

Pikoszekundumos technológia alkalmazásának lehetőségei a kozmetológiai praxisban

New age of cosmetology procedures with picosecond lasers

KONDOROSI ILDIKÓ DR.¹, VÖRÖS LÁSZLÓ²

Dunakanyar Esztétikai és Bőrgyógyászati Centrum, Vác¹, Center Kft. Budapest²

ÖSSZEFOGLALÁS

A picoszekundumos lézertechnológia a bőrgyógyászat és esztétikai orvoslás egyik legmodernebb és legígéretesebb eszköze, amely lehetővé teszi a bőr különböző rétegeinek precíz és célzott kezelését minimális hőhatással és rövid regenerációs idővel. A cikk első részében részletesen bemutatjuk a picoszekundumos lézerek fizikai jellemzőit, különös tekintettel a LIOB (Laser-Induced Optical Breakdown) és DOE (Diffraction Optical Element) jelenségekre, amelyek kulcsszerepet játszanak a lézereenergia szöveti hatásmechanizmusában.

A következő szakaszban áttekintjük a picoszekundumos lézerek alkalmazási területeit a kozmetológiai praxisban, beleértve az epidermális és dermális pigmentált léziók, sebészeti hegek, valamint a bőrfiatalítás és ráncsökkentés kezelését.

A cikk záró részében esettanulmányokon keresztül mutatjuk be a picoszekundumos lézerkezelések gyakorlati alkalmazását, kiemelve a PicoSculptur® módszer előnyeit és a férfi-női arc bőr közötti különbségeket a kezelések során. Az összefoglaló célja, hogy átfogó képet nyújtson a picoszekundumos lézerek szerepéről és lehetőségeiről a modern kozmetológiai gyakorlatban, hangsúlyozva a technológia precizitását, sokoldalúságát és a páciensek számára nyújtott előnyöket.

Kulcsszavak:

**picolézer – picosculpting – bőrfiatalítás –
lézeres kezelések**

SUMMARY

Picosecond laser technology stands as one of the most advanced and promising tools in dermatology and aesthetic medicine, enabling precise and targeted treatment of various skin layers with minimal thermal impact and short recovery times. The first section of this article provides a detailed overview of the physical characteristics of picosecond lasers, with particular emphasis on phenomena such as Laser-Induced Optical Breakdown (LIOB) and Diffraction Optical Elements (DOE), which play crucial roles in the tissue interaction mechanisms of laser energy. Subsequently, we examine the indications for picosecond lasers within cosmetic practice, including the treatment of epidermal and dermal pigmented lesions, surgical scars, as well as skin rejuvenation and wrinkle reduction.

In the concluding part of the article, we present case studies demonstrating the practical applications of picosecond laser treatments, highlighting the advantages of the PicoSculptur® method and the differences in treatment approaches between male and female facial skin. The aim of this summary is to provide a comprehensive overview of the role and power of picosecond lasers in modern cosmetic practice, emphasizing the technology's precision, versatility, and the benefits it offers to patients.

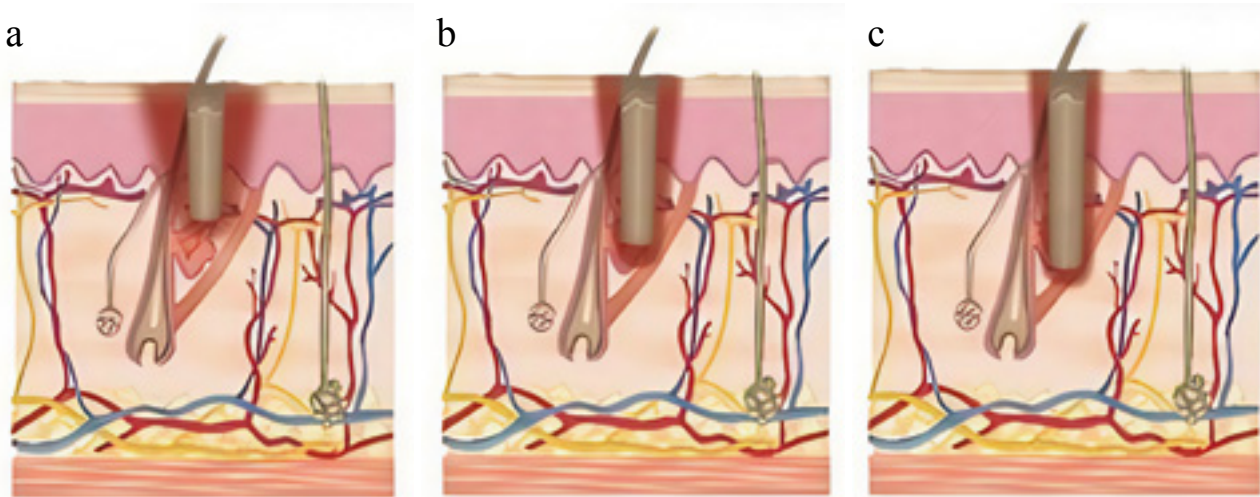
Key words:

**picosecondlaser – picosculpting –
skin rejuvenation – laser treatments**

Az esztétikai bőrgyógyászatban a lézertechnológia gyors fejlődése új lehetőségeket nyitott meg mind a bőrfiatalítás, kollagénindukció, mind a pigmentált léziók és a tetoválás eltávolítás területén. Cikkünkben a picosecondumos lézer, nevezetesen a LASEROPTEK PicoLO készülék arcifiataltató funkciójáról (PicoSculpting) szeretnénk bővebben beszélni, érintve a pigmentált léziók kezelését is. Bár a valódi picosecondumos lézerek a tetoválás el-

távolításban vitán felül a leghatékonyabb eljárást képviselik, ezért ebben a cikkben erre most nem is térünk ki.

A picoszekundumos lézerek rendkívül rövid impulzusokat alkalmaznak, tipikusan a másodperc ezermilliárdod részének a tartományában. Ezek a lézerek jellemzően az ultraibolya, látható és infravörös spektrumokban működnek, és különböző kompartmenteket képesek célzottan kezelni anélkül, hogy a környező szöveteket károsítanák.



