

Lézerek az esztétikai bőrgyógyászatban: a rejuvenáció módszerei

Lasers in aesthetic dermatology: methods of rejuvenation

VARJU GÁBOR DR.

Dr Derm Bőrgyógyászati Anti-Aging Központ, Esztétikai Lézer és Plasztikai Sebészet, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Az esztétikai problémát jelentő bőrelváltozások eltüntetésének és a kültakaró minőségbeli javításának szándéka a kozmetológia hajnalán meglehetősen gyér kellék-tárral párosult(1). Az energialapú technológiák, élükön az orvosi lézerekkel, a bőrgyógyászat eszközínálatát forradalmasították az elmúlt negyed évszázadban. Ezek az eszközök - a célzott farmakológiai termékekhez hasonlóan - targetorientált módon, tervezett hatást hoznak létre a szövetek meghatározott részében. A „lézeres rejuvenáció” kategóriába az esztétikai bőrgyógyászat egyre több módszert sorol, a kezelési protokoll egyre strukturáltabb, számos kombinációs lehetőséggel. A közlemény célja a lézerek esztétikai célú alkalmazásának összefoglalása, ezen belül a rejuvenáció módszereinek ismertetése, a szerző klinikai eredményeivel illusztrálva.

Kulcsszavak:

**kozmetológia - esztétikai bőrgyógyászat –
lézer – fénykárosodott bőr - ráncok – hegek –
bőrifiataltás – lézeres rejuvenáció –
frakcionált lézer**

SUMMARY

The intention to eliminate aesthetic skin lesions and improve the quality of the integument was accompanied by a rather weak collection of medical tools supply at the dawn of cosmetology(1). Energy-based technologies, led by medical lasers, have revolutionized the range of dermatological devices in the last quarter of a century. These devices, like targeted pharmacological products, create an intended effect in a specific part of the tissues in a targeted manner. The category of “laser rejuvenation” includes increasing number of different methods of aesthetic dermatology, the treatment protocol is more and more structured, with many options for combinations. The aim of this paper is to summarize the use of lasers for aesthetic purposes, including the methods of rejuvenation, illustrated by the author's clinical results.

Key words:

**cosmetology – aesthetic dermatology - laser –
photodamaged skin - wrinkles – scars –
skin resurfacing – laser rejuvenation –
fractional laser**

Az Albert Einstein által 1917-ben megfogalmazott LASER jelenség (fényerősítés a sugárzás indukált emissziója révén) Theodore Maiman rubin lézerében kelt életre 1960-ban, s bár az elsődleges szemészeti alkalmazás mellett érszűkítő kezelésével is történtek próbálkozások, mégis a bőrgyógyászati lézeralkalmazás kiindulópontjának a szelektív fototermolízis leírása számít (1981). Anderson és Parrish (2) a pulzáló festéklézer (PDL) microvasculatúrára kifejtett szelektív károsító hatásának felismerésével írta be magát a dermatológia történelemkönyvébe, hiszen a lézerkészülékek felhasználási lehetőségei a kibocsátott fénycsugárhossznak megfelelő szelektivitáson alapulnak, s a hatást végső soron a targetspecifikus működés (a hemoglobinnal, a melaninnal és a vízben való elnyelési képességek különbözősége) határozza meg.

Közleményünkben az orvosi lézerek evolúciójának ismertetése elengedhetetlen ahhoz, hogy megértsük a jelenleg forgalomban levő technológiák fő tulajdonságait

és indikációs területét, hiszen a már idejétmúlt eszközök használatával kapcsolatos tapasztalatok vezettek az újabbak kifejlesztéséhez. Konceptiónk a bőr öregedési tüneteinek elemzése és csoportosítása után a probléma célzott kezelésének klinikai képekkel történő illusztrálása, természetesen nem megelégedkezve a jelenségek vagy technológiák első leírójáról.

A bőr öregedési tünetei

Minden terápia sikere a helyes diagnózis felállításán alapul, s ez a bőröregedés kezelése során sincs másképp. A szervezet öregedésére általánosságban jellemző a sejtek számának és az intercelluláris mátrix proteinek mennyiségének csökkenése. A bőr öregedéssel összefüggő változásaira a 90-es évek elején terelődött a figyelem, az igen összetett folyamatot Barbara A. Gilchrist (3) kutatócsoportja vizsgálta. Az intrinsic és extrinsic faktorok által befolyá-

solt aging folyamat a sejtek számának és metabolikus aktivitásának csökkenését eredményezi, a repair mechanizmusok kimerülése mellett. A keratinociták és a fibroblasztok sejtprolifrációs kapacitása az életkorral szignifikánsan csökken, specifikus mitogénekkal, mint az inzulin, in vitro vizsgálatban az epidermalis growth factor és a vérlemezke eredetű növekedési faktor (PDGF) kisebb aktivitását lehet kiváltani (4). Ezek a változások a bőr strukturális és funkcionális öregedését eredményezik. Az intrinsic aging a bőr elvékonyodásáért és a szöveti architektúra karakterisztikus változásáért felel. A photoaging következménye a bőr hidratáltságát befolyásoló aquaporin fehérjék mennyiségének csökkenése, a rugalmasságban szerepet játszó elasztikus rostok károsodása, a bőr kipárnázottságát adó kollagén és hialuronsav csökkenése. Bár az életkor manifesztálódása a bőrön nagy individuális különbségeket mutat, az általánosságban megállapítható, hogy a látható tünetek megjelenése arányos a bőrt ért környezeti tényezők befolyásával, elsősorban az élet folyamán elszenvedett UV-expozíció mértékével.

A folyamat következményei, az esztétikai jellegű bőrfelszíni elváltozások egyszerű szemrevételezéssel is észlelhetők. Újabban polarizált fotókkal a bőrfelület részletgazdagságát a megvilágítást biztosító vaku fényének zavaró visszaverődése nélkül tanulmányozhatjuk. 2D és 3D vizuális diagnosztikai eszközökkel és a hozzájuk rendelt szoftverrel (pld. RBX), a bőr melanin tartalmát, az értágulatosság mértékét, a pigmentáció elhelyezkedésének szintjét (felületes vagy dermális), a pórusok és a ráncok méretét is láthatóbbá tehetjük (1.a, b, c ábra). UV-megvilágítás segítségével a bőrfelületi fluoreszcencia megjelenítésével kalkulálható a porfirin mennyisége, s ezzel párhuzamosan

a P. acnes aktivitása. A Visia rendszer (Canfield Imaging Systems, USA) használata nemcsak a diagnózis felállításában, hanem a páciens edukációban is segítséget jelent: a vizsgálatba bevontak 86%-a vélekedett úgy, hogy az analízis segített a fennálló probléma megértésében és felhívta a figyelmüket más, kísérő tünetekre, 100%-uk ajánlana mások számára is a vizsgálat igénybevételét, sőt 62%-uk a VISIA rendszert használó praxisokat részesítené előnyben a diagnosztika e módszerét nem alkalmazó rendelőkkel szemben (5). 3D alkalmazásokkal követhetjük az arcforma változását, megtervezhetjük a kezelést és dokumentálhatjuk annak eredményét.

Mérhetőek a fizikális paraméterek is (6): a hidratáció mértéke, a bőr színe és melanintartalma, a transzepidermális vízvesztés, a rugalmasság (2., 3. ábra), a bőr ragyogása, a felületi faggyútartalom, a bőr hőmérséklete. A bőr mikrotopográfiája sokféle paraméterrel jellemezhető: simaság (SEsm), érdesség (Ser), hámlás (SEsc), ráncosság (SEw), számszerű meghatározására UV-kamerás in-vivo vizsgálat végezhető. Mivel ezek mind összefüggésbe hozhatók a bőr öregedésével, az eszközös diagnosztika az esztétikai kezelési terv felállításához éppoly nélkülözhetetlennek tűnik, mint az orvoslás más szakterületein robbanásszerű fejlődésen átment képalkotó diagnosztikai módszerek és laboratóriumi mérések, melyek a mindennapi gyakorlat részét képezik.

A kromofórák és a fényhullámhossz

A fény és a bőr kölcsönhatásait három kromofóra vonatkozásában vizsgáljuk, ezek a hemoglobin, a melanin és a víz. Az adott kromofóra hullámhossztól függő abszorpciós ké-



1.a, b, c ábra

Polarizált megvilágítású, részletgazdag klinikai kép nagyfelbontású digitális kamerával (a), RBX vörös felvétel az éréredetű és a gyulladásos folyamatok ábrázolására (b), RBX barna felvétel a melanin tartalmú elváltozások megjelenítésére (c) Visia kamerával



2. ábra

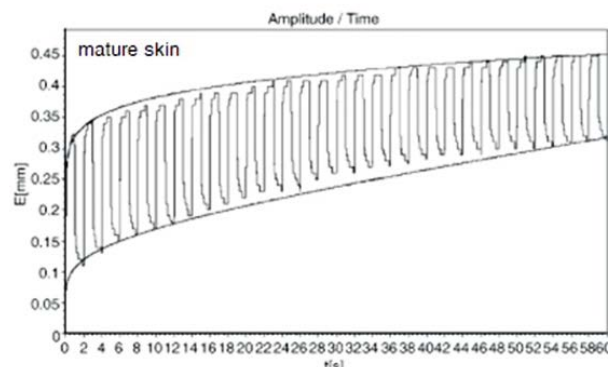
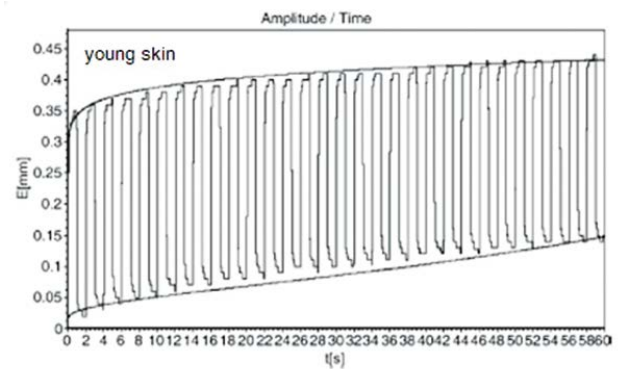
Cutometer®-rel történő rugalmasságmérés, amely a vákumszívás elvén alapszik. A negatív nyomás mechanikusan deformálja a bőrt, beszívja a mérőfej üregébe, ahol fénykibocsátó diódák fényét tükröprizmák vetítik a bőrre és a fotocellára.

pességét az ún. abszorpciós görbék mutatják be (4 ábra). A három görbe egymástól független lefutása minden hullámhosszon más és más kombinációt eredményez, ez a sokféleség adja egy lézerforrás adott fénycsugárhosszá-
nak egyedi felhasználási lehetőségeit.

Vizsgáljuk meg két példán keresztül! Az Alexandrit lézer 755 nm-es fénye abszorbeálódik a melaninban és a hemoglobinban is, de megfigyelhető, hogy itt a hemoglobin abszorpciós görbéje nagyon alacsonyra fordul, s a melanin görbétől eltávolodik, tehát a melanint e fény hatékonyabban éri el, mint a hemoglobint. Ennél fogja az Alexandrit lézer a melanintartalmú targetet (felületi pigmentfoltok, pigmenttartalmú szőrszálak) jól felmelegíti, miközben a hemoglobin tartalmú struktúrák (kapillárisok) kevésbé melegsznek fel, kisebb arányú szétterjedő hő eredményezve. Az Alexandrit lézert a hullámhosszhoz tartozó abszorpciós jellemzőinek köszönhetően melanin-szelektív eszköznek tekintjük. A szőrtelenítéshez persze a fénynek el kell jutnia a folliculusok szintjéig, tehát a lézert fény behatolási képességeit sem hagyhatjuk figyelmen kívül (5. ábra).

