeti ellátás egyik kiemelt területévé kell váljon.

Az elmúlt években nemzetközi szinten jelentős figyelem irányult a rövidlátás problémáira. Az International Myopia Institute (IMI) 2019-ben adta ki első konszenzusajánlását, amelyet két évente frissítenek: a legújabb, 2025-ös verzió már elérhető. Ezek az állásfoglalások széles körű szakmai összefogással tekintik át a myopia megelőzésével és kezelésével kapcsolatos legújabb tudományos ismereteket (6–8). Emellett a National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2024-ben kiadott átfogó jelentése a myopiát már egyértelműen betegségként definiálja, és azt ajánlja, hogy a rövidlátást hivatalosan is orvosi diagnózisként ismerjék el (9). Az IMI ajánlásaira építve és azokkal együttműködve a European Society of Ophthalmology (SOE) 2021-ben dolgozta ki és tette közzé az európai irányelveket Update and Guidance on Management of Myopia címmel (10). Ennek a dokumentumnak a magyar nyelvű összefoglalóját a Szemészet folyóirat 2023. júliusi számában jelentettük meg (11).

Az európai guideline gyakorlati útmutatójaként jött létre a 2024-ben publikált kezelési algoritmus (12), amelynek jelen cikkünk a magyar nyelvű összefoglalója. Az algoritmust a legfrissebb tudományos állásfoglalások és publikációk alapján frissítettük és kiegészítettük, hogy naprakész, a szemész és optometrista szakemberek számára is közzétehető, gyakorlati segítséget nyújtson a myopia menedzsmentjében. Áttekinthető folyamatábrákban foglalja össze a megelőzés, a myopia kialakulásának késleltetése, valamint a progresszió lassítása során követendő lépéseket, külön figyelmet fordítva a környezeti tényezők jelentőségére, a premyopiások szűrésére és követésére, valamint a különböző kezelési lehetőségek alkalmazására. Ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy gyakorlati alkalmazását több tényező is befolyásolja, amelyek korlátokat szabhatnak egy általános iránymutatásnak. Bár a myopia-menedzsmentről kiterjedt szakirodalom áll rendelkezésre, számos kérdésben még mindig hiányoznak a kellő bizonyítékok, ami megnehezíti egy minden helyzetre alkalmazható algoritmus kidolgozását. Randomizált, kontrollált vizsgálatok placebocsoporttal etikai okokból egyre nehezebben végezhető, ráadásul a myopia progressziója egyénenként is jelentős eltérést mutat, ami tovább nehezíti a kutatásokat. Emellett Európán belül, országonként eltérő jogi előírások szabályozzák a kezeléseket, ami szintén befolyásolja az algoritmus gyakorlati alkalmazását. További bizonytalanságot jelent, hogy jelenleg nincs egyértelmű válasz arra, mikor érdemes elkezdni a beavat-

kozást és melyik kezelési formával, valamint milyen életkorban, milyen feltételekkel indokolt a kezelési módszer váltása. A kombinációs terápiák hatékonyságáról sincs elegendő adat, mivel ehhez közvetlen összehasonlító vizsgálatok lennének szükségesek. A kezelések optimális időtartama is tisztázatlan: kevés kutatás vizsgálja a 2-3 évnél hosszabb alkalmazás eredményességét vagy a kezelés elhagyása utáni visszaesés mértékét (12–14).

Mindezek ellenére számos európai szakember közös munkájának eredményeként sikerült olyan gyakorlati algoritmust kidolgozni, amely a jelenlegi legjobb tudás alapján nyújt iránymutatást a myopia megelőzésében és kezelésében (12).

Algoritmus

A folyamatábrákban zárójelben szereplő számok a szövegben található magyarázatokra utalnak és segítik a tartalom követését. A folyamatábrákat felülről lefelé kell olvasni, de egyes döntési pontoknál bizonyos válaszok felfelé irányulnak, majd visszatérnek a folyamatábra korábbi szintjére, jelezve a myopia kialakulásának és az alkalmazott beavatkozásoknak a monitorozásához, illetve utánkövetéséhez szükséges ismételt ciklusok fontosságát.

A myopia kialakulásának megelőzése vagy késleltetése (elsődleges prevenció) (1. ábra)

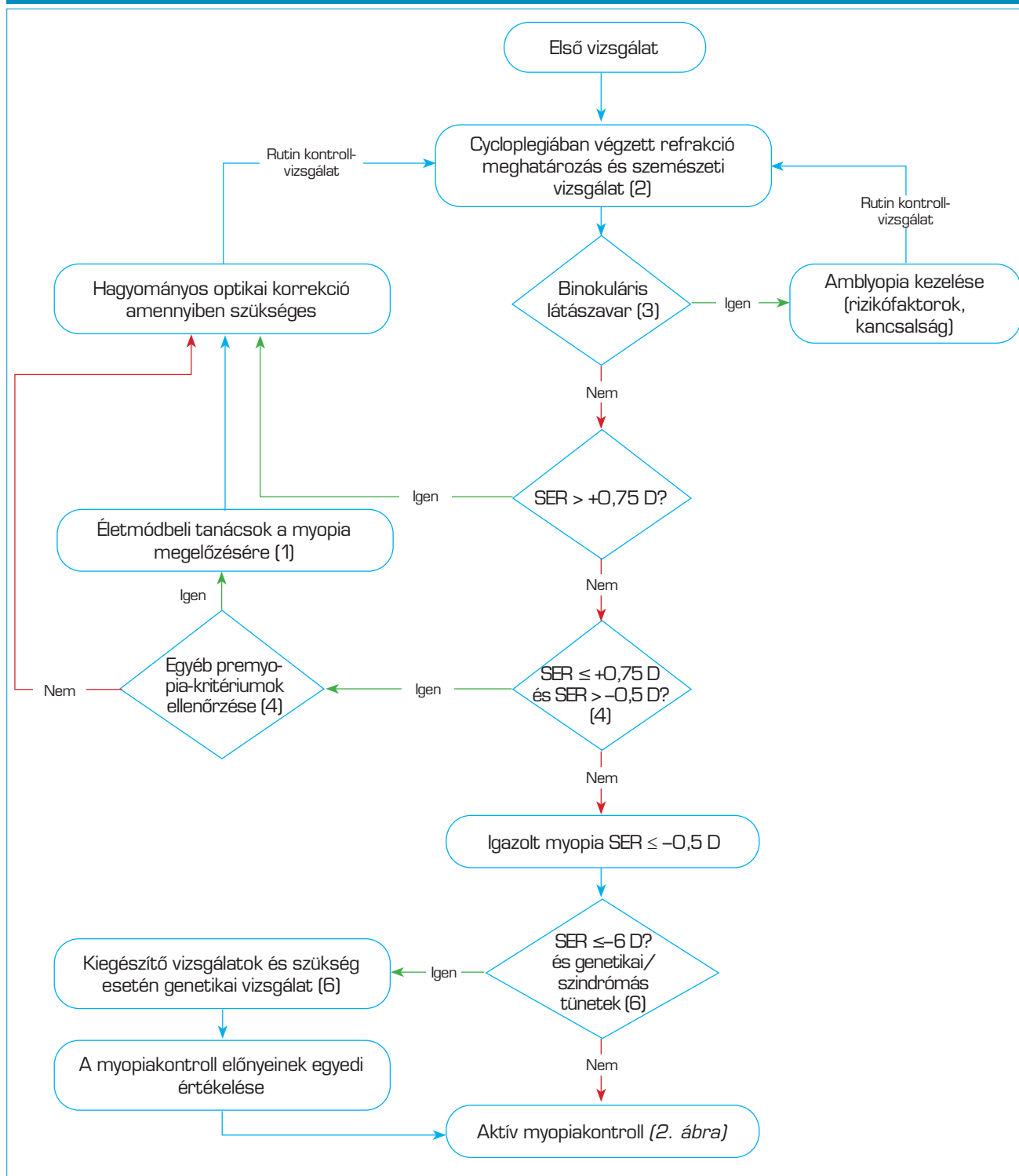
1. Behavioural myopia prevention advice/Életmódbeli tanácsok a myopia megelőzésére

A myopia kialakulásának megelőzése, vagyis az elsődleges prevenció

Rövidítések:

AC/A: akkomodációs konvergencia/akkomodáció arány; AL: Axial Length; ATOM: Atropine for the Treatment Of Myopia; BLT: Bright Light Therapy; BOZD: Back Optic Zone Diameter; CARE: Cylindrical Annular Refractive Elements; D: dioptria; DIMS: Defocus Incorporated Multiple Segments; DOT™: Diffusion Optics Technology; IMI: International Myopia Institute; LAMP: Low-concentration Atropine for Myopia Progression; MOSAIC: Myopia Outcome Study of Atropine in Children; Ortho-K: orthokeratológia; RLRLT: Repeated Low-Level Red Light Therapy; SE/SER: Spherical Equivalent Refraction; SOE: European Society of Ophthalmology; HALT: Highly Aspherical Lenslet Target; WHO: World Health Organization

1. ábra: Kezdeti refrakciós vizsgálat folyamatábrája. Algoritmus a myopia elsődleges és másodlagos megelőzésének lépéseit mutatja. A zárójelben lévő számok a szövegben lévő részletesebb leírásra utalnak. (D: dioptria, SER: szférikus ekvivalens refrakció) [12]



célja, hogy a rövidlátás megjelenését késleltessük, vagy lehetőség szerint elkerüljük. Ez azért különösen fontos, mert minél később alakul ki a myopia, annál kisebb a valószínűsége

annak, hogy később nagyfokú vagy patológiás myopia jöjjön létre (5, 15). A gyermekek számára több életmódbeli ajánlás is rendelkezésre áll a megelőzés érdekében (1. táblázat).