1. a, b, c ábra

a: CO₂ laser működése közben kialakuló ablációs és termikus károsodási zóna; b: CO₂ laser működése közben kialakuló termikus sérülés folyamata; c: CO₂ laser okozta termikus sérülés gyógyulási folyamata

A technológia fő fizikai jelensége az úgynevezett fotoakusztikus vagy más néven fotomechanikai effektus, amely az ultrarövid idő alatt leadott, relatív nagy lézerenergia következtében jön létre (1). Mivel az impulzus-idő rövidebb, mint a pigment, bőr, illetve a kötőszövet termikus relaxációs ideje, a keletkező energia főként mechanikai hullámmá alakul és alig képződik hő (2). Ennek következtében a pigmentek szétrobbannak, apró mikropartikulumokra fragmentálódnak, amelyeket a bőr immunrendszere, főként a makrofágok segítségével eltakarít, a szövetközi térben pedig kontrollált fotomechanikai sérüléseket fog okozni, melyek a neokollagénezis indukálásában segítenek (3).

Összehasonlítva a szélesebb körben ismert CO₂ lézerekkel, működése nagyfokban eltér (1. táblázat). A CO₂ lézer infravörös sugárzást alkalmaz (10 600 nm), amelynek működése elsősorban ablációs, azaz szövetrétegeket eltávolító mechanizmuson alapul (4). A CO₂ lézerfény ezen hullámhosszát a víz molekulái nagyon erősen elnyelik (abszorpciós együtthatója kiemelkedően magas), így az ener-

gia rendkívül gyorsan a sejtek víztartalmában nyelődik el (5). Az intenzív energiaabszorpció azonnali intracelluláris vízpárolgáshoz vezet, a sejtek felrobbannak és kontrollált szöveti abláció jön létre (6). A kezelési területen mikroszkopikus vagy makroszkopikus méretű ablációs zónák alakulnak ki, melyek körül termikus károsodási zóna alakul ki (7). Ez a termikus sérülés játszik nagyon fontos szerepet a kollagén denaturációjában és a neokollagénezis indukálásában (1. a, b, c ábrák) (8).

Ezzel ellentétben a picosekundumos technológiánál egy plazmajelenség zajlik le, a szövetek meghatározott mélységében kavitációs buborékok keletkeznek. A lézer-indukált optikai lebontás (Laser-Induced Optical Breakdown, LIOB) és a lézer-indukált kavitáció (Laser Induced Cavitations – LIC) olyan jelenségek, amelyek során intenzív ultrarövid lézerimpulzusok hatására a bőr különböző rétegeiben (LIOB felsőbb rétegek, epidermisz-dermisz határa; LIC mélyebb rétegek, dermis) plazma keletkezik, amik mikrovakuólák (ún.: mikroüreg) képződéséhez vezetnek.

Frakcionált CO ₂ lézer	Frakcionált Picolézer (DOE)
A bevitt energia hővé alakul, fotothermikus hatást gyakorol a szövetekre	A bevitt energia fotomechanikus hatást gyakorol a szövetekre, nincs hőhatás
Vízben nyelődik el, elvaporizálja a szövetekben található vizet kontrollált mikrosérülések (100 µm)	Kavitációs buborékok alakulnak ki kontrollált mikrosérülések (LIOB és LIC)
Behatolás mélysége a bevitt energia és a behatási idő függvényében változik	Behatolás mélysége a fókusz távolságtól függ
Fentről lefelé halad, minden esetben hámsérüléssel jár (MAC – Microablative Column)	Mélyebb rétegeket is kezelhetünk anélkül, hogy a felső hámréteg sérülne

1. táblázat
A lézerek összehasonlítása

A LIOB és a LIC kialakulásának mechanizmusa igazi picosecundumos lézerek esetében:

- 1. Szabad elektronok keletkezése:** A picosecundumos lézerimpulzusok kölcsönhatásba lépnek a szövetekkel, és szabad elektronokat generálnak termoionikus emisszió vagy többfotonos abszorpció révén.
- 2. Lavinaionizáció:** Ez a hatás azután kaszkádba lép, ahogy az energia az ionizált régióból a környező rétegekbe kerül, további ionizációt okozva.
- 3. Plazma kialakulása:** A szabad elektronok sűrűsége növekszik a fókuszált lézersugár területén, ami plazma képződéséhez vezet. Ez a plazma hatékonyabban nyeli el a lézerenergia fennmaradó részét.
- 4. Sokk-hullám:** A plazma gyors tágulása sokk-hullámot hoz létre.
- 5. Kavitációs buborékok létrejötte:** Majd az ezt követő anyagpárolgás kavitációs buborékokat eredményez mikroüreges szerkezetet kialakítva.
- 6. Kavitációs buborékok összeomlás¹:** Mely során az energia a környező szövetekbe is terjed, további mikroüreges szerkezetet kialakítva.
- 7. Szövet károsítás:** Ezek a mikroüregképződések biológiai válaszreakciókat (pl. kollagéntermelést, gyulladásos mediátorok felszabadulását) indukálnak.
- 8. Megindult a sebgyógyulási folyamat:** Fenti folyamatok hatására beindulnak a bőr automatikus regenerációs folyamatai.

A 4. ábra szemlélteti a LIOB és LIC kialakulásának lépéseit valódi picosecundumos lézerimpulzusok hatására.