A pulzáló festéklézer 585 nm-es hullámhossza a hemoglobin abszorpciós görbéjének harmadik maximuma közelében van, tehát e kromofóra szempontjából ideális tulajdonságokkal bír. Igaz, hogy a KTP lézer 532 nm-es fénye hasonlóan jó elnyelődési tulajdonságokat mutat a hemoglobinban, de itt a melaninban való abszorpció is magasabb, s ez a KTP hatását csökkenti, hiszen a fényt a hámban levő melanin jobban megszűri. Emellett a KTP behatolási mélysége kicsi, s csak a legfelületesebb finom kapilláris tágulatok kezelésére alkalmas, hiszen a dermoepidermalis junctiót éppen csak eléri, de nem terjed mélyebbre, az ellátó hálózat szintjéig. A fentieknek köszönhető, hogy a festéklézert (PDL) a bőr vaszkuláris kezeléseinek gold standardjaként tartják számon.

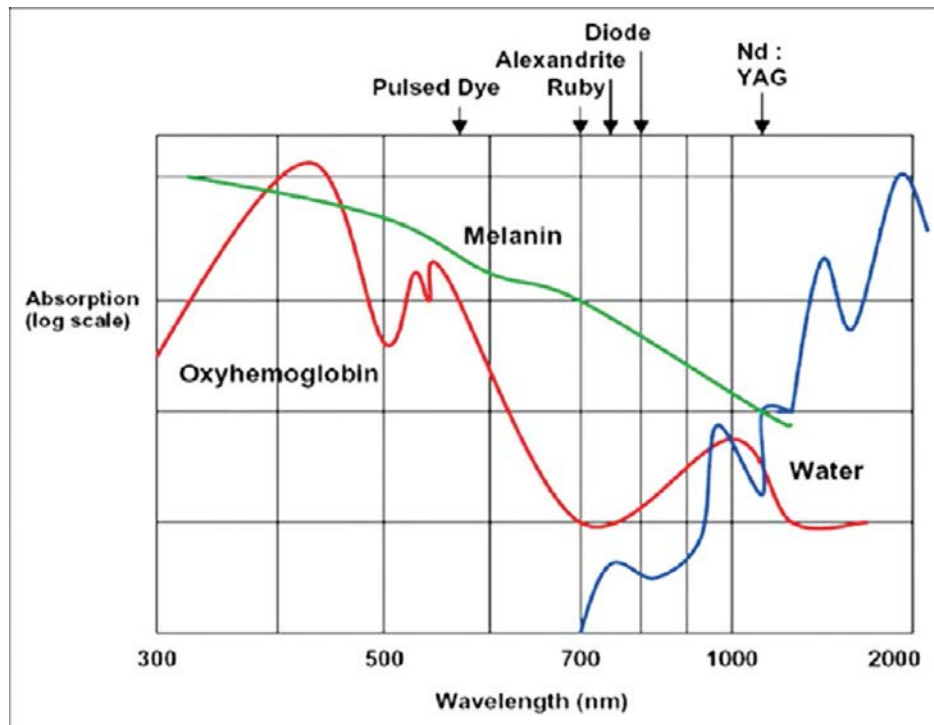
Az abszorpciós képesség és a behatolási mélység összefüggései olyan „örök érvényű” megállapításokat támasztanak alá, melyeket a bőrgyógyászati lézeralkalmazás



3. ábra

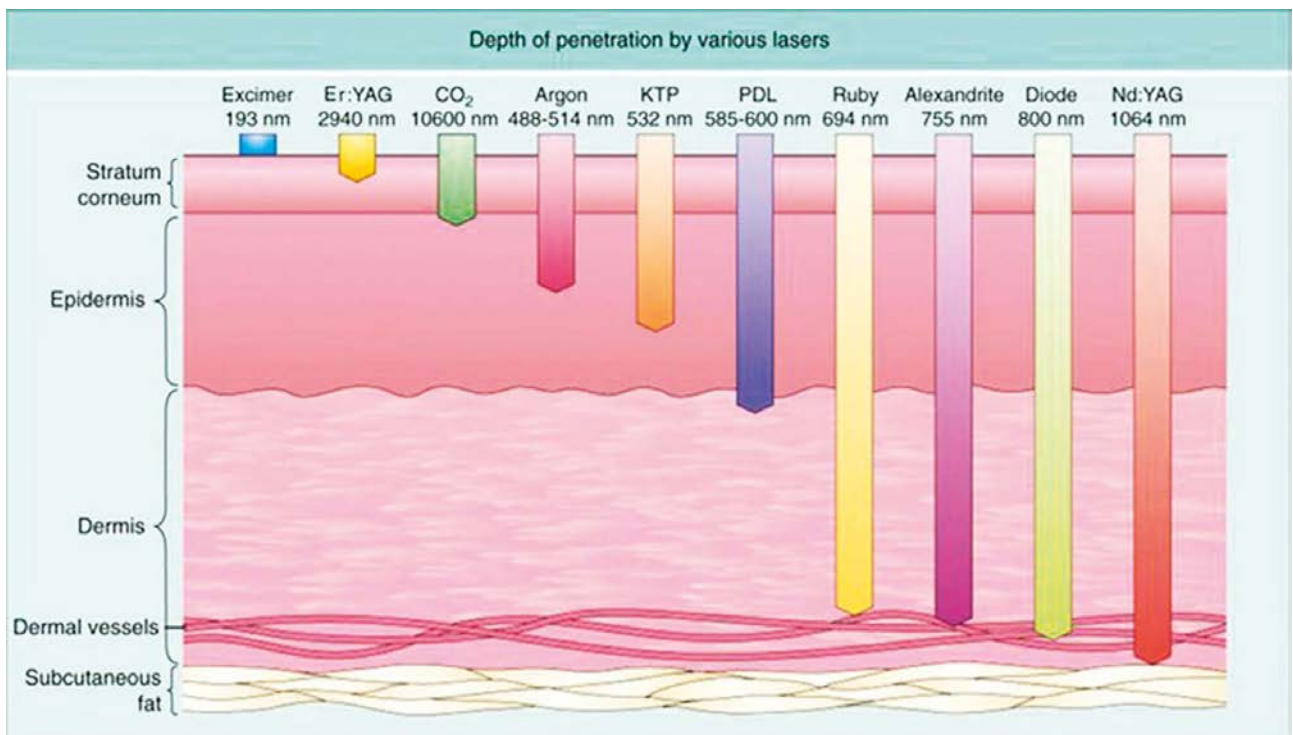
Cutometer mérési görbéje. Sorozatos beszívásokkal a bőr „fáradása” is megjeleníthető.

törvényeiként értelmezhetünk. A KTP lézer a bőrfelületi pigmentelváltozások és a finom kapillárisok eltüntetésére kiválóan alkalmas, ugyanakkor sem a súlyosabb rozácea, sem a seprűvénák kezelésében nem mutat megfelelő hatást, s persze szőrteleníteni sem lehet vele. A pulzáló festéklézer kitűnő eszköz minden bőrelváltozás kezelésére, ami „vörös” – tehát a hemoglobint tartalmazó eredetű malformációkra és a gyulladásos folyamatokra, pl. rozácea (7) is használható –, ugyanakkor a férfiaknál nem okozza a szőrös területek szőrtelené válását, mely a melaninban való csekély elnyelődési képesség és a szőrtüszőket el nem érő behatolási mélység következménye. Szintén emiatt nem lehet vele mélyebb, livid színű seprűvénákat kezelni. Az alsó végtagi értágulatok legjobb ellenszere az 1064 nm-es Nd:YAG lézer, mert a behatolási képessége az összes vaszkuláris célú eszköz közül a legjobb, de az arcon való alkalmazása különös elővigyázatosságot igényel, hiszen e hullámhossz jól abszorbeálódik a vízben, s az epidermist könnyen „megfőzi” (melynek maradandó heg lehet a következménye). Az Nd:YAG lézer fénye emellett szőrteleníti is, így alkalmazása férfiaknál korlátozott. E tulajdonságok a technológiát jellemzik, tehát ilyen értelemben egyik gyártó festéklézere, KTP- vagy Nd:YAG lézere, vagy Alexandrit fényforrása sem különb a másiktól, a különbséget végül a maximálisan elérhető szpotméret és energiasűrűség, a villanások frekvenciája, a fénynyaláb egyenletessége („top hat”), a bőrhűtés hatékonysága és stabilitása, a kezelőfejek ergonómiája, vagy a fényimpulzus karakterisztikájában levő különbségek adják.



4. ábra

A bőr kromofóráinak abszorpciós görbéi. A vörös az oxihemoglobin, a zöld a melanin, a kék a víz fényelnyelő képességét mutatja logaritmusos rendszerben. Egy adott hullámhossz lézerbiológiai hasznosítható tulajdonságait az egyes görbék egymáshoz való viszonya határozza meg.



5. ábra

A különböző lézerek fényének behatolási mélysége a hullámhossz függvényében
(Forrás: Bologna JL, Lorzio JL: Dermatology, ed 2, Edinburgh, UK, Mosby, 2008.)

Diagnózis	Kromofóra	Elhelyezkedés	Kezelés célja	Készülék
Telangiectasia	Hemoglobin	Dermis felső része	Az ér elzárása	IPL, BBL, MaxG, 585 & 595nm PDL, 532nm KTP, 1064nm Nd:YAG
Seprűvéna	Hemoglobin	Dermis, Subcutis	Az ér elzárása	1064nm Nd:YAG, 585nm/1064nm MultiPlex
Solaris lentigo	Melanin	Epidermis	A pigment roncsolása	IPL, BBL, MaxG, 532nm KTP, rövid pulzusú 755nm Alexandrit lézer
Melasma	Melanin	Dermis	A pigment roncsolása	Q-kapcsolt lézerek (Nd:YAG, rubin, Alexandrit) Picosecondumos lézerek (Alexandrit, Nd:YAG)
Bőrszerkezet gyengülése	Víz	Dermis	Kollagénindukció	Hosszú pulzusú 1064nm és 1320nm Nd:YAG, Hosszú pulzusú 2940nm Er:YAG, Pulzáló IR (infravörös fény) Frakcionált non-ablatív és ablatív lézerek
Tág pórusok Ráncok Hegek	Víz	Epidermis & Dermis	Teljes felszín vaporizációja Sejtek oszlopszerű roncsolása	Rövid pulzusú és hangolható 2940nm Er:YAG Frakcionált non-ablatív lézerek (1470nm dióda, 1540nm Er:Glass) Frakcionált ablatív lézerek (2940nm Er:YAG, 10.600nm CO2) Frakcionált mixed vagy hybrid lézerek (1470nm GaAlAs dióda + 2940nm Er:YAG; 1540nm GaAs dióda + 10.600nm CO2)

1. táblázat

A jellemző kromofórák és a kezelési lehetőségek a leggyakoribb esztétikai indikációkban

A megfelelő terápia megválasztásához célszerű a domináns tüneteket csoportosítani, hozzárendelve a bőr kromofóráihoz (1. táblázat).