A legerősebb bizonyítékok szerint napi 1-2 óra szabadban töltött idő jelentősen csökkenti a myopia kialakulásának esélyét (I. szintű evidencia) (10, 17, 23, 24, 16). Emellett

1. táblázat: Ajánlások a rövidlátás megelőzésére vagy kialakulásának késleltetésére iskoláskorú gyermekeknél (az I. szint jelenti a legmagasabb evidenciaszintet – részletek az Elsevier szerinti evidenciaszinteknél) (16)

Életmódbeli tényezők	Javaslat	Evidenciaszint
Szabadtéri tevékenység	Napi 1-2 óra szabadtéri tevékenység (17, 18).	I. szint
Közeli munka	A folyamatos olvasás vagy más közeli munka időtartamát korlátozzuk 30–45 percre, majd tartsunk szünetet (19, 20).	II. szint
	Az olvasási távolság legyen nagyobb, mint 20–30 cm (19–22)	III. szint

fontos a közeli munkavégzés korlátozása: a folyamatos olvasás vagy képernyőnézés ideje ne haladja meg a 30–45 percet (18, 19), majd következzen 5–10 perces szünet (II. szintű evidencia) (16). Néhány adat szerint az 5 perc szünet hatékonyabb lehet a myopia kockázatának csökkentésében, mint a hagyományos 20-20-20 szabály (20 percenként 20 láb távolságra nézni 20 másodpercig), amely inkább a szemfáradtság csökkentésére szolgál (25). Fontos az olvasási távolságra is figyelni: legalább 20–30 cm legyen a szem és az olvasott szöveg közötti távolság (III. szintű evidencia) (19–22, 16).

A minél több szabadban töltött idő és korlátozott közelre nézés mellett érdemes törekedni az egészséges vizuális környezet kialakítására is. Beltéren előnyös a természetes nappali fény biztosítása, vagy ennek hiányában nagy fényerejű mesterséges világítás alkalmazása, amely meghaladja a 2500 luxot (III. szintű evidencia) (21, 26–28, 16). A COVID-19-járvány tapasztalatai alapján online oktatás során kevésbé serkenti a myopia kialakulását a TV vagy projektor használata, mint a tablet, mobiltelefon vagy számítógép képernyője (29). A WHO ajánlása szerint a két év alatti gyermekek esetében kerülni kell a közeli képernyőhasználatot, míg ötéves kor alatt napi egy órára kellene korlátozni azt (30). Az öt és tizenkét év közötti gyermekek számára az Erasmus Myopia Kutató-

csoport napi legfeljebb két óra közeli képernyőidőt javasol (31).

A kis dózisú atropin szerepét a myopia megelőzésében és kialakulásának késleltetésében szintén több vizsgálat elemezte. A 0,025% és 0,05%-os atropin premyopiás gyermekek esetében hatékonynak bizonyult a myopia késleltetésében a kontrollcsoportéhoz képest, különösen azoknál, akiknél a törőérték a plan és +1,0 D közé esett (I-II. szintű evidencia) (32, 33, 16).

2. Cycloplegic refraction and clinical examination/Cycloplegiában végzett refrakció meghatározás és szemészeti vizsgálat

Az algoritmus első lépése a cycloplegiás refrakció elvégzése (1. ábra). A cycloplegia alkalmazása azért javasolt, hogy pontosan meghatározható legyen a premyopia diagnózisa, elkerülhető legyen a myopia túldiagnosztizálása, valamint, hogy megbízható és ismételhető kiindulási értéket kapjunk a későbbi ellenőrzésekhez (34, 35). Ha cycloplegia nem történik, a vizsgálónak meg kell győződnie arról, hogy a szem alkalmazkodásmentes állapotban van a vizsgálat során (36, 37). Ehhez segítséget nyújthat a korrigálatlan távoli látóélesség vizsgálata.

A myopia előfordulása hat év alatti gyermekeknél még Ázsiában is alacsony, mindössze 0,2–3,7% között mozog (38, 39), ezért a myopiára irányuló szűrővizsgálat elvégzése leginkább a hatéves kor körül javasolt. Ha a myopia ennél fiatalabb életkor-

ban jelentkezik, akkor mérlegelni kell szekunder myopia lehetőségét, például *Stickler-szindróma* vagy egyéb társuló kórkép fennállását, amely célzott kivizsgálást igényel (40).

A premyopiások szűrése (másodlagos prevenció) (1. ábra)

3. Binocular vision problems/ Binokuláris látászavar

A binokuláris látás és a myopia kialakulása közötti kapcsolat ellentmondásos. Bár sok szakember hangsúlyozza a binokularitás fontosságát a myopia szűrésében, az IMI nemzetközi összefoglaló második sorozatában ez kevesebb figyelmet kapott, kimutatva, hogy egyértelmű ok-okozati kapcsolatot nem sikerült igazolni (41). Vizsgálatok bizonyították ugyanakkor, hogy myopiás gyermekeknél a konvergencia és az alkalmazkodás aránya (AC/A arány) emelkedett, és ez a magasabb érték akár négy évvel meg is előzheti a myopia kialakulását, ezért ellenőrzésének szerepe lehet a prevencióban (41, 42). Ezzel szemben a késleltetett akkomodáció nem bizonyult előrejelző tényezőnek sem a myopia kialakulásában, sem annak progressziójában (41). Mindezek ellenére, mivel a retinán létrejövő éles kép alapvető a normál látásfejlődéshez, a szemészek számára továbbra is fontos a binokuláris látás vizsgálata és szükség szerinti korrekciója minden gyermek esetében (41).

4. Premyopia

A premyopia olyan fénytörési állapot, amikor a cycloplegiában mért szférikus ekvivalens 6 éves kor körül $\leq +0,75$ D és $> -0,50$ D közé esik, és a myopia kialakulásának kockázata fokozott, különösen családi halmozódás, binokuláris látási probléma vagy kedvezőtlen életmód – például kevés szabadban töltött idő és gyakori közeli munkavégzés – esetén (34). Emellett további tényezők, mint az életkor, a női nem, az etnikai háttér vagy a szülői myopia előfordulása, szintén növelhetik a kockázatot (10, 43) (2. táblázat).

2. táblázat: A myopia kialakulásával, vagy progressziójával összefüggő kockázati tényezők

Kockázati tényező	Magyarázat
Etnikum	A kelet-ázsiai származás magasabb kockázatot jelent a myopia és a nagyfokú myopia kialakulása szempontjából [10, 44–46].
Nem	A leányoknál körülbelül 9 éves kortól magasabb a myopia kockázata, mint a fiúkban [44].
Életkor a myopia kialakulásakor	A korai életkorban kezdődő myopia esetén az éves progresszió jelentősen gyorsabb, különösen a 6–12 éves korosztályban [10, 47–51].
Szülői myopia	Ha egyik vagy mindkét szülő myopiás, a gyermeknél nagyobb valószínűséggel alakul ki myopia [10, 43, 51]. Ha mindkét szülő nagyfokú rövidlátó, a gyors progresszió kockázata is nő [52].
Szabadban töltött idő	A szabadban töltött idő növelése hatékony lehet a myopia megelőzésében vagy kialakulásának késleltetésében [10, 43, 44, 51, 53].
Oktatás/közel munkavégzés	A közeli munkavégzéssel töltött idő (különösen, ha hosszan tartó és kevés szabadtéri tevékenységgel társul) növeli a myopia kialakulásának esélyét [10, 43, 51]. Jelentős összefüggés van a digitális eszközhasználat és a myopia előfordulása között is [10, 43, 53].

A szemgolyó axiális hosszváltozásának nyomon követése hasznos eszköz mind a premyopiások szűrésében és követésében, mind pedig a myopia kontrolljában, mivel a rövidlátás szemészeti következményei szorosan összefüggnek a szem tengelyhosszával (54–56). Az axiális hossz éves növekedésének normálértékei életkor szerint változnak: 6–9 éves korban átlagosan 0,16 mm, 9–12 éves korban 0,08 mm, míg 11–14 éves korban már csak 0,02 mm az éves növekedés, és a tinédzserévek végére az emmetropizáció általában lezárul (57).