A LIOB és LIC által létrehozott mikroüregek stimulálják a bőr regenerációját és remodelációját. A keletkező károsodás hatására a keratinociták különböző citokineket, kemo-

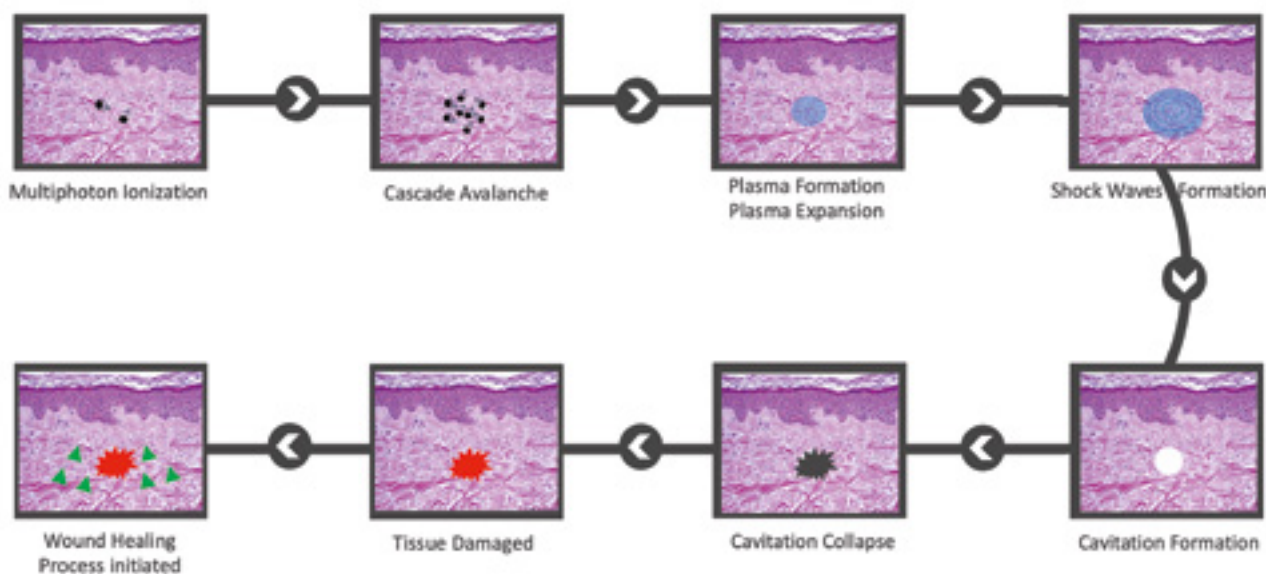
kineket és növekedési faktorokat bocsátanak ki, elősegítve az új kollagén termelődését és a bőr szerkezetének javulását.

A *picosecundumos lézerek* hatékonyságának egyik kulcsa abban rejlik, hogy képesek extrém rövid idő alatt (10^{-12} s nagyságrendben) rendkívül nagy intenzitású energiát juttatni a bőr mélyebb rétegeibe, miközben elkerülhető a környező szövetek termikus károsítása. Ezen lézerek egyik domináns hatásmechanizmusa a *lézer-indukált optikai lebontás (LIOB)* és a *lézer-indukált kavitáció (LIC)*, amelyek az epidermisz és felső dermisz találkozásánál, továbbá a dermiszben, mikroméretű plazmaképződéshez és kavitációs buborékok keletkezéséhez vezet. Ezek a mikroüregképződések biológiai válaszreakciókat (pl. kollagéntermelést, gyulladásos mediátorok felszabadulását) indukálnak, melyek kulcsfontosságúak a bőr regenerációs folyamataiban. (9)

A LIOB és LIC jelenséget, akár frakcionált jelként is hasznosíthatjuk, ezen cél biztonságos és hatékony előidézése érdekében a fejlettebb picosecundumos lézerrendszerek egyre gyakrabban alkalmaznak *diffraktív optikai elemeket (DOE-ket)* (6). A DOE-k mikrostrukturált optikai elemek, amelyek célja a lézerimpulzus *hullámfrontjának módosítása*, és ezáltal *több fókuszpont* kialakítása egyetlen impulzus során (frakcionált impulzus). Ez lehetővé teszi a lézerenergia *térbeli megosztását*, ami egyszerre több mikrosérülést (mikroplazma- és kavitációs képződés) idéz elő a célterületen biztonságosan, anélkül, hogy az egyes fókuszpontok túlzott energiasűrűsége túlterhelné az adott szövetrészt.

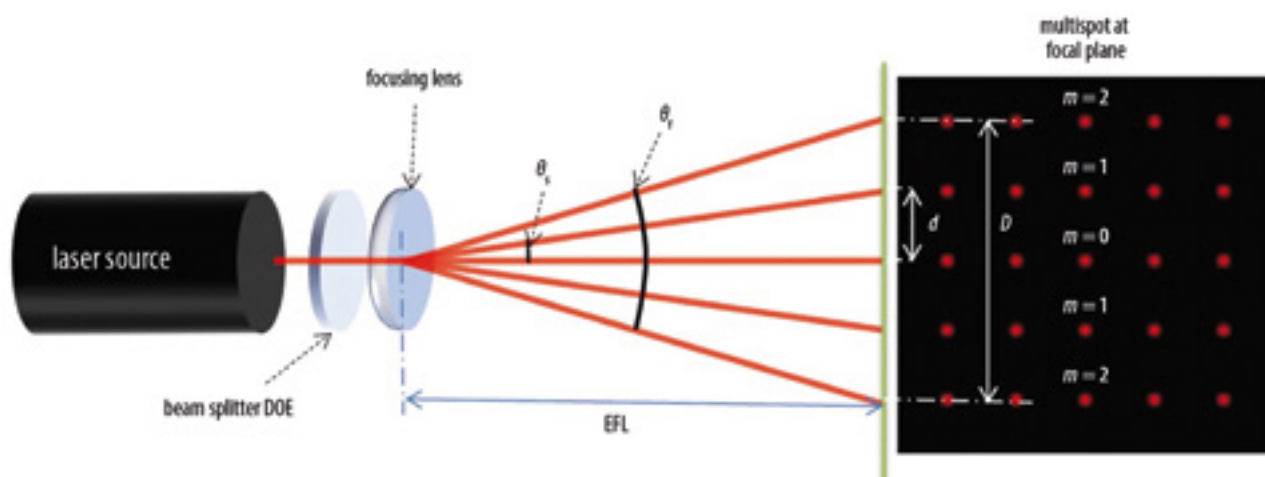
Ez az energiaelosztás különösen előnyös, mivel *nagyobb kezelési felületeket* egyenletesen tudunk lefedni. A fájdalom és mellékhatások csökkennek, a *gyógyulási idő lerövidül*. Valamint a *terápia pontossága és ismételhetősége* növekszik.