Ablatív lézerek

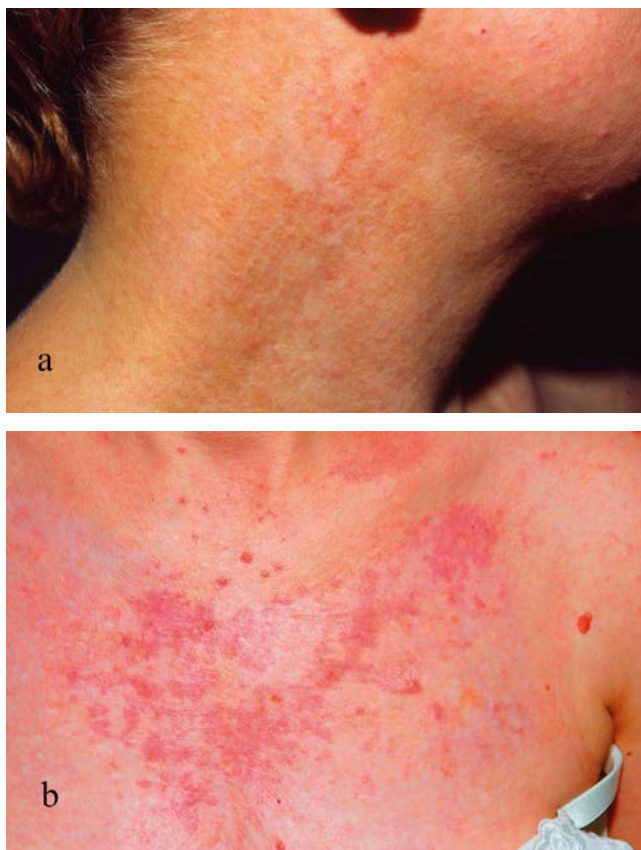
CO₂ lézer

A CO₂ lézert Kumar Patel (Bell Labs, USA) fejlesztette ki 1963-ban. Az eszköz előállítása lényegesen olcsóbbnak bizonyult, mint a rubin lézeré, így az ipari alkalmazás is előtérbe került. Négy évvel később már 1000 Watt teljesítményű eszköz is létezett, de a fókuszált kezelőfejekkel igen nagy precizitású vágásra alkalmas orvosi lézerekkel megelégedtek a 20-40 W közötti teljesítménnyel. A vágás vérzés nélkül történt, emellett az ödéma képződés is csökkent a nyirokutak koagulálása miatt. Az első lézeres szemhéjplasztikát Sterling Baker (8) szemész végezte 1984-ben. A készülék kezdetben csak folyamatos kibocsátásra (CW) volt képes, így az energia adagolása nehézkes, a termális károsodás és a hegképződés aránya magas volt. Később a kibocsátás idejét 0,1-1 másodpercre limitálták, igen alacsony teljesítmény mellett, s e technológiát használták először a bőrfelület elpárologatására, megújítására (resurfacing). Ezután a szuperpulzáló lézer jelent meg, még rövidebb impulzusok és nagyobb energia párosításával, de a szövődeményként jelentkező hegképződést még ez sem tudta kiküszöbölni. Az ultrapulzáló lézer (1ms-nál rövidebb impulzusok) hozta meg az áttörést, ezzel sikerült először érdemben limitálni a hőkárosodást. Fitzpatrick (9) és munkatársai írták le először (1996-ban) az arc actinicus károsodásának kezelését, valamint a perioralis és periorbitalis ráncok csökkenését. Ezután csaknem 10 éven át a

CO₂ lézeres hámlasztást a fénykárosodott bőr és az aknés hegek leglátványosabb kezelési lehetőségeként tartották számon. Vélhetően CO₂ lézerrel végezték a legtöbb lézeres kezelést a világon, hiszen számos klinikán a közép-frekvenciával működő, viszonylag nagy koagulációs zónával dolgozó kauterek, vagy a nehezen kiszámítható hatású cryosebészeti eszközök helyett a CO₂ lézer jelenti a növedékek eltávolításához elsődlegesen választott módszert. Campolmi, Bonan és mtsai. összefoglaló tanulmányukban 43.000 kezelés tapasztalatáról számolnak be (10).

Megfigyelték, hogy a CO₂ lézer szemmel követhető ablációs hatását (1 ms-nál rövidebb pulzusok esetén 20-30 µm mélységű) az alatta levő rétegek koagulációja kíséri (100-150 µm vastagságig), mely koagulációs nekrozist idéz elő és másodlagos hámlásban nyilvánul meg. Amennyiben a kívánt mélységet – egy aknés heg vagy egy mélyebb ránc esetén – csak többszöri passzással lehet elérni, minden újabb passz a koagulációs nekrozis mélységét fokozza, így növelve a szövődemények, elsősorban a hosszan fennálló bőrvörösség, az elhúzódó gyógyulási folyamat, a pigmentációs rendellenességek és a hegek előfordulását (11) (6.a, b ábra).

A CO₂ lézer használata – különösen a szövődeménymentes esetekben – motiváló volt a páciensek számára, hiszen a látványosan kisimult arcból a korábbi módszerekkel elérhetetlen volt. A CO₂ legnagyobb erényének a koagulációs zónában lezajló eseményeket tekintjük (12): az irha felmelegítése (55-62°C) a kollagén fibrillumok triple-helix struktúráját stabilizáló hidrogénkötések feloldódásához vezet, mely lehetővé teszi az azonnali random spirál konfiguráció létrejöttét. Ennek következménye a szövet összehúzódása lesz - az ún. shrinking folyamat az arckeze-



6.a, b ábra

Hyper- és hypo-pigmentáció (a), valamint elhúzódo bőrörösség és hypertrophiás hegek (b) együttes előfordulása ultrapulzáló CO₂ lézerrel végzett hámlasztó kezelés hosszútávú szövödményeként. A kezelés nem a klinikánkon történt.

léseknél azonnal látható „műtét nélküli” liftinget jelent. Az új konfigurációjú kollagén kompaktabb szerkezetet alakít ki, így a szövet új kollagén depozitumokat lesz képes befogadni, s ez be is következik a hőhatás okozta kollagén indukció révén. Végző soron az újonnan keletkező kollagén javítja a bőr alátámasztását, ezáltal a bőr kipárnázottsága javul, mely a bőrfeszesség és tónus javulásában, a ráncok tartós eltűnésében nyilvánul meg.

A kedvező eredmények és a vele szemben tapasztalt magas arányú szövödmények okán megfogalmazódott az ideális bőrfiatalító lézer iránti igény, mely választható mértékű ablációra lenne képes kisebb arányú, vagy jobban adagolható termális hatás mellett. Ismert, hogy az irha felmelegítése nélkül sem a CO₂ lézeres kezelésre jellemző kollagén összehúzódás (shrinking) és a következményes lifting hatás, sem a tartós hatást megalapozó kollagén indukció nem jön létre. Felmerült a felületes kémiai peelingekhez hasonló beavatkozási mélységgel jellemezhető, azoknál kiszámíthatóbb hatású (a TCA-ra jellemző hot spot kialakulása nélküli), mintegy helyettesítő lézeres hámlasztás is, melyet az akkori CO₂ lézerekkel nem lehetett megvalósítani. Több irányban indult el a fejlesztés, melynek gyümölcseit a ma szakemberei hasznosíthatják.

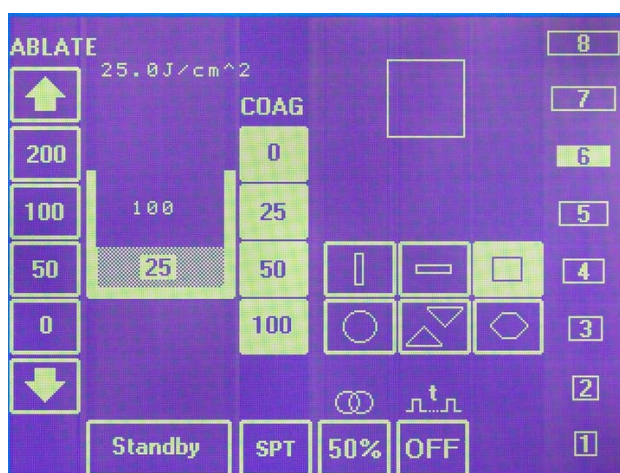
Er:YAG lézer

Az egyik lehetőség a 2940 nm-es Er:YAG lézer alkalmazása, mely rövid impulzussal (250µsec) „hideg” ablációra képes, tehát csak minimálisan melegíti fel a vaporizált felszín alatti rétegeket. Az Erbium:YAG lézer fényének abszorpciós koefficiense vízben 18x nagyobb a CO₂ lézer 10.600nm-es fényéhez képest, így a rövid pulzusú 2940nm-es fény „tisztább” – hőhatástól mentesebb – ablatív hatást hoz létre. Előnye a behatolási mélység pontos megválasztásának lehetősége, hátránya a pontszerű vérzés, hiszen az ereket nem koagulálja. Az Er:YAG lézer használata kevesebb mellékhatással jár, kisebb posztoperatív ödémával, és rövidebb ideig pörkösödik, mint a CO₂ lézeres hámlasztás után (13). A rövid pulzusú Er:YAG lézerek elterjedését korlátozta, hogy a CO₂-lézerénél költségesebb technológia nem hozott átütő sikereket a bőrfiatalításban és a hegkezelésben (a felmelegítés hiánya miatt), mert a nagyobb energia használata nehezen kontrollálható vérzéssel járt, mely nehézkessé tette a mélyebb rétegek kezelését.

Amennyiben az Er:YAG szilárdtestet hosszú fényimpulzusok kibocsátására készítjük (>500µsec), szövetfelmelegítő hatása fog érvényesülni (14) ablációt viszont nem okoz, tehát ezzel a beállítással non-ablatív eszköznek minősül. Sajnos sokan fogalomzavarban vannak az Er:YAG lézer neve hallatán, hiszen önmagában nem fejezi ki annak működési módját, ezért a „rövid pulzusú Er:YAG” – azaz ablatív – vagy „hosszú pulzusú Er:YAG” – vagyis non-ablatív megjelölés alapvető lenne a hatás értelmezése érdekében. Az arcifiatalításra vagy vagina rejuvenációra használt rövid pulzusú Er:YAG lézer valódi sérüléseket okoz a szarurétegben, illetve a vagina epitheliumon, intenzív gyógyulási mechanizmusokat indítva be, a hám gyors megújulásával, ezzel szemben a hosszú pulzusú Er:YAG elsődleges hatása a felmelegítés, amelynek megújító hatása lassúbb és kevésbé látványos, ezt fontos kiemelni a sérülésmentesség, mint előny hangsúlyozása mellett.