Léteznek életkorhoz és nemhez igazított, a szemgolyó növekedését jelző görbék, amelyek segítségével nyomon követhető, hogy egy adott gyermek szemtengely hossza és annak változása a normáltartományban mozog-e (58, 59). Azok a gyermekek, akiknél az axiális hossz meghaladja az életkornak megfelelő átlagértékeket, vagy akik a grafikonok magasabb percentilis területébe kerülnek – azaz a tengelyhossz növekedése gyorsabb a vártnál –, fokozott kockázatnak vannak kitéve a myopia, illetve a nagyfokú myopia kialakulása szempontjából. Ezért az axiális hossz rendszeres mérése (optikai biométerekkel) és értékelése fontos része a premyopiások szűrésének és a myopia kontrolljának (58, 59). A kontrollvizsgálatok gyakorisága egyénenként eltérhet a kockázati tényezők és a szemhossz

alapján, de általánosságban félévenkénti ellenőrzés javasolt (10).

A myopia progressziójának csökkentése (harmadlagos prevenció) [2. ábra]

5. Decision to treat/Döntés a kezelés megkezdéséről

Minden szemészeti ellátást nyújtó szakember kötelessége, hogy tájékoztassa a szülőket és a rövidlátó gyermekeket a myopia-kontroll lehetőségeiről, és szükség esetén beavatkozást kínáljon. Ha azonban nem érzi magát kellően kompetensnek a myopia kezelésében, a páciens irányítsa egy megfelelő kollégához (2. ábra).

Noha a látásromlás kockázata 25%-ra nő, ha az axiális hossz meghaladja a 26 mm-t, és több mint 90%-ra emelkedik 30 mm felett (54), fontos megjegyezni, hogy a fiatal életkorban jelentkező enyhe és közepes fokú myopia is fokozott kockázatot jelenthet (55, 56). A környezeti hatások optimalizálása mellett (1. táblázat) jelenleg két alapvető beavatkozás csoportról áll rendelkezésre a legtöbb bizonyíték: az optikai és a farmakológiai módszerekről. Bár az utóbbi években megjelent a fényterápia is, amelyről már több cikk született (60–64), jelenleg még nem áll rendelkezésre elegendő evidencia megbízható alkalmazását illetően.

Számos szempontot kell figyelembe venni annak eldöntésekor, hogy

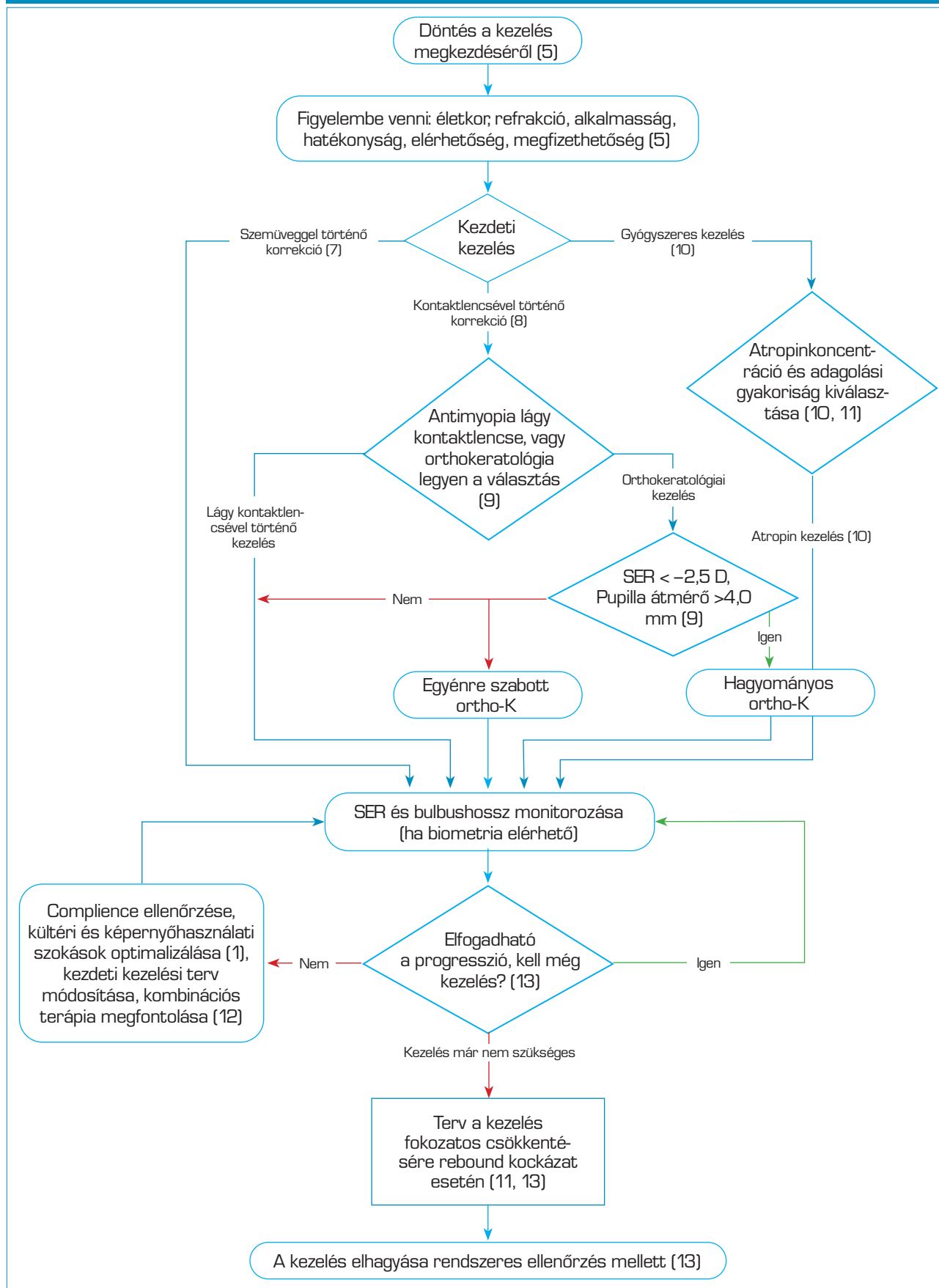
melyik beavatkozási lehetőséget válasszuk. Ezek közé tartozik az adott eljárás elérhetősége a páciens országában, a páciens életmódjához vagy anyagi helyzetéhez való gyakorlati alkalmazkodás, a szemész szakember jártassága az adott módszerben, valamint a szükséges eszközök megléte. Hazánkban inkább az optikai módszerek vannak túlsúlyban a farmakológiai (atropinos) kezeléssel szemben.

Ha egy adott módszer nem hoz megfelelő eredményt, érdemes másikat kipróbálni, vagy akár több eljárást kombinálni (10, 23, 65). Fontos hangsúlyozni, hogy bár ezek a beavatkozások sok gyermek esetében hatékonyan bizonyultak, nem mindenki reagál rájuk egyformán – egyes gyermekeknél a myopia továbbra is gyorsan progrediálhat. A myopiakezelés során elengedhetetlen a személyre szabott kezelés.

6. Genetic, syndromic features/ Genetikai, szindrómás tünetek

Ha nagyon fiatal korban jelentkezik nagyfokú myopia, fontos kizárni a társuló genetikai vagy szindrómás betegségeket (*Stickler-, Marfan-, Down-szindróma*). Ilyenkor elengedhetetlen a részletes kórelőzmény felvétele és a biometriai vizsgálat. Szükség lehet további speciális vizsgálatokra és multidiszciplináris értékelésre is, ezért az elsődleges ellátást követően célszerű a gyermeket harmadfokú ellátóhelyre irányítani. Bár kisgyermekkorban alkalmazha-

2. ábra: Kezelési folyamatábra. Algoritmus a myopia progressziójának lassítására. (Ortho-K: orthokeratológia, SER: szférikus ekvivalens refrakció) (12)



tók az alacsony kockázatú kezelése a myopia lassítására, genetikai eredetű, magas fokú vagy szindrómás formák esetén ezek hatékonyságáról korlátozott bizonyíték áll rendelkezésre. A refrakció és az axiális hossz rendszeres, szoros nyomon követése javasolt a kezelés során (66).

7. Spectacle treatment/ Szemüveggel történő korrekció

A rövidlátó pácienseket nem szabad alulkorrigálni (10, 53, 67) (alacsony bizonyosságú evidencia, Cochrane – 2023) (68), de túlkorrigálni sem (69). A kékfény-szűrő szemüvegeknek nincs hatásuk (53, 70), a bifokális vagy progresszív addíciós szemüvegek pedig csak csekély mértékben lassítják a myopia progresszióját (53, 71).