A DOE-vel ellátott valódi picosecundumos lézerek tehát lehetőséget kínálnak arra, hogy a LIOB és LIC jelenség térben strukturált, kontrollált módon jöjjön létre, így a *minimálisan invazív dimenzionális bőrfiatalító kezelések*



4. ábra

A LIOB és LIC kialakulásának lépéseit valódi picosecundumos lézerimpulzusok hatására



5. ábra

DOE-val ellátott picosecundumos lézerek esetében a LIOB kialakulásának a folyamata (forrás: Using Diffractive Optical Elements: DOE for beam shaping – fundamentals and applications Article in Laser Technik Journal October 2018 DOI: 10.1002/latj.201800021)

új szintjét teszik elérhetővé, mint a PicoSculpting. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a keletkezett mikroüregek nagysága, mennyisége és kiterjedése nagyban befolyásolja a kezelés eredményességét, ezért nem minden valódi picosecundumos készülék alkalmas a dimenzionálási bőrfiatalító kezelésre (10).

Anyag és módszer

Kezelési indikációk

A picosecundumos lézerek alkalmazási spektruma az esztétikai és terápiás bőrgyógyászatban az elmúlt években jelentősen bővült, köszönhetően a technológia nagy pontosságának, szövetkímélő hatásmechanizmusának és multifunkcionális alkalmazhatóságának. A rendkívül rövid, picosecundumos impulzusok révén elérhető fotomechanikus

hatás különösen alkalmas különböző pigmentációs rendellenességek – beleértve az epidermális és dermális eredetű elváltozásokat – kezelésére. Klinikai indikációt jelent többek között a *melasma*, *Ota naevus*, *posztinflammatorikus hyperpigmentáció*, valamint a *tetoválás* hatékony eltávolítása.

A pigmentkezeléseken túlmenően a picosecundumos lézerek alkalmazhatók *aknés és műtéti hegek*, valamint *kítárgult pórusok* kezelésére is. A bőr mélyebb rétegeiben indukált LIOB (laser-induced optical breakdown) jelenség stimulálja a kollagéntermelést, lehetővé téve a nem ablatív bőrfiatalítást, a finomráncok csökkentését és a bőr textúrájának javítását. Az indikációk között így az *esztétikai célú rejuvenáció* is kiemelt szerepet kap.

A modern lézerplatformokon alkalmazott diffraktív optikai elemek (DOE) tovább bővítik a technológia lehetőségeit, mivel lehetővé teszik a lézersugár precíz térbeli eloszlását, ezáltal több fókuszpont egyidejű stimulálását és a

Csoport	Indikáció	Hullámhossz	Kezelési cél
Pigmentációs zavarok	Epidermalis és dermalis pigment-léziók	532/1064	Pigmentredukció, tónusjavítás
Pigmentációs zavarok	Melasma	1064	Pigmentcsökkentés gyulladás nélkül
Pigmentációs zavarok	Ota naevus	1064	Dermalis melanocyták lebontása
Pigmentációs zavarok	Tetoválás	532/1064	Pigmentek fragmentálása
Pigmentációs zavarok	Hyperpigmentáció	532/1064	Melanin csökkentés
Hegyesedés és pórusok	Acne/ hegek	1064	Dermalis remodelláció
Hegyesedés és pórusok	Tág pórusok	1064	Sebumcsökkentés, kollagénstimuláció
Esztétikai bőrfiatalítás	Bőrminőség javítás	1064	Kollagénindukció, feszesítés
Esztétikai bőrfiatalítás	Finom ráncok kezelése	1064	Bőrtextúra javítása

2. táblázat

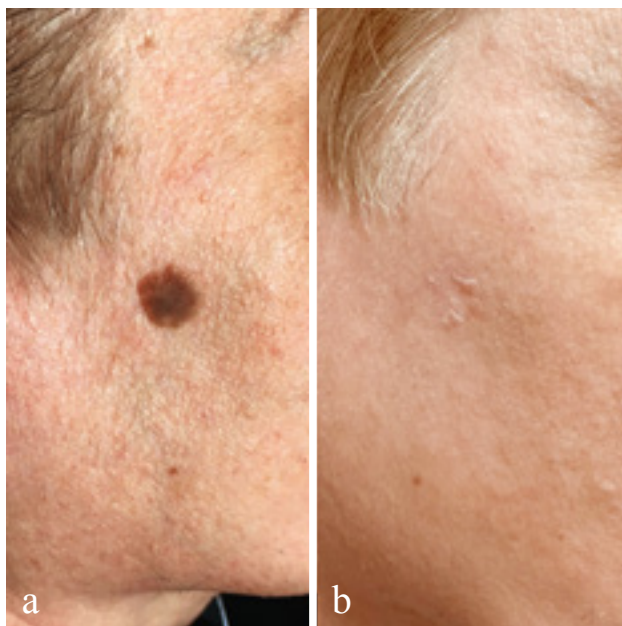
Picosecundumos lézerek használatának indikációi

kezelés egyenletességének fokozását. A picoszekundumos lézer tehát egy komplex, minimálisan invazív, mégis széleskörűen alkalmazható eszköz a modern bőrgyógyászati praxisban (2. táblázat).

Eredmények – Esetbemutatások

1. beteg

Első betegünknel seborrhoeás keratosis távolítottunk el, a képen látható eredménnyel. A kezelés során 532 nm hullámhosszú Zoom fejet használtuk (6. a, b ábra).