Duális Er:YAG

Duális üzemmódról beszélünk (15), ha egy készülék rövid és hosszú impulzusok kibocsátására egyaránt képes, de lehet két, egymástól függetlenül működő Er:YAG szilárdtest is a készülékben, az egyik rövid, a másik hosszú pulzusokat generál, majd a fénynyalábokat tükrökkel egyesítve, egy optikai rendszerrel vezetjük a bőrfelszínre. A vaporizáció és a koaguláció aránya így korlátlan kombinációban érhető el, ezt nevezzük hangolható bőrfiatalító lézernek (Tunable Resurfacing Laser). Az ablációt 500 µsec-nál rövidebb, a koagulációt 500-1000 µsec közötti hosszú pulzusokkal állítja elő, ugyanarra a bőrterületre egyidejűleg, vagy szekvenciálisan leadva. A teljes bőrfelszín egyenletes vaporizációját nagysebességű szkener segíti, mely a 4-6-8 mm átmérőjű foltokat pontosan egymás mellé helyezi, hiszen a spot-by-spot kezelés „kézi vezérléssel” pontatlanságot eredményezne: a megfelelően kezelt területek mellett kezeletlen és duplán hámlasztott (mélyebben destruált) foltok váltakoznának. A behatolási mélység tekintetében: akár 200 µm vastagságú szövet va-



7. ábra

Duális Er:YAG lézer beállítási lehetőségei az érintőképernyőn. A rövid pulzusú Er:YAG lézerrel végzett hámlasztás mélysége, illetve a hosszú pulzusú Er:YAG lézer által okozott koaguláció vastagsága egymástól függetlenül állítható. Ezen kívül választható az átfedés mértéke, az egy impulzussorozattal szkennelt felület mérete és formája is.



8.a, b ábra

Fénykárosodott arcból pigmentfoltokkal duális Er:YAG lézerrel végzett 1x kezelés előtt (a) és 1 hónappal a felületes hámlasztó kezelés után (b). Szembetűnő a bőr színének és minőségének javulása, a pigmentfoltok, az apró ráncok és hegek eltűnése, a pórusméret csökkenése.

porizálható egyetlen szkenneléssel, alatta 0-100 μm vastagságú koagulációs zóna választható. A készülék igen felhasználóbarát módon nem Joule-ban, hanem μm -ben adja meg a választható paramétereket, a $4 \mu\text{m} = 1 \text{ Joule}/\text{cm}^2$ tapasztalati függvényt felhasználva (7. ábra). 30-50 μm -ig kenőcsös helyi érzéstelenítés, ennél mélyebb behatolás esetén lidokain infiltrálás (kisebb heges terület), vezetésszerű érzéstelenítés (perioralis régió), vagy altatás (full face resurfacing) jöhet szóba (8.a, b, 9.a, b ábra). Az Er:YAG lézerrel történő hámlasztás után a pigmentációs zavar előfordulása igen ritka, a bőrvörösség időtartama rövidebb, a hegképződés elhanyagolható az ultrapulzáló CO_2 lézeres hámlasztással összehasonlítva.



9.a, b ábra

Dohányzó páciens fénykárosodott bőre duális Er:YAG lézerrel végzett 1x kezelés előtt (a) és 1 hónappal a mély hámlasztó kezelés után (b). A bőr színének és struktúrájának megújulása mellett feltűnő a mély ráncok enyhülése és a lifting hatás. A bőrvörösség átmeneti szövődmény.

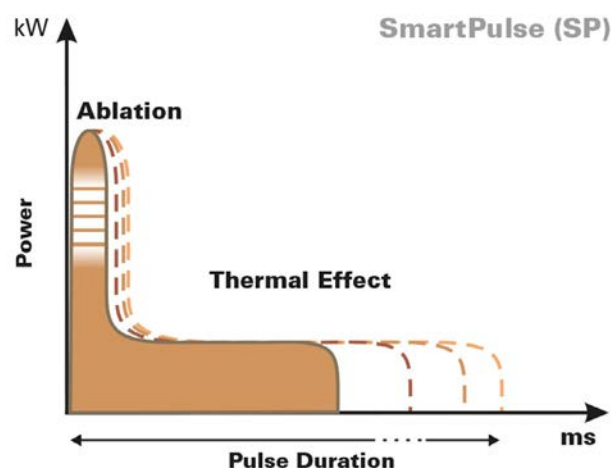
Frakcionált CO_2 lézer

A másik lehetőség a CO_2 lézer fényének kisebb frakciókban történő alkalmazása (16): ilyenkor a kezelés a bőr egy részét érinti csak, pontszerűen, az epidermis felső rétegétől az írha irányába hatoló, a felszínre merőleges koherens fénnyel szabályos kis lyukakat vagy csatornácskákat hoz létre. Az ötletet 2004-ben Jean Luc Levy sebészeti kézirattal kivitelezte: szorosan egymás mellé apró lyukakat fűrt a lézereenergia pontszerű adagolásával, s az összehasonlító klinikai felvételeken a bőr struktúrájának

javulása igazolta az elképzelés helyességét. A lézernyaláb pontosabb célba juttatásához elsőként a DEKA fejlesztett szkennert HiScan DOT néven (Deka srl., Florence, Italy), melyen széles határok között állítható a lyukak közötti távolság (spacing), valamint a lézeres letapogatás mintázata (random, linear stb). A lézer által kialakított tálkaszerű vagy oszlopszerű üregek átmérőjét és mélységét az alkalmazott sugáryaláb átmérője és az energialeadás adott készsülékre jellemző karakterisztikája (az energia nagysága, a teljesítménygörbe lefutása, a tartózkodási idő) határozza meg. A frakcionált elv szerint a lézerfény nem teljes felületre, hanem csak annak egy meghatározott részére történő adagolása a kezelt területek között kezeletlen részeket, s ott ép sejteket hagy vissza, melyek a későbbiekben támogatják a destruált területek helyreállító mechanizmusait. A frakcionált CO₂ lézer alkalmazása fokozza a kezeletlen zónákban levő "normál" fibroblasztok replikációját, bFGF (basic fibroblast growth factor) szekréció és TGF-β1 (transforming growth factor beta-1) szekréció gátlás által. Az immunohisztokémiai vizsgálatok egyértelműen megmutatták, hogy a bFGF és a TGF-β1 szöveti koncentrációja a gyógyulási folyamat során változik és a szekréció mértéke erősen függ a lézer hullámhosszától és alkalmazásának módjától (17).

A kezelések eredményessége és a szövődmények előfordulásának elemzése szempontjából érdemes figyelmet fordítanunk a frakcionált CO₂ lézerek evolúciójára. A kezdeti készülékek az ultrapulzáló CO₂ lézerek egyszerű átalakításából származtak, s magukon hordozták a kevésbé fejlett technikai háttér minden nyűgét. A viszonylag hosszú pulzusok (2-20 ms) frakcionált bejuttatása nagy teljesítményt igényelt ahhoz, hogy a lézersugár a viszonylag alacsony víztartalmú epidermiszen keresztülhaladjon. A nagy energia nagyobb arányú szétterjedő hőt jelent, így a nagyobb behatolási mélység érdekében növelt energia a szétterjedő hő miatt a teljes felszín termodenaturációját idézi elő, nekrotizált és vastag pörkök képződését eredményezve. A jobb eredmény érdekében növelt energiabevitel miatt tehát eltűnt a frakcionált elv minden előnye: nem maradnak ép zónák, melyek a megújulási folyamatot támogatnák, jelentősen megnő a fertőzésveszély a páncélszerű nekrotikus réteg elhúzódó leválása miatt, s a nekrotizált réteg alapja egyenetlen, ezért még a klasszikus hámlasztó lézerekhez képest is elégtelen lehet a kozmetikai eredmény! Sajnos a mai napig vannak ilyen technikai háttérrel működő eszközök forgalomban, hiszen az előállításuk olcsó.

Újabban, a rádiófrekvenciával gerjesztett CO₂ rezonátor korában a lézerfény karakterisztikája, az energiagörbe lefutása μs pontossággal megtervezhető. A komputeres vezérlés és a gyors reakciókészségű rezonátor olyan összetett energiahullám előállítására képes, mely egy rövid időtartamú, nagy teljesítményű csúcsból és egy ezt követő, elhúzódó, alacsonyabb energiájú, termális szakaszból áll (10. ábra). A teljes energiahullám 100 – 2000 μsec hosszúságú, tehát mindenképpen rövidebb, mint az ultrapulzáló lézerekkel előállítható legrövidebb impulzus (2 ms). A görbe első szakasza felelős az ablatív hatásért, a második szakasz pedig az egyenetlen szétterjedő, kíméletes hőhatás révén



10. ábra

SmartPulse jelleggörbe nagy teljesítményű, rövid időtartamú energiacsúccsal (ablatív komponens) és az ezt követő, elhúzódó, alacsonyabb energiájú szakasszal (termális hatás)

kollagénösszehúzódást (shrinkinget) és kollagénindukciót eredményez.

A fentiek szerint előállított hullámot a felhasználó saját igényeire szabhatja: az energiasűrűség (fluence) és a tartózkodási idő (dwell time) variálásával különböző mélységű és oldalirányú hőhatással járó lyukakat hoz létre a bőrfelszínen. A lyukasztás sűrűségének (denzitás) beállításával kiegészítve a készülék gyakorlott kézben igen széles beállítási lehetőségeket kínál, s jól idomul a panasz súlyosságához és a páciens gyógyulási idő iránti igényéhez.

Gyakorlati tapasztalat, hogy az egy impulzusban leadott, növelt teljesítmény a frakcionált lézer által okozott sérülések átmérőjét is befolyásolja. A felületi sérülés mérete nemcsak a gyártó által megadott szpotmérettel van összefüggésben, hiszen a teljesítmény növelésével a felületi károsodás is nő. 300 μm-nél nagyobb felületi sérülés gyakran gyógyul maradandó „lyukakkal”, hegekkel, pixelezettséggel (18) (11.a, b ábra).

A nagy impulzusteljesítmény által okozott bőrsérülés-átmérő és koagulációs zóna kiszélesedést hivatott csökkenteni a SmartStack™ technológia (12. ábra). A készülék szkennere egyetlen pontra 2-5 megismételt impulzust küld ahelyett, hogy a teljes kívánt teljesítményt egyetlen impulzusban juttatná a bőrre. Kisebb energiájú, megismételt impulzusokkal végzett „pulse stacking” azonos shrinking hatást eredményez, mint a nagyobb energia egyetlen impulzussal történő bevitel (19).

Az aknés eredetű hegek kezelése kifejezetten mély behatolást kíván, hiszen a gyulladt pilosebaceus egység az akne gyógyulása során az irhában okoz kötőszövetes elváltozást, s a fibrózus kötegek a felettük levő dermális és epidermalis rétegeket lehúzzák. A frakcionált lézer ablatív hatása e kötegeket fellazítja, ugyanakkor a mélyebb rétegek felmelegítése is szükséges az irha alapállományának és rostkötegeinek regenerálódásához. Elmés megoldás a frakcionált CO₂ lézer és a bipoláris rádiófrekvencia együttes alkalmazása, hiszen ilyenkor a nagyobb szövettömeg diffúz felmelegítését a rádiófrekvencia végzi, s a hőhatás



11. a, b ábra

Pixelezettség (a) és hypertrophias hegképződés pigment-eltéréssel (b) frakcionált CO₂ lézer kezelés után. A (b) esethez 2,5-16 ms pulzusidejű lézert használtak, vélhetően túlzott termális hatással. A kezelések nem a klinikánkon történtek.