A korszerű, kifejezetten myopia-kontrollra fejlesztett szemüveglencsék a legkevésbé invazív beavatkozások közé tartoznak, és fiatalabb pácienseknél bizonyítottan hatékonyak, ezért a kezelés megkezdésének egyik elsőként választandó lehetőségei. Magyarországon jelenleg három olyan típus érhető el, amelynek hatékonyságát tudományos evidenciák is alátámasztják: a DIMS (Defocus Incorporated Multiple Segments) technológiát alkalmazó Hoya MiyoSmart (72), a HALT (Highly Aspherical Lenslet Target) technológiát használó Essilor Stellest (73), valamint a CARE (Cylindrical Annular Refractive Elements) technológiás Zeiss MyoCare lencsék (74). Emellett Európában már elérhető az egyik legújabb fejlesztés, a DOT™ (Diffusion Optics Technology) technológia is, amely a retinális kontrasztérzékenység csökkentésével fejti ki hatását (75). Hazánkban a felírásukhoz általában nincs szükség speciális szakképzettség-re, a szemész szakorvosok és optikai központok egyaránt rendelhetik ezeket a lencsákat. Ugyanakkor egyes gyártók a forgalmazást vagy a felírást előzetes felkészítéshez, képzéshez vagy tudásfelméréshez kötik, annak érdekében, hogy a

szemüveglencsék a megfelelő indikációban és körülmények között kerüljenek alkalmazásra.

8. Contact lens treatment/ Kontaktlencsével történő korrekció

Bizonyos helyzetekben a szemüveg nem jelent megfelelő megoldást. Előfordulhat, hogy a gyermek nem szívesen viseli, vagy sportolás közben a használata nem praktikus. Kutatások szerint a kontaktlencse-viselés javíthatja a gyermekek és serdülők önértékelését, valamint részvételét különféle tevékenységekben (36, 76).

A rövidlátás progressziójának lassítása kontaktlencsés korrekcióval több, bizonyítékokon alapuló lehetőséggel is megvalósítható. Ide tartoznak a multifokális lágy kontaktlencsék (mérsékelt bizonyosságú evidencia, Cochrane – 2023) (68), a pozitív szférikus aberrációjú kontaktlencsék, valamint az éjszakai orthokeratológiai lencsék (mérsékelt bizonyosságú evidencia, Cochrane – 2023) (68). Az egyfókuszú, gázáteresztő kemény vagy lágy kontaktlencsék viselése ezzel szemben csekély vagy egyáltalán semmilyen hatással nincs a myopia progressziójára és az axiális hossz növekedésére (53, 71).

A kontaktlencse-viselés legsúlyosabb szövődménye a mikrobás keratitis. Gyermekeknél ennek élet-tartamra vetített kockázata napi eldobható lágy kontaktlencse esetén alacsony (1:431), orthokeratológiai lencsénél azonban magasabb (1:67). Nagyfokú myopia esetén (–6,0 D felett vagy AL >26 mm) a látásvesztéssel járó, rövidlátáshoz köthető szövődmények kockázata eléri az 1:10 arányt, ezért ezeknél a gyermekeknél a hatékony kontaktlencsés kezelések – beleértve az ortho-K-t is – indokoltak lehetnek. Alacsonyabb fokú myopia esetén (–3,0 D alatt vagy AL <26 mm) maga a myopia kisebb kockázatot jelent a felnőttkori látáskárosodásra (1:10–1:100), így ezekben az esetekben a napi eldobható lágy antimyopia kontaktlencsék kínálnak biztonságos megoldást (77).

9. Soft contact lens or ortho-K/ Antimyopia lágy kontaktlencse, vagy orthokeratológia legyen a választás

A hagyományos orthokeratológiai lencsék esetében a cornea centrumában elért dioptriacsökkentés mértéke arányos a cornea közép-perifériáján kialakuló dioptrianövekedéssel (78). Ez a folyamat kulcs szerepet játszik a perifériás retinán létrejövő myopiás defókuszt (79), valamint az aberrációk – különösen a szférikus aberráció és a vertikális koma – kialakulásában (80). A hatás *dózisfüggő*: minél nagyobb a centrális dioptriacsökkentés (a lelapítandó dioptria), annál kifejezettebb a középperifériás emelkedés, és ezzel együtt a myopia-kontroll-hatás is.

A pupilla méretének is jelentősége van. Ha a pupilla átmérő 4,0 mm vagy annál kisebb, nappali használatra szánt, lágy, myopia-kontroll célú kontaktlencsék hatékonyabbak lehetnek, mint az éjszakai ortho-K lencsék (81–84). Ennek oka, hogy az ortho-K lencsék optikai zóna-átmérője (BOZD) – amely a távoli éleslátásért felelős – jellemzően 6,0 mm, és a lassító zóna csak ezután következik. Lágy kontaktlencsék esetén a terápiás, a myopia progresszióját gátló zóna 5,0 mm-en belül helyezkedik el (85), ezért szűk pupilla mellett jobban érvényesül. Így a terápiás hatás *pupillaméret-függő*: kisebb pupilla esetén az ortho-K lencse perifériás defókuszt létrehozó hatása kevésbé érvényesül.

Az orthokeratológiai kontaktlencsék esetében lehetőség van egyénre szabott („customized”) kivitelezésű kontaktlencsék rendelésére. Ilyenkor a lencse átmérője a szaruhártya átmérőjéhez igazítható a jobb illeszkedés érdekében. A hatékonyság fokozható a retinális myopiás defókuszt mértékének növelésével – ez különösen kisebb dioptriák esetén lehet előnyös a dózisfüggő hatás miatt. Rendelhető tórikus kivitel az asztigmatizmus korrekciójára, valamint szűkebb pupilla esetén kisebb optikai zóna is kialakítható, ami javíthatja a progressziólassító hatást (10).

10. Pharmacological treatment (atropine)/Gyógyszeres kezelés (atropin)

Az atropin a myopiakontroll egyik alappillére (közepes bizonyosságú evidencia, Cochrane – 2023) (68). Az elmúlt két évtized klinikai vizsgálatai meggyőző bizonyítékot szolgáltatottak a szemgolyó növekedését gátló hatásáról (86–88), ugyanakkor számos országban eddig off-label módon alkalmazták. A myopia progressziójának lassítása dóziszfüggő, de a mellékhatások és a rebound-hatás (felgyorsult progresszió a terápia elhagyása után) is a dózissal arányosan növekszik (10, 65, 89). Fontos előrelépés, hogy a 0,1 mg/ml (0,01%) koncentrációjú, gyári kiszerelésű atropin szemcsepp 2025 júniusában európai forgalmazási engedélyt kapott myopiakontroll céljára, és 2026 tavaszától várhatóan elérhető lesz Magyarországon is.

A LAMP (Low-concentration Atropine for Myopia Progression) vizsgálatban a rebound hatás mindhárom tesztelt koncentráció (0,01%, 0,025% és 0,05%) esetében klinikailag enyhe volt. Idősebb életkorban és alacsonyabb dózis mellett a kezelés befejezése kisebb mértékű rebound-hatással járt (88). A 0,01%-os atropin hatékonyságáról az axiális megnyúlás lassításában ellentmondásos eredmények születtek: egyes vizsgálatok nem találtak szignifikáns különbséget a placebohoz képest (87, 90, 91), míg mások mérsékelt hatékonyságot mutattak (92–94).

A legfrissebb vizsgálatok azt igazolták, hogy a kezelésre adott válasz jelentősen függhet az etnikai háttértől és szemszíntől. A 24 hónapos, 0,01%-os atropinnal végzett MOSAIC-vizsgálatban (Myopia Outcome Study of Atropine In Children) csak a fehér etnikumú és kék szemű gyermekeknél volt kimutatható szignifikáns hatás, míg barna vagy zöld szeműeknél, illetve nem fehér résztvevőknél nem észleltek számottevő kezelésre adott választ (95).

Tovább árnyalja a képet, hogy az

ATOM-vizsgálatok (Atropine for the Treatment Of Myopia) szerzői húsz év elteltével visszakövették eredeti pácienseiket (96). Azt találták, hogy a kezelt és a nem kezelt csoportok felnőttkori töréshibája (SE) és axiális hossza (AL) között nem volt szignifikáns különbség, vagyis a néhány éves atropinkezelés hosszú távú hatása nem igazolható, holott rövid távon (2 év) szignifikáns különbség volt észlelhető a myopiaprogresszió csökkentésében (96). Fontos megjegyezni, hogy az ATOM-résztvevők gyakorlatilag csupán két évig részesültek kezelésben, még fiatal életkorban, amikor a myopia gyorsan progrediál. Ez alapján feltételezhető, hogy a myopiakontroll céljából alkalmazott atropinkezelést hosszabb távra kell megtervezni, hogy tartós hatást érjünk el.