6. a, b ábra

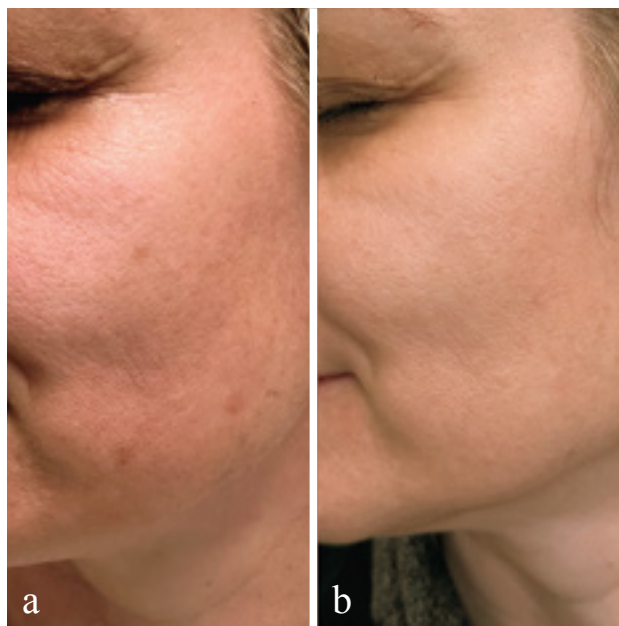
Seborrhoeás keratosis kezelése Zoom 532 nm

2. beteg

Második betegünknel arcon lévő pigmentfoltok kezelése történt Zoom 532+AT, 4 mm, 1,5 J/cm² beállítással egy alkalommal (7. a, b ábra).

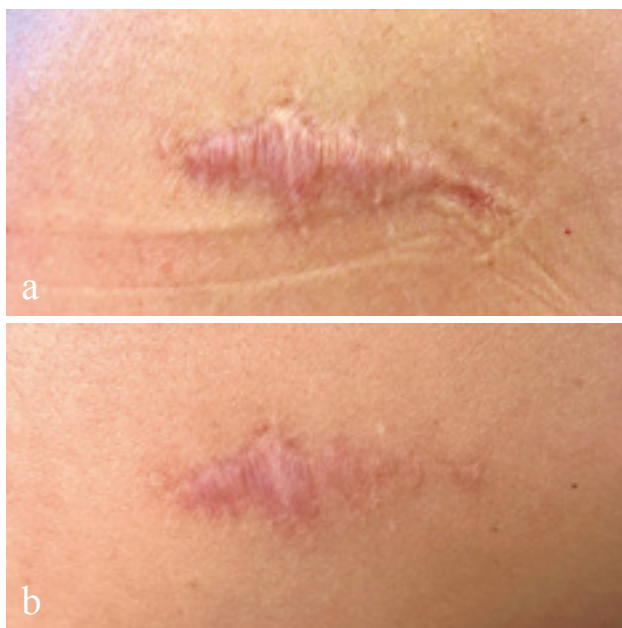
3. és 4. beteg

Harmadik és negyedik betegünk nem kielégítő esztétikai eredménnyel gyógyuló műtéti hegének kezelésére érkezett, melyeket a következő fotókon szemléltetünk. Kezelésük több alkalommal, havonta egyszer, 1064 nm hullámhosszú frakcionált fejjel történt (8. a, b és 9. a, b ábra).



7. a, b ábra

Pigmentfolt kezelése Zoom 532+AT, 4 mm, 1,5 J/cm²



8. a, b ábra

a: Heg kezelés előtt; b: Heg kezelés után DIA FX 1064 nm



9. a, b ábra

Arcplasztika utáni hegkorrekció DIA FX 1064 nm

Ha hegkezelésről van szó, nem hagyhatjuk ki az arcon jelentkező, sokszor az életminőséget nagyfokban rontó aknés hegek kezelését sem.

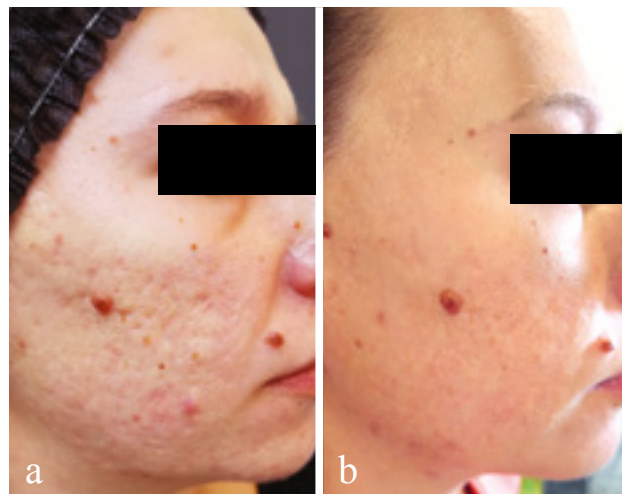
Páciensünknel öt alkalommal történt picolézer kezelés, frakcionált 1064 nm-es fejjel három különböző fókusz távolsággal 15 000-20 000 közötti lövésszámmal (10. a, b ábra).

5. beteg

71 éves hölgy páciensünk havi egy alkalommal összesen háromszor kapott PicoSculpting kezelést minden alkalommal 1064 nm-es kezelőfejjel három fókusz távolsággal 18-20 000 lövéssel számoltunk (11. a, b, 12. a, b, 13. a, b ábrák).

6. beteg

Férfi páciensünknel egy kezelés történt, ahol először a pigmentált léziókat kezeltük a ZOOM fej 532 nm-es beállításával attenuátor használatával, majd az 1064 nm hullámhosszú frakcionált fejjel különböző fókusz távolságban pásztáztuk át több-