12. ábra

A SmartStack™ segítségével elkerülhető a növelt impulzus-energia által okozott nagyobb sérülés és kiszélesedő koagulációs zóna. A szűk behatolási nyílás jobb esztétikai eredménnyel gyógyul, a kisebb koagulációs zóna megvéd a másodlagos nekrozistól.

a mélyebb rétegeket jobban eléri, mint a frakcionált CO₂ lézer fénynyalábja által okozott oszlopszerű hő (13. ábra). A rádiófrekvenciával kombinált kezelés nemcsak hatásosabb, hanem kb. 40%-kal képes lerövidíteni a gyógyulási időt (20).

Frakcionált Er:YAG lézer

Az Er:YAG lézerek fejlődése sem állt meg, a teljes felület hámlasztása helyett kifejlesztették a frakcionált kezelés lehetőségét. Bowen periorbitalis terület rejuvenációjára vonatkozó vizsgálata szerint a frakcionált üzem-



13. ábra

Nagysebességű szkener rádiófrekvenciával kombinált frakcionált CO₂ lézer kezeléshez. A távtartók képezik az elektródákat a bipoláris rádiófrekvencia beviteléhez. A színes nyomógombok a szkennelés formájának, arányainak és méretének a kezelés közben történő gyors beállítását teszik lehetővé. A többi paraméter, úgymint a lézer teljesítménye, az impulzus formája (CP, HP, DP, SmP), a lyukak közötti távolság, a tartózkodási idő, a rádiófrekvencia hatóideje (intenzitása), a készülék érintőképernyőjén (touch screen) állítható.

módban használt Er:YAG lézer hatása felér a „full-field” Erbium:YAG lézerével (21). A rövid pulzusú Er:YAG lézer frakcionált üzemmódban lyukasztja végig a felszínt, hőhatás nélkül, 100-150 mikron behatolás felett pontszerű vérvést okozva. Hosszú pulzusú Er:YAG fénypulzusok hozzárendelésével a lézer koagulációs képességet nyer, ilyenkor azonos behatolási mélység mellett a vérzés nem jelentkezik és a szétterjedő hő miatt shrinking hatás és kollagéniindukció is érvényesül (ProFractional-XC, Sciton Inc. Palo Alto, USA). Hatásos kombinációnak bizonyul a teljes felszín 30-50 mikron mélységben történő lehámlasztása után egy ülésben elvégzett frakcionált kezelés (14. a, b ábra). Hegek esetén a hámlasztás mélysége a 100-300 µm-t is elérheti (15. a, b ábra).

Non-ablatív lézerek

Pulzáló festéklézer

A napfénykárosodott bőr sérülést nem okozó (non-ablatív) lézeres kezelésének bőrfiatalító hatására elsőként



14.a, b ábra

Fénykárosodott arc bőr duális Er:YAG lézerrel végzett „full-field” hámlasztása és ProFractional-XC frakcionált kezelése előtt (a) és 1 hónappal a kezelés után (b). Jellemző a bőrszín egyenletessé válása, a pigmentfoltok eltűnése, a meglévő kollagén összehúzódása (shrinking) okozta bőrfeszítő és lifting hatás, a nasolabialis redő enyhülésével.

Brian Zelickson és Suzanne Kilmer (22) hívta fel a figyelmet, 1999-ben. 2 héttel a pulzáló festéklézerrel történő kezelést követően a kezelték 85%-ánál a kollagén I és III emelkedését regisztrálták, a kollagén produkciós ráta 148%-kal növekedett.

Röviddel később Bjerring (23) közleményében leírta, hogy a pulzáló festéklézerrel végzett egyetlen kezelés után 72 órával már kimutatható a kollagéneképződés szignifikáns változása (átlagos növekedés 84%). Az akkoriban igen széles körben használt CO₂ lézeres hámlasztással összehasonlítva megállapították, hogy a kezelés fájdalommentes, a kezelést követő bőrvörösség rövid idő alatt megszűnik, a pácienseknél napfényvédelmet nem alkalmaztak, s a napozás hatására normál barnulást tapasztaltak, hypertrophiás vagy atrophias hegképződést egyetlen esetben sem figyeltek meg. Hatásmechanizmusként feltételezték, hogy a pulzáló festéklézer fénye, a hámon akadálytalanul keresztülhaladva, a felső dermis vaszkuláris plexusának ereiben (az abban található hemoglobinban) nyelődik el. Az alkalmazott 2-4 Joule/cm² energiasűrűség nem okoz purpurát vagy koagulációt, amely egyébként a sikeres vaszkuláris kezelések velejárója, hanem csak enyhe steril gyulladás következik be, gyulladásos mediátorok, növekedési

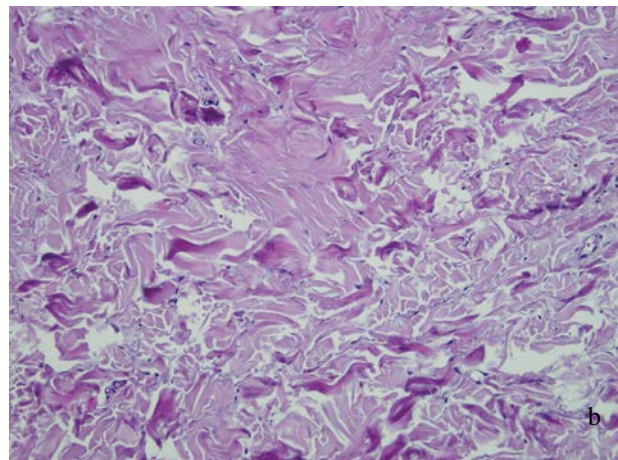
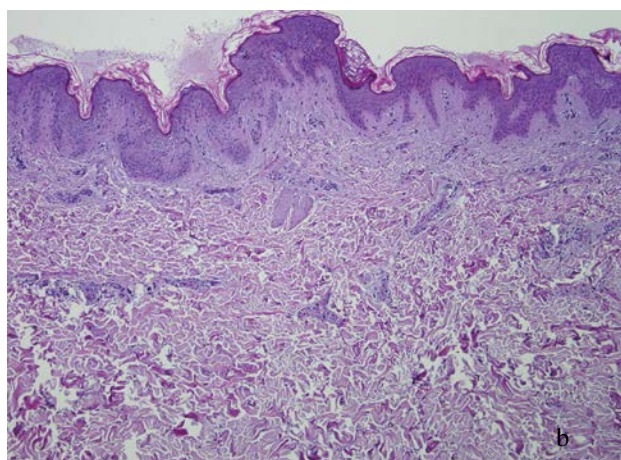
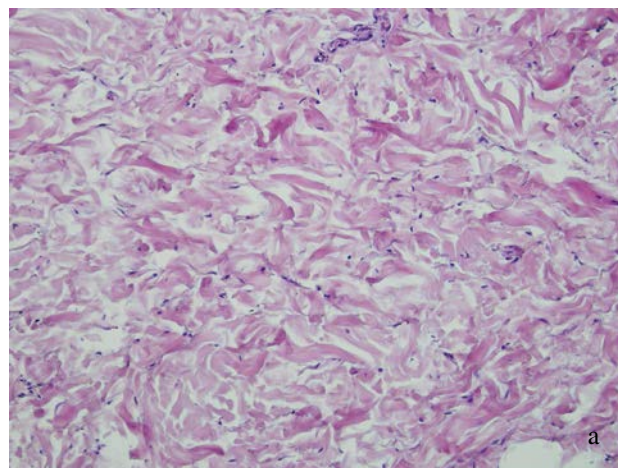
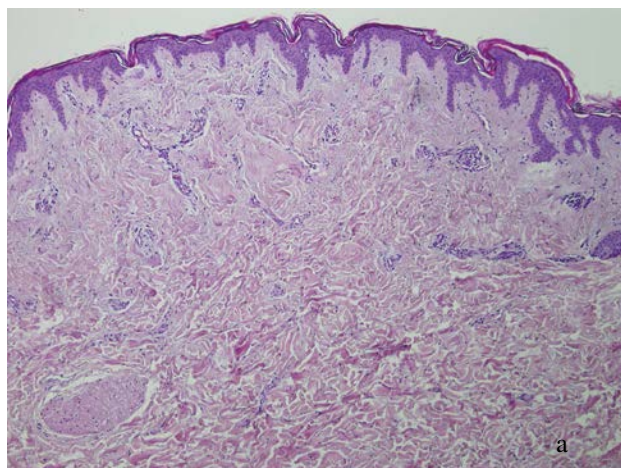


15.a, b ábra

Acne eredetű mély hegek 100µm mélységű „full-field” hámlasztás és 450-500µm mélységű ProFractional-XC frakcionált kezelés előtt (a) és 1 hónappal a kezelés után (b).

faktorok felszabadulásával az endothel sejtekből. Ezek a dermális intersticiumba kerülve stimulálják a fibroblaszt aktivitást. A kötőszöveti sejtek beindítják a szöveti repair mechanizmusokat, többek között az új kollagén képződését. Atrophias hegek esetén Tina Alster közölte elsőként a pulzáló festéklézer kedvező hatását (24). A periorcularis ráncok pulzáló festéklézerrel történő kezelése 2000-ben megkapta az USA egészségügyi hatóságának, az FDA-nek az engedélyét is. Később kiterjedt multicentrikus vizsgálat igazolta az 585nm-es pulzáló festéklézer hatását az arci ráncok területén (25) 3-dimenziós in vivo topográfiai vizsgálatokkal, a kollagén-I. mRNS-ének meghatározásával. A ma elterjedt kezelési protokoll: nagy kezelőfej átmérő (10-12mm), szubpurpurás dózis (3-4,5 J/cm²), 1 vagy több passzban (26), enyhe intenzitású hideglevegős bőrhűtés mellett.

Praxisunkban 2001-től használunk pulzáló festéklézert, első eredményeinket a Magyar Dermatológiai Társulat Nagygyűlésén 2004-ben mutattuk be. Saját anyagunkban a pulzáló festéklézer bőrmegújító hatását striae distensae esetében vizsgáltuk, a kezelés előtt és 2 kezelés után 1 hónappal. Kezelési paraméterek: 12mm-es kezelőfej, pulzusidő 0,5msec, 4,5 J/cm². Szöveti vizsgálatokkal igazoltuk a hám kiszélesedését, a dermoepidermalis határ hullámossá válását, az irha denzitásának növekedését, a rostállomány megújulását (16.a, b, 17.a, b, 18.a, b ábra). A klinikai gyakorlatban striae distensae, atrophias baleseti,



16. a, b ábra

A hám kiszélesedik, a dermoepidermalis határ a fiatal bőrre jellemző módon újra hullámossá válik: pulzáló festéklézerrel történt 2x kezelés előtt (a) és 1 hónappal a 2. kezelés után (b) (Iványi András, HE, 20x)

17. a, b ábra

A kollagéndenzitás növekedése pulzáló festéklézerrel történt 2x kezelés előtt (a) és 1 hónappal a 2. kezelés után (b) (Iványi András, HE, 20x)

műtéti és acnés hegek esetén 4-6 kezelésből álló kúrát végzünk, 3-4 hetes időközökkel. A striák keletkezésének korai szakaszában, amíg a vörös szín dominál, a kezelés intenzívebb regenerációt idéz elő, mint a kiégett, fehér striák esetében. Ugyanez jellemző a különböző eredetű hegekre is. A kúra várható eredménye az atrophias területek feltelődése, a vörös szín halványulása, a felületi ráncoltság eltűnése, az érintett bőrfelület arányának csökkenése. A korai szakban megkezdett kezelés jelentős esztétikai javulást idéz elő (19. a, b, 20. a, b ábra). A tágpórusú bőr jelentős esztétikai javulása egyetlen kezelés után akár 6-12 hónapig fennállhat (21. a, b ábra).