Fiatalabb gyermekek esetében a myopiás progresszió lassításához gyakran magasabb, 0,05%-os atropinkoncentrációra van szükség, mivel ebben a korcsoportban az alacsonyabb dózisokra jellemzően gyengébb terápiás válasz figyelhető meg (88). Egy friss network metaanalízis szerint a myopiakontroll szempontjából a három leghatékonyabb koncentráció az 1%, a 0,5% és a 0,05% volt. Ugyanakkor a pupillaátmérőre és az akkomodációra gyakorolt mellékhatások szintén dóziszfüggőnek bizonyultak, vagyis minél magasabb a koncentráció, annál nagyobb a nemkívánatos hatások kockázata. A rendelkezésre álló adatok alapján a 0,05%-os koncentráció kínálja a legkedvezőbb egyensúlyt a hatékonyság és a tolerálhatóság között, így ez tekinthető a jelenlegi legjobb koncentrációnak (97).

Azoknál a gyermekeknél, akiknél fennáll a nagyfokú myopia kialakulásának kockázata felnőttkorra, egyes szerzők kezdetben 0,5%-os atropindózis alkalmazását javasolják (98). Az e koncentrációval járó lehetséges mellékhatások enyhítése érdekében fényre sötétedő szemüveg és progresszív addíciós lencse használata ajánlott (31).

11. Create plan for tapering treatment if rebound a possibility/Terv a kezelés fokozatos csökkentésére rebound-kockázat esetén

Jelenleg nincsenek egységes, bizonyítékokon alapuló irányelvek az atropin dózisének csökkentésére, de a nagyobb dózisok hirtelen elhagyása fokozott myopiaprogressziót okozhat (86). Bár alacsonyabb dózisok esetén ez nem minden esetben jár együtt gyorsult axiális hosszúnövekedéssel (87), a korábban magasabb dózist kapott gyermekeknél javasolt a fokozatos áttérés alacsonyabb koncentrációra (98). A rebound-hatás mértéke életkorfüggő: 12 éves kor felett általában kisebb, ezért fiatalabb gyermekeknél a kezelés megszüntetése és a dózis fokozatos csökkentése nagyobb körültekintést igényel (99, 100). Ilyen esetben, ha egy éven át nem észlelhető progresszió, a dózist célszerű fokozatosan csökkenteni: évente 1-2 nappal ritkítani a heti alkalmazási gyakoriságot, az axiális hossz rendszeres ellenőrzése mellett (100).

12. Combination therapies/Kombinált terápiák

Kombinált terápiák során az optikai beavatkozásokat gyakran egészítik ki atropinnal (közepes bizonyosságú evidencia, Cochrane – 2020) (101). Vizsgálatok szerint a kombinált kezelés szignifikánsan hatékonyabban lassítja a myopia progresszióját, mint bármelyik módszer önmagában (10, 65, 102). Több tanulmány igazolta, hogy az alacsony dózisú atropin és az orthokeratológia együttes alkalmazása nagyobb myopiakontroll-hatást eredményez, mint az orthokeratológia önmagában (103–105). A kombinációban az atropin alacsony koncentrációban is elegendő, mivel elsősorban a pupillatágító hatás érvényesül: a tágabb pupilla lehetővé teszi, hogy az ortho-K lencse által létrehozott terápiás zóna a perifériás retinára vetüljön, ezáltal a myopiás defókuszt kifejttesse hatását. A pupillaátmérő kis, de szignifikáns növekedése magasabb rendű aberrációk emelkedé-

séhez is vezethet, amelyek optikai ingerként lassíthatják a szem megnyúlását (106).

Az optikai kezelések kiegészítése nemcsak atropinnal, hanem más módszerekkel – például fényterápiával – is kutatás tárgyát képezi (107). A fényterápia azonban még új megközelítésnek számít, és jelenleg nem állnak rendelkezésre megbízható, hosszú távú adatok a lehetséges mellékhatásokról, ezért külön fejezetben tárgyaljuk.

13. Discontinuing treatment with monitoring/A kezelés elhagyása rendszeres ellenőrzés mellett

A myopia leggyorsabban 6 és 12 éves kor között progrediál (47, 48), majd a serdülőkor végére fokozatosan lassul. A progresszió 15 éves korban az esetek mintegy 52%-ában, 18 éves korra pedig már csak 23%-ában észlelhető. A 21–24 éves kor között a myopia többnyire stabilizálódik, bár nagyfokú myopia esetén további romlás is előfordulhat (48, 108, 109). Ritkábban 20 és 30 éves kor között is kialakulhat vagy súlyosbodhat a rövidlátás, amelynek hátterében összetett genetikai és környezeti tényezők állnak (110, 111). A stabilizációt akkor tekinthetjük elértnek, ha az axiális hossz növekedése évente legfeljebb 0,06 mm (111, 112). A stabilizáció pontos életkori meghatározása a kezelés befejezése szempontjából különösen fontos, mivel az elongáció mértéke jelentősen életkorfüggő (59, 113).

Atropinkezelésnél figyelembe kell venni a rebound-hatás lehetőségét, különösen fiatalabb gyermekeknél. Az alacsony dózisú (0,05% és 0,1%) atropin hatékonyságát akár 4,5 éves folyamatos alkalmazás során is igazolták, és a hosszabb távon, a serdülőkorig folytatott kezelés esetén a rebound-hatás mérsékeltebb lehet (114). A kezelés leállítása után legalább 6–12 hónapos axiálishossz-követés javasolt az esetleges újabb progresszió időbeni felismerésére (100).

Új módszerek a myopiakontrollban

A jelenlegi kutatások szerint az ismételt alacsony intenzitású vörösfény-terápia (Repeated Low-Level Red Light Therapy – RLRLT) hatékonyan lassíthatja a myopia progresszióját (60–64). A kezelést egy asztali, lézerdiodás készülékkel végzik, amely hosszú hullámhosszú fényt bocsát ki (635–650 nm). A folyamatban lévő klinikai vizsgálatok követési ideje már meghaladta a 2 évet (115), és az eddig közölt eredmények figyelemre méltóak: a hatásosság felülmúlta több farmakológiai és optikai beavatkozását is. Feltételezhető mechanizmusai közé tartozik a keringés javulása, a chorioidea megvastagodása, valamint a retinasejtekben fokozódó mitokondriális aktivitás (116, 117).

A pontos hatásmechanizmus – különösen az axiális hossz rövidülésének magyarázata – azonban továbbra sem ismert, és nem vezethető vissza kizárólag a fenti változásokra. A kezelés abbahagyását követően eddig csak mérsékelt rebound-hatást figyeltek meg (115, 118). Lehetséges mellékhatásai közé tartozik a csapdenzitás csökkenése, valamint a fotokémiai és hő okozta retinakárosodás (119, 120), amely miatt már egyes készülékeket Kínában alacsonyabb biztonsági kategóriába soroltak vissza, és orvostechikai eszközként immár a harmadosztályú (Class III) minősítés alá esnek.

A módszer további vizsgálatokat igényel a hatékonyság, a pontos hatásmechanizmus, valamint a rövid és hosszú távú biztonságosság értékelésére. Érdemes megemlíteni, hogy más fényterápiás megközelítések – például a bright light terápia (BLT), a cián- és ibolyafény alkalmazása, valamint a digitális eszközökkel végzett dopaminerg stimuláció – is fejlesztés alatt állnak (121). Ezek azonban jelenleg még korai kutatási fázisban vannak, és további vizsgálatokat igényelnek.

Következtetés

A szemészettel foglalkozó szakembereknek sokrétű szerepe van a myopia primer, szekunder és tercier prevenciójában (24), és abban, hogy a premyopiás és rövidlátó gyermekek számára a legmegfelelőbb terápiát biztosítsák. A javasolt algoritmus a mindennapi gyakorlaton alapul, de figyelembe kell venni, hogy nincs egyetlen módszer, amely mindenkinél hatásos lenne – a myopiakezelést mindig az adott gyermek igényeihez kell igazítani.

Az axiális hossznövekedési görbék, valamint a családi és környezeti rizikófaktorok elemzése adhat alapot a megfelelő kezelési stratégia kidolgozásához és a premyopiások életmódbeli ajánlásainak meghatározásához. A betegek rendszeres ellenőrzése kulcsfontosságú a terápia hatékonyságának megítélésében, amelynek legmegbízhatóbb eszköze az axiális hossz mérése. Ha a választott beavatkozás nem bizonyul eredményesnek, indokolt lehet a kezelési módszer módosítása vagy más terápiákkal való kombinálása.

E szempontok figyelembevételével biztosítható, hogy a páciensek személyre szabott és a lehető leghatékonyabb ellátásban részesüljenek. A myopia kezelése jelenleg kiemelt kutatási és klinikai fókuszban áll, és az új bizonyítékok, terápiás lehetőségek, valamint kezelési irányelvek folyamatosan bővülnek. A szemész szakemberek feladata, hogy lépést tartsanak az új tudományos eredményekkel, alkalmazkodjanak a friss evidenciákhoz, és gondoskodjanak arról, hogy praxisuk a lehető legjobb ellátást nyújtsa a páciensek számára.