10. a, b ábra

Akneheg kezelése DIA FX 1064 nm,
5 alkalom



11. a, b ábra

PicoSculpture női páciensen jobb oldal DIA FX 1064 nm
3 alkalom



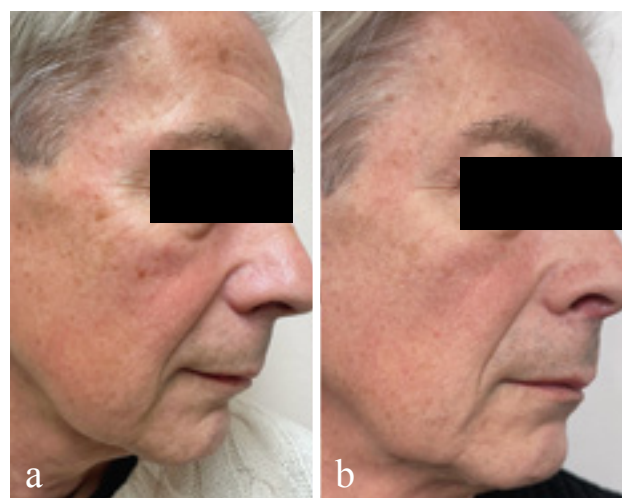
12. a, b ábra

PicoSculpture női páciensen középről DIA FX 1064 nm
3 alkalom



13. a, b ábra

PicoSculpture női páciensen bal oldal DIA FX 1064 nm
3 alkalom



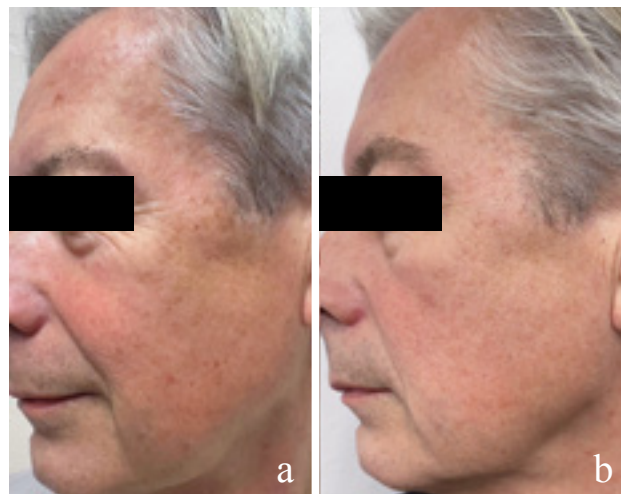
14. a, b ábra

PicoSculpture és pigmentkezelés férfi páciensen jobb
oldal ZOOM AT 532 nm, DIA FX 1064 nm egy alkalom



15. a, b ábra

PicoSculpture és pigmentkezelés férfi páciensen szemből
ZOOM AT 532 nm, DIA FX 1064 nm egy alkalom



16. a, b ábra

PicoSculpture és pigmentkezelés férfi páciensen bal oldal
ZOOM AT 532 nm, DIA FX 1064 nm egy alkalom

szőr a területet, szintén 20000 körüli összlövényszámmal (14. a, b, 15. a, b, 16. a, b ábrák).

Megbeszélés

A *seborrhoeás keratosis (SK)* eltávolítására számos hagyományos módszer áll rendelkezésre, mint például a krioterápia, a curettage, az elektrokauterizáció és a sebészeti kimetszés. Ezek az eljárások hatékonyak lehetnek, azonban gyakran járnak mellékhatásokkal, mint például fájdalom, vérzés, hosszabb gyógyulási idő és hegeseedés.

A krioterápia során alkalmazott extrém hideg hőmérséklet károsíthatja a környező szöveteket, ami pigmentációs eltérésekhez vezethet, különösen sötétebb bőrtípusok esetén. A curettage és az elektrokauterizáció, CO₂ lézer mechanikai és hőhatása szintén növeli a hegeseedés kockázatát, és gyakran szükség van helyi érzéstelenítésre.

Ezzel szemben a picoszekundumos lézeres kezelés egy modern, non-invazív alternatívát kínál. A rendkívül rövid impulzusidejű lézer precízen célozza meg a pigmentált elváltozásokat, minimális hőkárosodást okozva a környező szövetekben. Ez csökkenti a kezelés során fellépő fájdalmat, minimalizálja a vérzést, és gyorsabb gyógyulást eredményez, miközben csökkenti a hegeseedés kockázatát.

Klinikai vizsgálatok kimutatták, hogy a picoszekundumos lézeres kezelés hatékonyan távolítja el a seborrhoeás keratosisokat, különösen az arc területén, és alacsony a posztinflammatorikus pigmentáció kockázata, még sötétebb bőrtípusok esetén is. Ezen előnyök miatt a picoszekundumos lézeres kezelés egyre inkább preferált módszerré válik a seborrhoeás keratosis eltávolításában (11).

Az arcon megjelenő *pigmentfoltok* – mint a napfoltok, melasma, szeplők vagy öregségi foltok – esztétikai problémát jelenthetnek, különösen napfénynek kitett területeken. Kezelésükre számos módszer áll rendelkezésre, amelyek hatékonysága és mellékhatásai eltérőek.

Hagyományos kezelési lehetőségek:

- **Kémiai hámlasztás:** Savak, például glikolsav vagy triklórecetsav alkalmazása a bőr felső rétegének eltávolítására. Hatékony lehet felszínes pigmentáció esetén, de irritációt és hámlást okozhat.
- **Mikrodermabrázió:** A bőr mechanikai csiszolása mikrokristályokkal vagy gyémántfejekkel, amely segíthet a pigmentfoltok halványításában. Több kezelés szükséges, és érzékeny bőrűeknél nem mindig ajánlott.
- **Intenzív pulzáló fény (IPL):** Széles spektrumú fényimpulzusok alkalmazása a melanin célzott lebontására. Hatékony, de több alkalomra van szükség, és a kezelés után a bőr fényérzékenyebbé válik.
- **Krioterápia:** A pigmentált területek fagyasztása folyékony nitrogénnel. Egyszerű eljárás, de előfordulhat, hogy a bőrön világosabb vagy sötétebb foltok maradnak.
- **CO₂ lézer:** Drasztikus beavatkozás, mindig kell az egész arcot kezelni a megfelelő esztétikai eredmény eléréséhez, hosszú felépülési idővel jár.

A **picoszekundumos lézertechnológia** forradalmi átöröklést jelent a pigmentfoltok kezelésében. A rendkívül rövid impulzusokkal működő lézer precízen célozza meg a melaninrészecskéket, miközben minimalizálja a környező szövetek hőkárosodását. Ezáltal csökken a gyulladás és a posztinflammatorikus hiperpigmentáció kockázata. A kezelés gyors, általában kevesebb alkalomra van szükség, és a gyógyulási idő is rövidebb. Emellett a picoszekundumos lézer alkalmas különböző típusú pigmentációk, például melasma vagy napfoltok kezelésére is, függetlenül azok mélységétől vagy színétől.