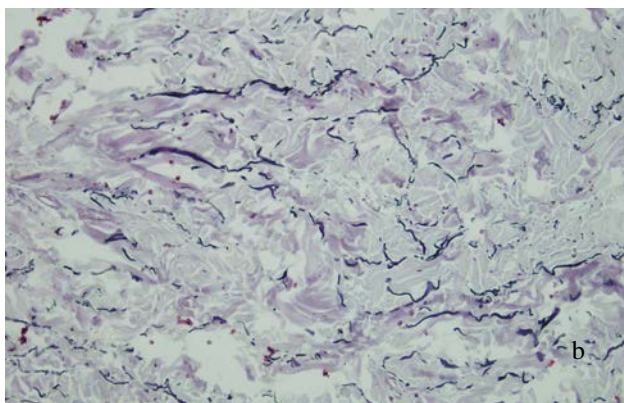
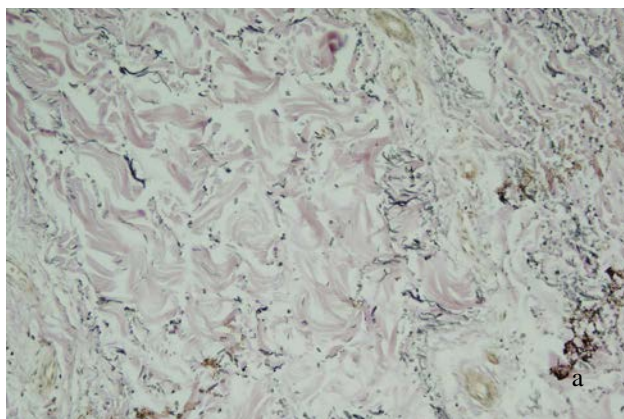
Nd:YAG lézerek

A hosszú pulzusú 1064nm-es Nd:YAG lézer bőrfiatalító hatását 2003-ban írták le (27). A pulzáló festéklézertől eltérő abszorpciós spektrum és behatolási mélység miatt intenzívebb felmelegedést idéz elő az irhában, így erőteljesebb a kollagénindukciós hatás, viszont a kezelés bőrfelületi hűtés mellett is kellemetlenebb, mint a PDL alkalmazása. A periocularis és a perioralis régióban végzett kezeléssorozat (3 alkalom, 2 hetes időközönként) hatása 2

hónappal az utolsó kezelés után volt a legkifejezettebb, s bár gyengülő tendenciával, de még 6 hónap után is szignifikáns volt (28).

Hasonló elv alapján más hullámhosszúságú lézerekkel is folytak kísérletek, de a költséghatékonyság okán a vaszkuláris célra és szőrtelenítésre széles körben használt 1064nm-es Nd:YAG, valamint a szintén Nd:YAG szilárdtestre épülő 1319nm-es és 1320nm-es (29) lézerek maradtak a non-ablatív rejuvenáció diffúz felmelegítésen alapuló, mai napig használt eszközei.

A pulzáló festéklézer és a Nd:YAG lézer azonos területre egy ülésben is alkalmazható: akár egymást követő 2 passzban, vagy MultiPlex® üzemmódban (egymást követő különböző hullámhosszúságú impulzusokkal). A szekvenciális alkalmazás során a PDL a hemoglobint met-hemoglobinná alakítja, melyben az Nd:YAG lézer fénye 4-5x erőteljesebben nyelődik el, s az ereken koagulációt okoz, így a hypervascularizált, hypertrophiás növekedési tendenciát mutató hegek esetén jótékony hatású, de bőrfiatalítás céljára nem javallt. A Szegedi Tudományegyetem Bőrgyógyászati és Allergológiai Klinika munkacsoportja sebészi hegekre alkalmazta a szekvenciális PDL/Nd:YAG



18.a, b ábra

A kollagéndenzitás növekedése pulzáló festéklézerrel történt 2x kezelés előtt (a) és 1 hónappal a 2. kezelés után (b) (Iványi András, rezorcin-fuchsin, 20x)



19.a, b ábra

Striák pulzáló festéklézerrel történt 6x kezelés előtt (a) és a 6. kezelés után 1 hónappal (b)



20.a, b ábra

Traumás heg pulzáló festéklézerrel történt 4x kezelés előtt (a) és 3 hónappal a 4. kezelés után (b)

kezelést: 25 páciensnél 39 heget kezeltek a varratszedés napjától megkezdve, 3 alkalommal. In vivo konfokális mikroszkóppal igazolták a vasculatura, valamint a heg szerkezetének változásait (30).

Saját praxisunkban acnés hegek kombinált kezelését a következőképpen kivitelezük: elsőként a Nd:YAG lézert használjuk, 10 mm-s kezelőfejjel, 40 ms pulzusidővel, 40 J/cm² energiasűrűséggel, kb 10%-os átfedéssel a teljes kezelendő területen, hideglevegős bőrhűtés mellett, majd a 2. passzban a pulzáló festéklézert alkalmazzuk, 12 mm-es szpotmérettel, 0,5 ms pulzusidővel, szubpurpurás dózisban (3,0-4,0 J/cm²), bőrhűtéssel (22.a, b ábra). A fenti beállítások nem okozzák a vasculatura tartós károsodását. Amennyiben az arcbőr hegeit rozácea-szerű erythema kíséri, vagy az anamnézisben szerepel szteroid externa használata, mely a kapillárisok tartós tágulatát eredményezi, esetleg szteroid függő perioralis dermatitis recurráló tüneteivel, a pulzáló festéklézert nagyobb energiával (4,5-5,0 J/cm²), akár enyhe purpurát vállalva használjuk, hogy eredményes coagulációt érjünk el (23.a, b ábra).

Rövid pulzusú alexandrit lézer

A non-ablatív eszközök közül a rövid pulzusú alexandrit lézer a pigmentációs zavarok kezelése során tanítja meg nekünk a lézerfizika alaptörvényeit. Ad 1. az alexandrit lézer 755 nm-es hullámhosszának abszorpciója a melaninban



21.a, b ábra

Pórusméret csökkenése pulzáló festéklézerrel történt 1x kezelés előtt (a) és 1 hónappal a kezelés után (b)

magas, miközben a hemoglobin alacsony elnyelődést mutat, így a terápiás ablak nagy – a lézer elsősorban a melanintartalmú elváltozásokra fejt ki a hatását. Ad 2. a pigmentet tartalmazó hámsejtek termorelaxációs ideje 1 ms körüli, ezért a destrukcióra képes impulzusnak ennél rövidebbnek kell lennie. A rövid pulzusú alexandrit lézer 0,5 ms pulzusidőt használ: az energiát gyorsabban viszi be, mint ahogyan a melanin tartalmú target képes lenne lehűlni. A rövid pulzusú alexandrit lézer hideglevegős bőrhűtéssel igen látványos eredményeket képes produkálni, a hám és a nyálkahártya épségének megóvása mellett (24.a, b, c, d ábra).

Q-kapcsolt és Pico lézerek

A pigmentált elváltozások kezelésére alkalmas eszközök nagy csoportja a Q-kapcsolt és pico lézerek. Ezeknél



22.a, b ábra

Acnés hegek egy ülésben végzett kombinált PDL és Nd:YAG kezelés előtt (a) és 2x kezelés után 1 hónappal (b)

a klasszikus fototermális hatás helyett a fotoakusztikus hatás érvényesül, hiszen a melanint és a tetoválófestéket a nanosecundum és picosecundum pulzusidejű eszközök szétrobbantják. E készülékcsoport a tetoválás eltávolítás mellett a pigmentált elváltozások kezelésében komoly szerephez jutott, praxisunkban körülírt elváltozások eltüntetésére használjuk (25.a, b, c ábra), kevésbé alkalmazzuk a magas esztétikai igényű bőrfiatalító kezelésekhöz.

Új megoldást jelent a lézernyaláb méhkaptárszerű fókuszlencsével történő szétoztása (Focus Lens Array, Picosure, Cynosure Inc. USA). A lézer energiájának kb. 10%-a éri a bőrt fókuszált fénynyalábok százaiként, ezek hozzájárulnak a LIOB (Laser Induced Optical Breakdown) elnevezésű intraepidermalis károsodást. A fennmaradó energia a környező szövetrészekbe diffúzan elosztva jut be. A LIOB, a frakcionált lézerekhez hasonlóan, megújulási folyamatot indít el.

Frakcionált non-ablatív lézerek

A bőrsérülést nem okozó, a hám- és az irhában oszlopszerű termális hatást előidéző non-ablatív frakcionált lézerek évekkel megelőzték az első frakcionált ablatív (CO₂ és Er:YAG) lézerek megjelenését. Elsőként Fournier és mtsai egy francia gyártmányú 1540 nm-es hullámhosszúságú Er:Glass lézerrel szerzett tapasztalataikról számoltak be 2001-ben (31), majd a vizsgálataikat nagyobb beteganyagban, 3 éves utánpótlással folytatták (32). A



23.a, b ábra

Hegekkel gyógyuló acneiform tünetek, állandósult, szteroid dependens bőrvörösséggel, egy ülésben végzett kombinált PDL és Nd:YAG kezelés előtt (a) és 1x kezelés után 1 hónappal (b)

páciensek egy része fenntartó kezelésben részesült 2 alkalommal a 35 hónap alatt. Szilikon lenyomatról készült profilometria segítségével megállapították, hogy a kezelés hatására a bőrfelület egyenetlenségei kisimultak, s a szignifikánsan jobb esztétikai állapot fennmaradt 2 éven keresztül. Érdekesebb az eredmények abban a megvilágításban is, hogy függetlenül az elvégzett fenntartó kezelésektől az eredmény tartós volt, bár a páciens elégedettség szignifikánsan magasabb volt az ismételt kezelt pácienseknél. Wanner és mtsai az 1550 nm-es frakcionált lézert 50 páciens esetében vizsgálták, az arc és különböző test régiókban (33). Kiemelték, hogy azon non-ablatív infravörös lézerek, melyek a fényt diffúzan juttatták a bőr mélyére, a dischromia (elsősorban a felső dermist érintő pigmentlerakódás) kezelésére nem voltak alkalmasak, míg a frakcionált lézer e területen kiváló lehetőségeket tartogat. A frakcionált infravörös lézer terápia rezisztens epidermális és dermalis pigmentációra kifejtett hatását Tannous esetismertetése hívta fel a figyelmet, melyben a lézer hatását 6 hónapos utánkövetéssel, UV-megvilágításban készült polarizált felvételek értékelésével vizsgálták (34).