Nyilatkozat

A szerzők kijelentik, hogy eredeti, továbbképző közleményük megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

IRODALOM

1. Németh J, Nagy ZZ, Tapasztó B et al. Szemészeti eredmények Magyarország Átfogó Egészségvédelmi Szűrőprogramjában, 2011–2022. *Orvosi Hetilap* 2023; 164(7): 253–259. <https://doi.org/10.1556/650.2023.32701>
2. Németh J, Daiki T, Dankovics G et al. Prevalence of refractive errors in Hungary reveals three-fold increase in myopia. *Int J Ophthalmol* 2022; 15(7): 1174–1179. <https://doi.org/10.18240/ijo.2022.0719>
3. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016; 123: 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006>
4. Be he@lthy, be mobile: a toolkit on how to implement MyopiaEd. Geneva: World Health Organization and International Telecommunication Union, 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
5. Bullimore MA, Ritchey ER, Shah S et al. The Risks and Benefits of Myopia Control. *Ophthalmology* 2021 Nov; 128(11): 1561–1579. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.04.032>
6. Resnikoff S, Jonas JB, Friedman D, et al. Myopia – a 21st century public health issue. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: M1–M11. <https://doi.org/10.1167/iov.18-25983>
7. Flitcroft I, Bullimore MA, Gifford KL et al. Myopia Correction, Myopia Control and Myopia Management: Definitions and Recommended Usage. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2025; 66(6): 41. <https://doi.org/10.1167/iov.66.6.41>
8. Jones D, Chow A, Fadel D et al. IMI—Instrumentation for Myopia Management. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2025; 66: 7. <https://doi.org/10.1167/iov.66.9.7>
9. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2024. Myopia: Causes, Prevention, and Treatment of an Increasingly Common Disease. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/27734>
10. Németh J, Tapasztó B, Acimandos WA et al. Update and guidance on management of myopia. European Society of Ophthalmology in cooperation with International Myopia Institute. *Eur J Ophthalmol* 2021 May; 31(3): 853–883. <https://doi.org/10.1177/1120672121998960>
11. Tapasztó B, Németh J, Nagy Z.Zs, Útmutató a rövidlátóság megelőzésére, jelentkezésének kíséletetésére és progressziójának lassítására. Szemészet 2023; 160(3): 2–24. <https://doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2023.160.3.90>
12. Tapasztó B, Flitcroft DI, Acimandos WA et al. Myopia management algorithm. Annex to the article titled Update and guidance on management of myopia. European Society of Ophthalmology in cooperation with International Myopia Institute. *Eur J Ophthalmol* 2024 Jul; 34(4): 952–966. <https://doi.org/10.1177/11206721231219532>
13. Bullimore MA, Brennan NA, Flitcroft DI. The future of clinical trials of myopia control. *Ophthalmic Physiol Opt* 2023; 43: 525–533. <https://doi.org/10.1111/opo.13120>
14. Jones L, Drobe B, González-Méjome JM, et al. IMI – industry guidelines and ethical considerations for myopia control report. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: M161–M183. <https://doi.org/10.1167/iov.18-25963>
15. Chua SYL, Sabanayagam C, Cheung YB, Chia A, Valenzuela RK, Tan D, et al. Age of onset of myopia predicts risk of high myopia in later childhood in myopic Singapore children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2016; 36(4): 388–94. <https://doi.org/10.1111/opo.12305>
16. <https://scientific-publishing.webshop.elsevier.com/research-process/levels-of-evidence-in-research>
17. He X, Sankaridurg P, Wang J, et al. Time outdoors in reducing myopia: a school-based cluster randomized trial with objective monitoring of outdoor time and light intensity. *Ophthalmology* 2022; 129: 1245–1254. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.06.024>
18. Cao K, Wan Y, Yusuf M, et al. Significance of outdoor time for myopia prevention: a systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Ophthalmic Res* 2020; 63: 97–105. <https://doi.org/10.1159/000501937>
19. Ip JM, Saw SM, Rose KA. Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49: 2903–2910. <https://doi.org/10.1167/iov.07-0804>
20. Li SM, Li SY, Kang MT, et al. Near work related parameters and myopia in Chinese children: the Anyang Childhood Eye Study. *PLoS One* 2015; 10: e0134514. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134514>
21. Wen L, Cao Y, Cheng Q, et al. Objectively measured near work, outdoor exposure and myopia in children. *Br J Ophthalmol* 2020; 104: 1542–1547. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-315258>
22. Guo L, Yang J, Mai J, et al. Prevalence and associated factors of myopia among primary and middle school-aged students: a school-based study in Guangzhou. *Eye* 2016; 30: 796–804. <https://doi.org/10.1038/eye.2016.39>
23. Jonas JB, Ang M, Cho P, et al. IMI prevention of myopia and its progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 6. <https://doi.org/10.1167/iov.62.5.6>
24. Németh J, Acimandos WA, Tapasztó B, et al. The impact of the pandemic highlights the urgent need for myopia guidelines: The clinicians' role. *Eur J Ophthalmol* 2022 Nov 29; 33(2): 11206721221143008. <https://doi.org/10.1177/11206721221143008>
25. Pucker AD, Gawne TJ. Fighting myopia with intermittent nearwork breaks: 20 s every 20 min might not be enough time. *Optom Vis Sci* 2023; 100: 31–32. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001965>
26. Flitcroft DI, Harb EN, Wildsoet CF. The spatial frequency content of urban and indoor environments as a potential risk factor for myopia development. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020; 61: 42. <https://doi.org/10.1167/iov.61.11.42>
27. Wu PC, Chen CT, Lin KK, et al. Myopia prevention and outdoor light intensity in a school-based cluster randomized trial. *Ophthalmology* 2018; 125: 1239–1250. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.12.011>
28. Zhou Z, Chen T, Wang M, et al. Pilot study of a novel classroom designed to prevent myopia by increasing children's exposure to outdoor light. *PLoS One* 2017; 12: e0181772. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181772>
29. Ma M, Xiong S, Zhao S, et al. COVID-19 home quarantine accelerated the progression of myopia in children aged 7 to 12 years in China. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 37. <https://doi.org/10.1167/iov.62.10.37>
30. WHO. Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep. World Health Organization, Geneva, Switzerland: 2019. p. 36.
31. Klaver C, Polling JR, and Erasmus Myopia Research Group. Myopia management in The Netherlands. *Ophthalmic Physiol Opt* 2020; 40: 230–240. <https://doi.org/10.1111/opo.12676>
32. Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y, et al. Effect of low-concentration atropine eye drops vs placebo on myopia incidence in children: the LAMP2 randomized clinical trial. *JAMA* 2023; 329: 472–481. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.24162>
33. Fang PC, Chung MY, Yu HJ, et al. Prevention of myopia onset with 0.025% atropine in premyopic children. *J Ocul Pharmacol Ther* 2010; 26: 341–345. <https://doi.org/10.1089/jop.2009.0135>
34. Flitcroft DI, He M, Jonas JB, et al. IMI-defining and classifying myopia: a proposed set of standards for clinical and epidemiologic studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: M20–M30. <https://doi.org/10.1167/iov.18-25957>
35. Doherty SE, Doyle LA, McCullough SJet et al. Comparison of retinoscopy results with and without 1% cyclopentolate in school-aged children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2019; 39: 272–281. <https://doi.org/10.1111/opo.12629>
36. Sankaridurg P, Berntsen DA, Bullimore MA, et al. IMI 2023 Digest. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2023; 64: 7. <https://doi.org/10.1167/iov.64.6.7>
37. Wilson S, Ctori I, Shah R, et al. Systematic review and meta-analysis on the agreement of non-cycloplegic and cycloplegic refraction in children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2022; 42: 1276–1288. <https://doi.org/10.1111/opo.13022>
38. He M, Chen Y, Hu Y. Prevention of myopia onset. In: Ang M, Wong TY. (eds) *Updates on myopia. A clinical perspective*. 1st ed. Singapore: Springer; 2020. pp. 171–186.
39. Guo X, Fu M, Ming X, et al. Significant axial elongation with minimal change in refraction in 3- to 6-year-old Chinese preschoolers: the Shenzhen Kindergarten Eye Study. *Ophthalmology* 2017; 124: 1826–1838. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.05.030>
40. Tedja MS, Haarman AEG, Meester-Smoor MA, et al. IMI-myopia genetics report. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: 89–105. <https://doi.org/10.1167/iov.18-25965>
41. Logan NS, Radhakrishnan H, Cruickshank FE, et al. IMI Accommodation and binocular vision in myopia development and progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(5): 4. <https://doi.org/10.1167/iov.62.5.4>
42. Mutti DO, Mitchell GL, Jones-Jordan LA, et al. The response AC/A ratio before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017; 58(3): 1594–1602. <https://doi.org/10.1167/iov.16-19093>
43. Morgan IG, Wu P-C, Ostrin LA, et al. IMI risk factors for myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 3. <https://doi.org/10.1167/iov.62.5.3>
44. Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK, et al. Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention. *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 882–890. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2015-307724>
45. Tideman JWL, Polling JR, Hofman A, et al. Environmental factors explain socioeconomic prevalence differences in myopia in 6-year-old children. *Br J Ophthalmol* 2017; 102: 243–247. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2017-310292>
46. Morgan IG, Rose KA. Is the nature-nurture debate finally over? *Clin Exp Optom* 2019; 102: 3–17. <https://doi.org/10.1111/cxo.12845>
47. McCullough SJ, O'Donoghue L, Saunders KJ. Six year refractive change among white children and young adults: evidence for significant increase in myopia among white UK children. *PLoS One* 2016; 11: e0146332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146332>
48. Breslin KM, O'Donoghue L, Saunders KJ. A prospective study of spherical refractive error and ocular components among Northern Irish schoolchildren (the NICER study). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013; 54: 4843–4850. <https://doi.org/10.1167/iov.13-11813>
49. Chua SY, Sabanayagam C, Cheung YB, et al. Age of onset of myopia predicts risk of high myopia in later childhood in myopic Singapore children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2016; 36: 388–394. <https://doi.org/10.1111/opo.12305>
50. Polling JR, Klaver C, Tideman JW. Myopia progression from wearing first glasses to adult age: the DREAM study. *Br J Ophthalmol* 2022; 106: 820–824. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-316234>
51. Wolffsohn JS, Flitcroft DI, Gifford KL, et al. IMI-myopia control reports overview and introduction. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: M1–M17. <https://doi.org/10.1167/iov.18-25980>
52. Lim DH, Han J, Chung TY, et al. Epidemiologic survey committee of the Korean ophthalmologic society. The high prevalence of myopia in Korean children with influence of parental refractive errors: the 2008-2012 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *PLoS One* 2018; 13: e0207690. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207690>
53. <https://www.wspos.org/swdcore/uploads/WSPoS-Myopia-Consensus-Statement-2023-1.pdf>
54. Tideman JWL, Snabel MCC, Tedja MS, et al. Association of axial length with risk of uncorrectable visual impairment for Europeans with myopia. *JAMA Ophthalmol* 2016; 134: 1355–1363. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2016.4009
55. Bullimore MA, Brennan NA. Myopia control: why each diopter matters. *Optom Vis Sci* 2019; 96: 463–465. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001367>
56. Haarman AEG, Enthoven CA, Tideman JWL, et al. The complications of myopia: a review and meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020; 61: 49. <https://doi.org/10.1167/iov.61.4.49>
57. Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, et al; CLEERE Study Group. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007 Jun; 48(6): 2510–9. <https://doi.org/10.1167/iov.06-0562>
58. Tideman JWL, Polling JR, Vingerling JR, et al. Axial length growth and the risk of developing myopia in European children. *Acta Ophthalmol* 2018; 96: 301–309. <https://doi.org/10.1111/aos.13603>
59. McCullough S, Adamson G, Breslin KMM, et al. Axial growth and refractive change in white European children and young adults: predictive factors for myopia. *Sci Rep* 2020; 10: 15189. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72240-y>
60. Jiang Y, Zhu Z, Tan X, et al. Effect of repeated low-level red-light therapy for myopia control in children: a multicenter randomized controlled trial. *Ophthalmology* 2022; 129: 509–519. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.11.023>
61. Tian L, Cao K, Ma DL. Investigation of the efficacy and safety of 650 nm low-level red light for myopia control in children: a randomized controlled trial. *Ophthalmol Ther* 2022; 11: 2259–2270. <https://doi.org/10.1007/s40123-022-00585-w>
62. Zhou L, Xing C, Qiang W, et al. Low-intensity, long-wavelength red light slows the progression of myopia in children: an Eastern China-based cohort. *Ophthalmic Physiol Opt* 2022; 42: 335–344. <https://doi.org/10.1111/opo.12939>
63. Dong J, Zhu Z, Xu H. Myopia control effect of repeated low-level red-light therapy in Chinese children. *Ophthalmology* 2023; 130: 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.08.024>