Míg a hagyományos kezelések bizonyos esetekben hatékonyak lehetnek, a picoszekundumos lézeres terápia számos előnyt kínál, beleértve a nagyobb precizitást, kevesebb mellékhatást és gyorsabb gyógyulást, így gyakran előnyösebb választás a pigmentfoltok eltávolítására. (12)

A **műtéti hegek kezelése** során számos hagyományos és modern módszer áll rendelkezésre. A hagyományos eljárások közé tartozik a sebészi hegkorrekció, szilikon alapú termékek alkalmazása, kortikoszteroid injekciók, valamint ablatív és nem ablatív lézerkezelések. Ezek a módszerek hatékonyak lehetnek, azonban gyakran járnak mellékhatásokkal, mint például fájdalom, hosszabb gyógyulási idő és hegesedés.

A picoszekundumos lézertechnológia a műtéti hegek kezelésében is új lehetőséget kínál. A rendkívül rövid impulzusidejű lézer precízen célozza meg a heg szövetet, minimalizálva a környező egészséges bőr károsodását. Klinikai vizsgálatok kimutatták, hogy a 1064 nm-es picoszekundumos lézer jelentős javulást eredményez a hegek megjelenésében, csökkentve azok térfogatát és javítva a bőr textúráját. A kezelés során alacsonyabb a mellékhatások kockázata, mint például a posztinflammatorikus hiperpigmentáció, különösen sötétebb bőrtípusok esetén. Továbbá, a páciensek kevesebb fájdalomról és rövidebb gyógyulási időről számoltak be a hagyományos ablációs lézerekkel összehasonlítva (13, 14).

Az **aknés archbőr hegeinek kezelése** komplex megközelítést igényel, amely figyelembe veszi a heg típusát, mélységét és a páciens bőrtípusát. A hagyományos kezelési lehetőségek közé tartoznak:

- **Kémiai hámlasztás:** glikolsav, szalicilsav vagy triklór-ecetsav alkalmazásával eltávolítják az elhalt hámsejteket, elősegítve az új bőrsejtek képződését.
- **Dermabrázió:** a bőr felső rétegének mechanikai eltávolítása, amely simább bőrfelszínt eredményez.
- **Mikrotűs kezelések (microneedling):** apró tűszúrással serkentik a kollagéntermelést, javítva a bőr textúráját.
- **Lézeres kezelések:** ablatív és non-ablatív lézerek alkalmazása a bőr regenerációjának elősegítésére.
- **Töltőanyagok (fillerek):** hialuronsav vagy más anyagok injektálása a bőr alá a hegek feltöltésére.

A picoszekundumos lézertechnológia új perspektívát kínál az atrophias aknés hegek kezelésében is a már előzőekben bemutatott hatásmechanizmusokon keresztül.

Klinikai vizsgálatok szerint a picoszekundumos lézer különösen hatékony a rolling és boxcar típusú hegek kezelésében. A kezelések száma egyéni, de általában 3-5 alkalom javasolt, 4-6 hetes időközökkel. A páciensek gyakran már az első kezelés után észlelnek javulást, amely a további kezelések során fokozódik (15, 16).

A picoszekundumos lézerkezelés kombinálható más terápiákkal is a jobb eredmény érdekében, például:

- **Mikrotűs kezelések (microneedling):** a kollagéntermelés további serkentésére.
- **PRP (Platelet-Rich Plasma) terápia:** a bőr regenerációjának fokozására.
- **Kémiai hámlasztás:** a bőr textúrájának és tónusának javítására.
- **Töltőanyagok (fillerek):** a mélyebb hegek feltöltésére.

Ezek a kombinált kezelések szinergikus hatást eredményezhetnek, javítva a bőr megjelenését és csökkentve a hegek láthatóságát.

PicoSculpting: A bőrstruktúra újradefiniálása picoszekundumos lézerrel

A PicoSculpting egy innovatív, nem invazív bőrfiatalító eljárás, amely a picoszekundumos lézertechnológia erejét kihasználva célozza meg a bőr mélyebb rétegeit a bőrtextúra és feszség javítása érdekében. Ez a módszer különösen hatékony a finom ráncok, aknés hegek, tág pórusok és a bőr általános tónusának és rugalmasságának, feszségének javításában.

A PicoSculpting során alkalmazott lézerimpulzusok rendkívül rövidek, ami minimalizálja a hőhatást és csökkenti a környező szövetek károsodásának kockázatát. Ez lehetővé teszi a kezelés alkalmazását különböző bőrtípusokon, beleértve a sötétebb árnyalatokat is, alacsonyabb mellékhatásprofil mellett.

A kezelés során a lézerenergia mikrosérüléseket hoz létre a dermiszben, amelyek serkentik a kollagén és elasztin termelését. Ez a folyamat hozzájárul a bőr természetes regenerációjához, javítva annak szerkezetét és rugalmasságát. A PicoSculpting különösen előnyös azok számára, akik nem kívánnak invazív beavatkozásokat, de szeretnék elérni a bőrük megjelenésének jelentős javulását.

A kezelések száma és gyakorisága a bőr állapotától és a kívánt eredménytől függ, de általában 3-5 alkalom javasolt, 4-6 hetes időközökkel. A páciensek gyakran már az első kezelés után észlelnek javulást, amely a további kezelések során fokozódik. A kezelés gyakorlatilag felépülési idő nélküli beavatkozás, mely hatékony és biztonságos alternatíva a hagyományos bőrfiatalító eljárásokkal szemben, amely minimalizálja a gyógyulási időt és a mellékhatásokat, miközben maximalizálja az esztétikai eredményeket (17, 18).

A PicoSculpting kezelés során a férfi és női archbőr közötti anatómiai és élettani különbségek jelentős szerepet játszanak a kezelés hatékonyságában és eredményességében. A férfiak bőre általában vastagabb és több kollagént tartalmaz, ami fokozottabb regenerációs képességet biztosít, de egyben nagyobb energiaigényt is jelent a lézeres kezelés során. Ezzel szemben a nők bőre vékonyabb, finomabb szerkezetű, és hajlamosabb a hormonális változások okozta pigmentációs problémákra, mint például a melasma.