Néhány éven belül számos frakcionált non-ablatív lézer jelent meg, több gyártó kezdett hasonló koncepciójú infravörös hullámhossz-tartományban dolgozó készülékek gyártásába. Az indikációs terület igen széles: fényká-



24.a, b, c, d ábra

Az ajaknyálkahártya hyperpigmentált foltjainak kezelése rövid pulzusú Alexandrit lézerrel, kezelés előtt (a) és 2x kezelés után (b), majd 10 évvel később, újabb kezelés előtt (c) és 1x kezelés után (d)



25.a, b, c ábra

Nagy kiterjedésű Café au lait folt az arcon Q-kapcsolt rubin lézerrel történt kezelés előtt (a), 1x kezelés után 4 hónappal (b), majd újabb kezelés után 4 hónappal

rosodott bőr az arcon és a testen (31,32,33,35), illetve kiemelten a periorbitalis régióban (36), melasma (34), égési hegek (37), atrófiás aknés hegek (38), tág pórusok (39).

A vízben jól abszorbeálódó lézertípust Er:Glass vagy Nd:YAG szilárdtest, illetve dióda állítja elő, melyet általában üvegszál vezet a kezelőfejbe, ahol egy diffraktív lencse osztja különböző számú lézersugárra. A keskeny lézersugarak ugyanilyen számú mikrotermális zónát (MTZ) hoznak létre az epidermis első sejtsorától a bőr meghatározott rétegéig. A behatolási mélység függ a hullámhossztól, az energiától, illetve a lencse kialakításától. A bőrfelületet általában kontakt hűtéssel óvják meg a túlmelegedéstől, mely jelen esetben ideális módszer: a szövetek összenyomása „vékonyítja” a kezelendő szövetet és növeli a beha-



26.a, b, c ábra

Súlyos acne isotretinoin kúra előtt (a) és után, visszamaradt atrófiás hegekkel, lézeres kezelés előtt (b), majd havonta végzett 12x frakcionált non-ablatív 1410 nm-es dióda lézeres kezelés után (c)

tolási mélységet, valamint a nyomás hatására az erek kiürülnek, így a kezelés szempontjából felesleges kromofóra (Hgb) eltűnik. A kezelést a legtöbbször több passzban, átfedés nélkül egymás mellé helyezett szpotokkal kivitelezik, ritkán „pulse stacking” technikát alkalmazva, egy szpotra több, egymást követő lövést adnak le. A mellékhatások tekintetében: a bőr kivörösödése a hatásos energiabevitel indikátora, előfordulása 100%, átlagosan 3 napig fennmarad (31), az esetek felében-harmadában ödéma, bronzos elszíneződés, illetve hámlás, valamint az esetek 4%-ában akneiform erupció fordult elő, míg hosszútávú szövődmény, mint a hegeképződés vagy a pigmentációs zavar, nem volt jellemző. Saját tapasztalataink ezt megerősítik, azzal a kiegészítéssel, hogy a kezelőfej kontakt hűtést



27.a, b ábra

Aknés hegek kezelése frakcionált non-ablatív 1540 nm-es Er:Glass lézerrel, kezelés előtt (a) és 8 kezelés után (b)



28.a, b ábra

Dermális hyperpigmentáció fénykárosodott arcbőrön, HALO hibrid (1470 nm-es dióda & 2940 nm-es Er:YAG) frakcionált lézeres kezelés előtt (a) és 2x kezelés után 4 héttel (b)

Gyártó	Típus	Fényforrás	Hullámhossz (nm)
Quantel Medical	Aramis	Er:Glass	1540
Reliant / Solta	Fraxel Restore	Er:Glass	1550
Reliant / Solta	Fraxel Refine	Fiber	1410
Palomar	Lux 1540	Er:Glass	1540
Cynosure	Affirm	Nd:YAG	1440
Cynosure	Affirm Multiplex	Nd:YAG	1320/1440
Syneron	Matrix IR	Dióda	915
Cynosure	Emerge	Dióda	1410
Quantasystem	Matisse	Er:Glass	1540
Cynosure	ICON	Er:Glass	1540
DEKA	Luxea Insight	Nd:YAP	1340
Sciton	HALO	Dióda / Er:YAG	1470/2940*
DEKA	Red Touch	Dióda	675

2. táblázat

Frakcionált non-ablatív lézerek (*kombinált, ún. hibrid frakcionált lézer)



29.a, b ábra

Dermális hyperpigmentáció fénykárosodott arcbőrön, HALO hibrid (1470 nm-es dióda & 2940 nm-es Er:YAG) frakcionált lézeres kezelés előtt (a) és 1x kezelés után 4 héttel (b), Visia RBX felvételen

biztosító zafirüvegének bőrhöz való illeszkedésére, precíz kéztartással, minden egyes lövés leadásakor ügyelni kell, mert inkomplett illeszkedés esetén a bőrfelület hűtés nélkül marad, s a nagyenergiájú lézersugár hólyagképződést idézhet elő, mely szerencsés esetben heg nélkül gyógyul.

Újdonság a bőrgyógyászatban a Neodymium: Yttrium Aluminium Perovskite (Nd:YAP) lézer, melynek 1340 nm-es fénye 20x jobban abszorbeálódik vízben, mint a Nd:YAG lézer 1064 nm-es hullámhossza, valamint a kollagén-specifikus lézerként aposztrofált 675nm-es dióda lézer melynek relatíve kis behatolási mélységét Smart Stack funkcióra képes szkennelrel ellensúlyozzák (RedTouch, Deka, Italy). 2. sz. táblázatunk a frakcionált non-ablatív lézereket foglalja össze (a teljesség igénye nélkül).

A hibrid (kombinált) frakcionált lézer a középutat jelenti a frakcionált lézerek két típusa között. Az ablatív frakcionált lézerek kíméletesebbek ugyan, mint az ultrapulzáló CO₂ és a full-field Er:YAG, melyekkel a teljes felületet lehámlaszthatjuk, mégis hosszabb gyógyulással és nagyobb szövődményarányal kell számolni, mint a non-ablatív lézereknél. A non-ablatív frakcionált lézerek



30.a, b ábra

Napfénykárosodott bőr telangiectáziával, solaris lentigókkal és dermális hyperpigmentációval, frakcionált 1540 nm Er:Glass és MaxG optimalizált pulzáló fényű kezelés előtt (a) és 3x ThreeForMe kezelés után 4 héttel (b), Visia polarizált felvételen

előnye, hogy a bőrvörösségen túl minimális rövid távú szövődményt okoznak, s nem igényelnek gyógyulási időt, ugyanakkor viszonylag nagy számú kezeléssel lehet csak látványos eredményt elérni. A hibrid frakcionált lézer ablatív komponense (2940 nm, Er:YAG) maximum 100 µm behatolást enged, így vérzésmentes kezelést garantál, de éppen a sérülés miatt intenzívebb sebgyógyulási folyamatot indít be, mint a non-ablatív lézer. Az Er:YAG limitált behatolási mélységét a non-ablatív frakcionált lézer (1470 nm, dióda) egészíti ki: elérve a dermis mélyebb rétegeit a klasszikus CO₂ lézer hatásához mérhető feszesítő és kollagénindukciós képességgel bír. A kétféle fénysugarat egy görgős kezelőfej egyidejűleg juttatja a bőrbe, a szkennel bőrfelszínen való mozgatásának függvényében gyorsabban, vagy lassabban adja le a keskeny fénysugarakat, hogy a lyukak és a felmelegített oszlopok denzitása az előre beállított értéknek megfelelő és egyenletes legyen. Waibel, Pozner, Robb és Tanzi multicentrikus vizsgálata (40) igazolta a várakozásokat. 34 páciensen 2 alkalommal végeztek kezelést, 4-6 hét időközzel. Az első kontrollok 1 és 2 héttel a kezelés után, majd 1,2 és 3 hónap múlva történtek. A páciensek 80%-a mutatott szignifikáns javulást a bőr állapotában, 100%-os páciens elégedettségi rátával, a fájdalom score érték 4-es volt a 0-10-ig terjedő skálán. 2 páciensnél átmeneti hyperpigmentáció jelentkezett, mely a 90 napos kontrollra elmúlt, más mellékhatást nem tapasztaltak.

Praxisunkban a 1410 nm-es frakcionált dióda lézert (26.a, b, c ábra) és az 1540 nm-es frakcionált Er:Glass lézert (27.a, b ábra) változatos megjelenésű aknés hegek kezelésére alkalmazzuk, az 1470nm-es frakcionált dióda és a 2940nm-es frakcionált Er:YAG lézer kombinációját bőrfiataltításra használjuk, elsősorban dermalis hiperpigmentáció jelenléte esetén (28.a, b, 29.a, b ábra). További kombinációs lehetőség az 1540nm-es non-ablatív frakcionált Er:Glass lézer optimalizált pulzáló fénnel való együttes alkalmazása fénykárosodott, pigmentált bőr esetén - előbbi a dermalis, utóbbi az epidermalis komponenst megcélózva. A kezelést követő bőrvörösség 1-2 órán belül elmúlik, s a néhány napon át tartó enyhe ödéma, valamint a pigmentfoltok eltűnés előtti bronzos elszíneződése a szép esztétikai eredménynek köszönhetően gyorsan feledésbe merül (30.a, b ábra).

Következtetések

Elmúltak azok az idők, amikor a bőrgyógyászati praxis nyitásához egy recepttömb és egy nagyító, esetleg egy kauter elegendő volt. Ha elfogadjuk, hogy a bőrgyógyászat és a plasztikai sebészet határán egy sokrétű, a páciensek által magas minőségi követelményeket állító, önálló szakterület fejlődött ki, akkor fel kell állítanunk annak szakmai standardjait és minimális kelléktárát is. A lézerek esztétikai célú alkalmazása az elmúlt negyed évszázadban igen szer-teágazó lett, az egyes fényhullámhosszak targetszelektivitása és a technikai megoldások specificitása okán szinte minden problémára más-más eszköz igényeltetik. Induláskor a praxis által megcélzott beteganyag igényeit kielégítő, hatásos és biztonságos, viszonylag sokoldalú készüléket érdemes választani, s a sikerek függvényében tovább

bővíteni az eszköztárat.

Az első orvosi lézeralkalmazástól hosszú utat jártunk be a mai legkorszerűbb módszerekig. Plasztikai sebészek vezették be, ma már mi is alkalmazzuk az invazívabb, altatásban végzett, Er:YAG lézeres full-field peelinget, illetve mély behatolású ablatív frakcionált lézert, mely egyedülálló bőrfeszesítő hatása révén az első face lifting műtét időpontját képes későbbre kitolni. E tény nem elhanyagolható abból a szempontból, hogy a face lifting műtét hege látható, s a műtét ismétlésekor azt egyre nehezebb elviselhetővé tenni. Jelenleg a bőr egy részét kezeletlenül hagyó, onnan a gyógyuláshoz tartalékot merítő, ún. ablatív frakcionált lézerek a legelterjedtebbek, bár a készülékek az ötletet sokféle módon valósítják meg. A CO₂ lézer reneszánszát éli: a frakcionált alkalmazás révén biztonságosabbá vált, s a költségesebb frakcionált Er:YAG lézer szinte minden előnyét képes biztosítani amellett, hogy agresszívebb beállításokra is képes. A SmartStack funkció a hámon ejtett sérülés kiszélesedését hivatott kiküszöbölni, biztosítva az oldalirányú hőkárosodás elkerülését, még nagy beavatkozási mélység mellett is.