64. Xiong R, Zhu Z, Jiang Y. Longitudinal changes and predictive value of choroidal thickness for myopia control after repeated low-level red-light therapy. *Ophthalmology* 2023; 130: 286–296. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.10.002>
65. Michaud L, Marcotte-Collard R, Simard P, et al. Diagnosis and treatment plan. In: *Managing myopia - one child at a time*. 1st ed. Ontario Canada: Dougmar Publishing Group Inc.; 2022. pp. 133–186.
66. Flitcroft I, Ainsworth J, Chia A, et al. IMI – management and investigation of high myopia in infants and young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2023; 64: 3. <https://doi.org/10.1167/iov.64.6.3>
67. Logan NS, Wolffsohn RS. Role of un-correction, undercorrection and overcorrection of myopia as a strategy for slowing myopic progression. *Clin Exp Optom* 2020; 103: 133–137. <https://doi.org/10.1111/ceo.12978>
68. Lawrenson JG, Shah R, Huntjens B, et al. Interventions for myopia control in children: a living systematic review and network meta-analysis. *Cochrane Database Syst Rev* 2023; 2(2): CD014758. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD014758.pub2>
69. Chen AM, Erzurum SA, Chandler DL, et al. Overminus lens therapy for children 3 to 10 years of age with intermittent exotropia: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol* 2021; 139: 464–476. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2021.0082>
70. Zhao HL, Jiang J, Yu Jet al. et al. Role of short-wavelength filtering lenses in delaying myopia progression and amelioration of asthenopia in juveniles. *Int J Ophthalmol* 2017; 10: 1261–1267. <https://doi.org/10.18240/ijo.2017.08.13>
71. Wildsoet CF, Chia A, Cho P, et al. IMI – interventions for controlling myopia onset and progression report. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: M106–M131. <https://doi.org/10.1167/iov.18-25958>
72. Lam CSY, Tang WC, Zhang HY, et al. Long-term myopia control effect and safety in children wearing DIMS spectacle lenses for 6 years. *Sci Rep* 2023; 13: 5475. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32700-7>
73. Li X, Huang Y, Liu C, Chang X, Cui Z, Yang Q, Drobe B, Bullimore MA, Chen H, Bao J. Myopia control efficacy of spectacle lenses with highly aspherical lenses: results of a 5-year follow-up study. *Eye Vis (Lond)* 2025 Mar 5; 12(1): 10. <https://doi.org/10.1186/s40662-025-00427-3>
74. Alvarez-Peregrina C, Sanchez-Tena MA, Villa-Collar C, et al. Clinical Evaluation of MyoCare in Europe – the CEME Study Group. Clinical evaluation of MyoCare in Europe (CEME) for myopia management: One-year results. *Ophthalmic Physiol Opt* 2025 Jun; 45(4): 1025–1035. <https://doi.org/10.1111/opo.13517>
75. Laughton D, Hill JS, McParland M, Tasso V, Woods J, Zhu X, Young G, Craven R, Hunt C, Neitz J, Neitz M, Chalberg TW, Jones D, Wolffsohn JS. Control of myopia using diffusion optics spectacle lenses: 4-year results of a multicentre randomised controlled, efficacy and safety study (CYPRESS). *BMJ Open Ophthalmol*. 2024 Oct 9; 9(1): e001790. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2024-001790>
76. Walline JJ, Jones LA, Chitkara M, et al. The Adolescent and Child Health Initiative to Encourage Vision Empowerment (ACHIEVE) study design and baseline data. *Optom Vis Sci* 2006 Jan; 83(1): 37–45. <https://doi.org/10.1097/O1.opx.0000195566.94572.eb>
77. Gifford KL. Childhood and lifetime risk comparison of myopia control with contact lenses. *Contact Lens Ant Eye* 2020; 43: 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2019.11.007>
78. Wan K, Lau JK, Cheung SW, et al. Orthokeratology with increased compression factor (OKIC): study design and preliminary results. *BMJ Open Ophthalmol* 2020; 5: e000345. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2019-000345>
79. Kang P, Swarbrick H. Time course of the effects of orthokeratology on peripheral refraction and corneal topography. *Ophthalmic Physiol Opt* 2013; 33: 277–282. <https://doi.org/10.1111/opo.12027>
80. Lau JK, Vincent SJ, Cheung SW, et al. Higher-order aberrations and axial elongation in myopic children treated with orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020; 61: 22. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-319769>
81. Lin W, Li N, Gu T, et al. The treatment zone size and its decentration influence axial elongation in children with orthokeratology treatment. *BMC Ophthalmol* 2021; 21: 362. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02123-x>
82. Pauné J, Font S, Rodríguez L, et al. The role of back optic zone diameter in myopia control with orthokeratology lenses. *J Clin Med* 2021; 10: 336. <https://doi.org/10.3390/jcm10200336>
83. Zhang Z, Zhou J, Zeng L, et al. The effect of corneal power distribution on axial elongation in children using three different orthokeratology lens designs. *Cont Lens Anterior Eye* 2023; 46: 101749. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2022.101749>
84. Faria-Ribeiro M, Navarro R, González-Méjome JM. Effect of pupil size on wavefront refraction during orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2016; 93: 1399–1408. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000989>
85. Sha J, Tilia D, Diec J, et al. Visual performance of myopia control soft contact lenses in non-presbyopic myopes. *Clin Optom (Auckl)* 2018; 10: 75–86. <https://doi.org/10.2147/OPX.0167297>
86. Chia A, Lu QS, Tan D. Five-year clinical trial on atropine for the treatment of myopia 2: myopia control with atropine 0.01% eye drops. *Ophthalmology* 2016; 123: 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.07.004>
87. Yam JC, Jiang Y, Tang SM, et al. Low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% atropine eye drops in myopia control. *Ophthalmology* 2019; 126: 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.05.029>
88. Li FF, Zhang Y, Zhang X. Age effect on treatment responses to 0.05%, 0.025%, and 0.01% atropine: low-concentration atropine for myopia progression study. *Ophthalmology* 2021; 128: 1180–1187. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.12.036>
89. Jong M, Jonas JB, Wolffsohn JS, et al. IMI 2021 Yearly digest. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 7. <https://doi.org/10.1167/iov.62.5.7>
90. Hvid-Hansen A, Jacobsen N, Møller F, et al. Myopia control with low-dose atropine in European children: six-month results from a randomized, double-masked, placebo-controlled, multicenter study. *J Pers Med* 2023; 13: 325. <https://doi.org/10.3390/jpm13020325>
91. Repka MX, Weise KK, Chandler DL, et al. Low-dose 0.01% atropine eye drops vs placebo for myopia control: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol* 2023; 141: 756–765. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.2855>
92. Zadnik K, Schulman E, Flitcroft I, et al. Efficacy and safety of 0.01% and 0.02% atropine for the treatment of pediatric myopia progression over 3 years: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol* 2023; 141(10). <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.2097>