A férfiaknál a fokozott faggyútermelés és a sűrűbb szőrtüszők miatt a lézeres energia eloszlása eltérő lehet, ami befolyásolhatja a kezelés mélységét és intenzitását. Ezért a férfi pácienseknél gyakran szükség van magasabb energiaszintek alkalmazására a kívánt eredmény eléréséhez (19).

A PicoSculpting kezelés személyre szabása elengedhetetlen a nemi különbségek figyelembevételével, hogy a lehető legjobb esztétikai eredményeket érjük el mindkét nem esetében.

Összefoglalás

A picoszekundumos lézertechnológia alkalmazása a kozmetológiai praxisban forradalmasította a bőrgyógyászati kezeléseket, lehetővé téve a precíz és hatékony beavatkozásokat minimális gyógyulási idővel. A minden bőrtípus esetén biztonságos és hatékony technológia külö-

nösen jól működik a pigmentált léziók, melasma, tetoválások és aknés hegek kezelésében, valamint a bőrfiatalítás terén. A kezelés során indukált kollagén- és elasztintermelés hozzájárul a bőr textúrájának és rugalmasságának javításához. A lézer ultra-rövid impulzusai révén csökkenti a hőhatást, minimalizálva ezzel a környező szövetek károsodását és a mellékhatások kockázatát.

Összességében a pikoszekundumos lézertechnológia jelentős előrelépést jelent a kozmetológiai kezelések terén, új lehetőségeket kínálva a bőrmegújítás és esztétikai beavatkozások számára.

IRODALOM

1. Zhang, E., & Yakovlev, V. V.: Photoacoustic generation by multiple picosecond pulse excitation. *Medical Physics*, (2010) 37(4), 1554–1560. doi: 10.1118/1.3339824PMC
2. Tanghetti, E. A.: The histology of skin treated with a picosecond alexandrite laser and a fractional lens array. *Lasers in Surgery and Medicine*, (2016) 48(7), 646–652. doi: 10.1002/lsm.22540
3. Khetarpal, S., Desai, S., Kruter, L. és mtsai.: Picosecond laser with specialized optic for facial rejuvenation using a compressed treatment interval. *Lasers in Surgery and Medicine*, (2016) 48(8), 723–726. doi: 10.1002/lsm.22551
4. Kaplan, I.: Soft tissue 10 600 nm CO₂ laser orthodontic procedures. *Ortho Practice US*. (2015). Retrieved from <https://orthopracticeus.com/soft-tissue-10600-nm-co2-laser-orthodontic-procedures/orthopracticeus.com>
5. Avdulaj, A.: Laser excision of benign skin lesions: a comparative analysis of two CO₂ laser systems. *Journal of Dermatological Treatment*, (2025) 36(1), 45–51. doi: 10.1080/09546634.2024.1871234ResearchGate
6. Kaplan, I.: Soft tissue 10 600 nm CO₂ laser orthodontic procedures. *Ortho Practice US*. (2015). Retrieved from <https://orthopracticeus.com/soft-tissue-10600-nm-co2-laser-orthodontic-procedures/>
7. Kaplan, I.: Soft tissue 10 600 nm CO₂ laser orthodontic procedures. *Ortho Practice US*. (2015). Retrieved from <https://orthopracticeus.com/soft-tissue-10600-nm-co2-laser-orthodontic-procedures/orthopracticeus.com+1dentalsleeppractice.com+1>
8. Kaplan, I.: Soft tissue 10 600 nm CO₂ laser orthodontic procedures. *Ortho Practice US*. (2015). Retrieved from <https://orthopracticeus.com/soft-tissue-10600-nm-co2-laser-orthodontic-procedures/>
9. Lee CH, Jin EM, Seo HS és mtsai.: Efficacy and Safety of Treatment with Fractional 1,064-nm Picosecond Laser with Diffraction Optic Element for Wrinkles and Acne Scars: A Clinical Study. *Ann Dermatol*. (2021) 33(3), 254–262. doi:10.5021/ad.2021.33.3.254
10. Huang YL, Chen YT, Wu CY és mtsai.: Efficacy of Picosecond Laser in Clinical, Histopathology, and Immunohistochemistry for Wrinkles. *J Clin Aesthet Dermatol*. (2023) 16(5), E89–E95.
11. Swallow MA, Elgash M, Kim SR és mtsai.: Successful use of picosecond laser treatment for seborrheic keratosis in three Asian patients. *JAAD Case Reports*. (2024) 10(6), 48–50.
12. Ren R, Bao S, Qian W és mtsai.: Efficacy and Safety of Picosecond Laser in the Treatment of Melasma: A Network Meta-analysis. *Dermatol Surg*. (2023) 49, S49–S55. Wiley Online Library+2
13. Zhou Y és mtsai.: Efficacy and safety of 1064-nm fractional picosecond laser for the treatment of surgical scars: A randomized controlled trial. *Lasers Surg Med*. (2023) 55(3), 245–252.
14. Anolik R és mtsai.: Picosecond laser treatment of atrophic and hypertrophic surgical scars: In vivo monitoring of results by means of 3D imaging and reflectance confocal microscopy. *J Cosmet Laser Ther*. (2019) 21(7–8), 408–414. Wiley Online Library+2
15. Sirithanabadeekul P és mtsai.: Efficacy and safety of 1064-nm fractional picosecond laser for the treatment of atrophic acne scars: A randomized, split-face, controlled pilot study. *Front Med (Lausanne)*. (2023) 10, 1248831.
16. Zhou Y és mtsai.: Efficacy and safety of 1064-nm fractional picosecond laser for the treatment of surgical scars: A randomized controlled trial. *Lasers Surg Med*. (2023) 55(3), 245–252.
17. Nguyen L és mtsai.: Picosecond lasers in dermatology. *Dermatologie (Heidelb)*. (2023) 74(6), 440–447.
18. Khetarpal S és mtsai.: Picosecond laser with specialized optic for facial rejuvenation using a compressed treatment interval. *Lasers Surg Med*. (2016) 48(8), 723–726.
19. Tur, E.: Gender differences in skin aging. *International Journal of Cosmetic Science*, (1997) 19(2), 83–92.

Érkezett: 2025.05.07.

Közlésre elfogadva: 2025.07.03.