Megállapítható, hogy a páciensek előnyben részesítik a non-invazív módszereket a műtéti beavatkozásokkal szemben. Kedveltek a non-ablatív frakcionált kezeléseket, mivel gyógyulási idővel nem kell számolni, s hatásosabbnak bizonyulnak a nem-frakcionált non-ablatív lézerekénél. Előretörték a kombinált kezelések is: frakcionált lézer és IPL, vagy ablatív és non-ablatív módszerek egy ülésben történő alkalmazása, illetve az egymásra épülő komplett esztétikai protokoll: lézeres kezelés – hialuronsavas arcformázás – botox, esetleg szemhéjplasztikával kiegészítve. Az optimalizált pulzáló fény (MaxG OPL) és az 1540 nm-es non-ablatív frakcionált lézer együttes alkalmazása akár egyetlen kezeléssel szignifikáns változást eredményez a fénykárosodott bőr állapotában, s a kombinált kezelés 25%-kal nagyobb mértékben csökkenti a ráncokat, mint a frakcionált lézer önmagában (41). Az kétségtelen, hogy a lézerekkel szinte mindent meg tudunk valósítani, amiben a plasztikai sebészeti műtét alá vetett bőr hiányt szenved: a kültakaró minőségének, vastagságának, textúrájának javítását, az értágulatok és pigmentfoltok eltüntetését, akár a bőr mélyebb rétegeiben, vagy a teljes vastagságában is.

Bár a fénykárosodott arc bőr tünettana és hisztológiája nem okoz különösebb fejtörést a szakembereknek, a megfelelő kezelési módszer kiválasztásához célszerű a bőrtünetek alaposabb vizsgálatába bonyolódni. Az elsődleges, vezető tünet meghatározásához figyelmet kell fordítanunk a páciens anamnézisére, életmódjára, az általa legsúlyosabbnak tartott problémára és a pszichéjére is. Félrevezető lehet, ha a kezelőorvos a számára kézenfekvőnek tűnő probléma kezelését részesíti előnyben, a páciens legjobban zavaró tünettől szemben. Könnyen félreveheti az orvos és a páciens bizalmon alapuló kapcsolatát az automatizmus, a megszokott „panelek” alkalmazása. Hívjuk segítségül a képmegjelenítő eszközöket és a fizikai paramétereket mérő szondákat, készítsünk jó minőségű felvételeket a kezelés előtt, s mutassuk be páciensünknek, miért látjuk mi másképp a problémát. A közösen megállapított tünetekre

könnyebb lesz hatásos kezelést alapozni, s a páciens elégedettségét kivívni.

(Az összes klinikai kép a szerző saját kezeléseinek eredményét demonstrálja).

IRODALOM

1. Boér, I.: Bőrszövet és orvosi kozmetológia, Medicina, 1988.
2. Anderson, R. R., Parrish, J. A.: Microvasculature can be selectively damaged using dye lasers: a basic theory and experimental evidence in human skin. *Lasers Surg. Med.* (1981) 1, 263-276.
3. Gilchrist, BA: Photodamage 1995. Blackwell Science
4. Yaar M: Skin Aging: observations at the cellular and molecular levels. *Isr J Med Sci* 1996. (32) 1053-1058
5. Goldsberry A, Hanke W, Hanke KE: VISIA system: a possible tool in the cosmetic practice. *Journal of drugs in dermatology* (2014) Nov 13 (11) 1312-1314
6. Rattanawitpong P, Wanitphakdeedecha R, Bumrungrert A, mtsai.: Anti-aging and brightening effects of a topical treatment containing vitamin C, vitamin E, and raspberry leaf cell culture extract: a split-face, randomized controlled trial. *Journal of Cosmetic Dermatology* (2020) Jan. 19 (7) 671-676
7. Varju G: A rozácea lézeres kezelése. *BVSZ* (2016) 92, 188-194
8. Baker SS, Muenzler WS, Small RG és mtsai.: Carbon dioxide laser blepharoplasty. *Ophthalmology.* (1984) 91, 238-244
9. Fitzpatrick RE, Goldman MP, Satur NM és mtsai.: Pulsed carbon dioxide laser resurfacing of photo-aged facial skin. *Arc Dermatol.* (1996) 132(4), 395-402
10. Campolmi P, Bonan P, Cannazzoro G, és mtsai.: Highlights of thirty-year experience of CO2 laser use at Florence (Italy) department of dermatology. *ScientificWorldJournal* (2012) Apr 546, 528
11. Utley DS, Koch RJ, Egbert BM: Histologic analysis of the thermal effect on epidermal and dermal structures following treatment with the superpulsed CO2 laser and the Er:YAG laser: an in vivo study. *Lasers in Surgery and Medicine* (1999) 24, 93-102
12. Ross EV, McKinlay JR, Anderson RR: Why does carbon dioxide resurfacing work? A review. *Arch Dermatol.* (1999) 135(4), 444-54.
13. Newman JB, Lord JL, Ash K, és mtsai.: Variable pulse erbium: YAG laser skin resurfacing of perioral rhytides and side-by-side comparison with carbon dioxide laser. *Lasers Surg Med* (2000) 26(2), 208-214
14. Kunzi-Rapp K, Dierickx C, Cambier B, és mtsai.: Minimally invasive skin rejuvenation with Erbium:YAG laser used in the thermal mode. *Laser Surg Med* (2006) Dec
15. Holds, JB: Dual-mode Erbium:YAG laser resurfacing. In: *Pearls and pitfalls in cosmetic oculoplastic surgery.* Springer Verlag 424-427
16. Hantash BM, Bedi VP, Kapadia B és mtsai.: In vivo histological evaluation of a novel ablative fractional resurfacing device. *Lasers Surg Med.* (2007) 39(2), 96-107
17. Prignano F, Campolmi P, Bonan P mtsai.: Fractional CO2 laser: a novel therapeutic device upon photobiomodulation of tissue remodeling and cytokine pathway of tissue repair. *Dermatological Therapy* (2009). Nov.
18. Esmat SM, Gawdat HI, Abdel-Halim MRE és mtsai.: Persistent pixel stamping marks: a novel complication of fractional CO2 laser in scar treatment *Lasers in Medical Science* (2019) Jan 34(5)
19. Motta MM, Steli RF, Calderoni DR és mtsai.: Lower energy and pulse stacking. A safer alternative for skin tightening using fractional laser. *Acta Cir Bras* (2016) Jan 31(1), 28-35
20. Tenna S, Cogliandro A, Piombino L és mtsai.: Combined use of fractional CO2 laser and radiofrequency waves to treat acne scars: a pilot study on 15 patients. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy* (2012) Online: 1-6
21. Bowen, R: Periorbital rejuvenation: ablative full field Er:YAG versus fractional Er:YAG laser resurfacing. *Journal of Clinical and Cosmetic Dermatology* (2017) Jan.
22. Zelickson BD, Kilmer SL, Bernstein E és mtsai.: Pulsed dye laser therapy for sun damaged skin. *Lasers Surg Med* (1999) 25, 229-36.
23. Bjerring P, Clement M, Heickendorff L és mtsai.: Selective non-ablative wrinkle reduction by laser. *J Cutan Laser Ther* (2000) 2, 9-15.
24. Alster TS, McMeekin TO: Improvement of facial acne scars by the 585nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol* (1996) Jul;35(1), 79-81
25. Hsu TSJ, Zelickson BD, Dover JS és mtsai.: Multicenter study of the safety and efficacy of a 585nm pulsed dye laser for the non-ablative treatment of facial rhytides
26. Tanghetti EA, Sherr EA, Albóvarado SL: Multipass treatment of photodamage using the pulsed dye laser. *Dermatol Surg* (2003) July 29, 686-691
27. Dayan SH, Vartanian AJ, Menaker G és mtsai.: Non-ablative laser resurfacing using the long pulse (1064nm) Nd:YAG laser. *Arch Facial Plast Surg.* (2003) Jul-Aug;5(4), 310-5.
28. Trelles MA, Alvarez X, Martín-Vazquez MJ és mtsai.: Assessment of the efficacy of nonablative long-pulsed 1064nm Nd:YAG laser treatment of wrinkles compared at 2,4 and 6 months. *Facial Plast Surg* (2005) May;21(2), 145-153
29. Levy JL, Trelles MA, Lagarde JM és mtsai.: Treatment of wrinkles with the non-ablative 1320nm Nd:YAG laser. *Annals in Plastic Surgery* (2001) 47(5), 482-488
30. Vas K, Gaál M, Varga E és mtsai.: Effects of the combined PDL/ Nd:YAG laser on surgical scars: vascularity and collagen changes evaluated by in vivo confocal microscopy. *Biomed Res Int.* (2014) 2014: 204532
31. Fournier N, Dahan S, Barneon G és mtsai.: Nonablative remodeling: clinical, histologic, ultrasound imaging and profilometric evaluation of a 1540nm Er:glass laser. *Dermatol Surg* (2001) Sep;27(9), 799-806
32. Fournier N, Lagarde JM, Turlier V és mtsai.: A 35-month profilometric and clinical evaluation of non-ablative remodeling using a 1540nm Er:Glass laser. *J Cosmet Laser Ther* 2004 Dec
33. Wanner M, Tanzi EL, Alster TS: Fractional photothermolysis: treatment of facial and nonfacial cutaneous photodamage with a 1550-nm Erbium-doped fiber laser. *Dermatol Surg* (2007) 33, 23-28
34. Tannous ZS, Astner S: Utilizing fractional resurfacing in the treatment of therapy-resistant melasma. *J Cosm Laser Ther* (2005) 7, 39-43
35. Lupton JR, Williams CM, Alster TS: Nonablative laser skin resurfacing using 1540 nm erbium glass laser: a clinical and histologic analysis. *Dermatol Surg* (2002) 28, 833-835
36. Manstein D, Herron GS, Sink K és mtsai.: Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodelling using microscopic patterns of thermal injury. *Laser Surg Med* (2004) 34(5), 426-38.
37. Haedersdal M, Moreau KE, Beyer DM és mtsai.: Fractional non-ablative 1540nm laser resurfacing for thermal burn scars: a randomized controlled trial. *Lasers Surg Med* (2009) Mar;41(3), 189-95
38. Hedelund L, Moreau KE, Beyer DM és mtsai.: Fractional nonablative 1,540-nm laser resurfacing of atrophic acne scars. A randomized controlled trial with blinded response evaluation. *Lasers Med Sci* (2010) Sep;25(5), 749-54
39. Saedi N, Petrell K, Arndt K és mtsai.: Evaluating facial pores and skin texture after low-energy nonablative fractional 1440-nm laser treatments. *J Am Acad Dermatol* (2013) Jan;68(1), 113-118
40. Waibel S, Pozner J, Robb C és mtsai.: Hybrid fractional laser: a multi-center trial on the safety and efficacy for photorejuvenation. *J Drugs Dermatol* (2018) Nov 1;17(11), 1164-1168.
41. Chan CS, Saedi N, Mickle C és mtsai.: Combined treatment for facial rejuvenation using an optimized pulsed light source followed by a fractional non-ablative laser. *Lasers Surg Med* (2013) Aug 45(7), 405-409

Érkezett: 2020.03.30.

Közlésre elfogadva: 2020.04.18.