93. Moriche-Carretero M, Revilla-Amores R, Gutiérrez-Blanco A, et al. Five-year results of atropine 0.01% efficacy in the myopia control in a European population. *Br J Ophthalmol* 2023; bjo-2022-322808. <https://doi.org/10.1136/bjo-2022-322808>
94. Simonavičius D, Grzybowski A, Lanca C, et al. The effectiveness and tolerability of atropine eye drops for myopia control in non-Asian regions. *J Clin Med* 2023; 12: 2314. <https://doi.org/10.3390/jcm12062314>
95. Loughman J, Kobia-Acquah E, Lingham G, Butler J, Loskutova E, Mackey DA, Lee SSS, Flitcroft DI. Myopia outcome study of atropine in children: Two-year result of daily 0.01% atropine in a European population. *Acta Ophthalmol* 2024 May; 102(3): e245–e256. <https://doi.org/10.1111/aos.15761>
96. Li Y, Yip M, Ning Y, et al. Topical Atropine for childhood Myopia Control: The Atropine Treatment Long-Term Assessment Study. *JAMA Ophthalmol* 2024; 142(1): 15–23. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5467>
97. Ha A, Kim SJ, Shim SR, et al. Efficacy and safety of 8 atropine concentrations for myopia control in children: a network meta-analysis. *Ophthalmology* 2022; 129: 322–333. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.10.016>
98. Polling JR, Tan E, Driessen S, et al. A 3-year follow-up study of atropine treatment for progressive myopia in Europeans. *Eye (Lond)* 2020; 34: 2020–2028. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-1122-7>
99. Chia A, Chua WH, Wen L, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: changes after stopping atropine 0.01%, 0.1% and 0.5%. *Am J Ophthalmol* 2014; 157: 451–457. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.09.020>
100. Chia A, Tay SA. Clinical management and control of myopia in children. In: Ang M, Wong TY. (eds) *Updates on myopia. A clinical perspective*. 1st ed. Singapore: Springer; 2020. pp. 187–200.
101. Walline JJ, Lindsley KB, Vedula SS, et al. Interventions to slow progression of myopia in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 1: CD004916. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004916.pub4>
102. Zhang G, Jiang J, Qu C. Myopia prevention and control in children: a systematic review and network meta-analysis. *Eye (Lond)* 2023; 37: 3461–3469. Epub ahead of print. PMID: 37106147. <https://doi.org/10.1038/s41433-023-02534-8>
103. Sánchez-González JM, De-Hita-Cantalejo C, Baustita-Llamos MJ, et al. The combined effect of low-dose atropine with orthokeratology in pediatric myopia control: review of the current treatment status for myopia. *J Clin Med* 2020; 9: 2371. <https://doi.org/10.3390/jcm9082371>
104. Gao C, Wan S, Zhang Y, et al. The efficacy of atropine combined with orthokeratology in slowing axial elongation of myopia children: a meta-analysis. *Eye Contact Lens* 2021; 47: 98–103. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000746>
105. Xu S, Li Z, Zhao W, et al. Effect of atropine, orthokeratology and combined treatments for myopia control: a 2-year stratified randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol* 2023; 107(12): 1812–1827. <https://doi.org/10.1136/bjo-2022-321272>
106. Tsai HR, Wang JH, Huang HK, et al. Efficacy of atropine, orthokeratology, and combined atropine with orthokeratology for childhood myopia: a systematic review and network meta-analysis. *J Formos Med Assoc* 2022; 121: 2490–2500. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2022.05.005>
107. Xiong R, Wang W, Tang X, et al. Myopia Control Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy Combined with Orthokeratology: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Ophthalmology* 2024 Nov; 131(11): 1304–1313. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2024.05.015>
108. COMET Group. Myopia stabilization and associated factors among participants in the correction of myopia evaluation trial (COMET). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013; 54: 7871–7884. <https://doi.org/10.1167/iov.13-12403>
109. Lee JTL, Guo X, Li Z, et al. Progression and longitudinal biometric changes in highly myopic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020; 61: 34. <https://doi.org/10.1167/iov.61.4.34>
110. Bullimore MA, Lee SSS, Schmid KL, et al. IMI – onset and progression of myopia in young adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2023; 64: 2. <https://doi.org/10.1167/iov.64.6.2>
111. Hou W, Norton TT, Hyman L, et al. Axial elongation in myopic children and its association with myopia progression in the correction of myopia evaluation trial. *Eye Contact Lens* 2018; 44: 248–259. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000505>
112. Hagen LA, Gilson SJ, Akram MN, et al. Emmetropia is maintained despite continued eye growth from 16 to 18 years of age. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60: 4178–4186. <https://doi.org/10.1167/iov.19-27289>
113. Saunders KJ, McCullough SJ. Normative data for emmetropic and myopic eye growth in childhood. *Ophthalmic Physiol Opt* 2021; 41: 1382–1383. <https://doi.org/10.1111/opo.12873>
114. Wu PC, Yang YH, Fang PC. The long-term results of using low-concentration atropine eye drops for controlling myopia progression in schoolchildren. *J Ocul Pharmacol Ther* 2011; 27: 461–466. <https://doi.org/10.1089/jop.2011.0027>
115. Xiong R, Zhu Z, Jiang Y, et al. Sustained and rebound effect of repeated low-level red-light therapy on myopia control: a 2-year post-trial follow-up study. *Clin Exp Ophthalmol* 2022; 50: 1013–1024. <https://doi.org/10.1111/ceo.14149>
116. Liu Y, Zhu M, Yan X, Li M, Xiang Y. The Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy on Myopia Control and Choroid. *Transl Vis Sci Technol* 2024 Oct 1; 13(10): 29. <https://doi.org/10.1167/tvst.13.10.29>
117. Salzano AD, Khanal S, Cheung NL, Weise KK, Jenewein EC, Horn DM, Mutti DO, Gawne TJ. Repeated Low-level Red-light Therapy: The Next Wave in Myopia Management? *Optom Vis Sci* 2023 Dec 1; 100(12): 812–822. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000002083>
118. Chen H, Wang W, Liao Y, et al. Low-intensity red-light therapy in slowing myopic progression and the rebound effect after its cessation in Chinese children: a randomized controlled trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; 261: 575–584. <https://doi.org/10.1007/s00417-022-05794-4>
119. Liu H, Yang Y, Guo J, et al. Retinal damage after repeated low-level red-light laser exposure. *JAMA Ophthalmol* 2023; 141: 693–695. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.1548>
120. Ostrin LA, Schill AW. Red light instruments for myopia exceed safety limits. *Ophthalmic Physiol Opt* 2024 Mar; 44(2): 241–248. <https://doi.org/10.1111/opo.13272>
121. <https://www.myopiaprofile.com/articles/hot-topics-in-myopia-2025#hot-topic-light-therapies-including-r-l-r-l>