

Hoitava laser

Lars Hode



Kustantaja
Svenska Laser-Medicinska Sällskapet (Ruotsin laserlääkintäseura)

Suomennos
Liisa Fellman-Paul ja Bo Paul

Hoitava laser

Tämän suppean tekstin tarkoitus on esittää kooste Svenska Laser-Medicinska Sällskapet -seuran (SMLS) puitteissa saaduista kokemuksista erilaisten sairaustilojen tai fyysisten vaivojen hoidosta matalatehoisella laserilla, sekä esitellä alan mielestämme keskeisintä kirjallisuutta.

Luku 1 on suunnattu potilaille. Olemme pyrkineet kirjoittamaan mahdollisimman asiallisesti ja selkeästi, jotta kaikki pitäisivät tekstiä mielenkiintoisena ja lukemisen arvoisena.

Luku 2 on suunnattu niille, jotka ovat paremmin perillä laserista. Tässä menemme vähän syvemmälle laserin lääketieteelliseen käyttöön.

Luku 3 on tarkoitettu asiantuntijoille ja siinä selvitetään tarkemmin laserhoidon biologiset vaikutusmekanismit. Lopuksi on lueteltu 60 teosta, joihin tekstissä viitataan, sekä 50 kaksoissokkotutkimusta ja 10 alan teoksen valikoima. Toivon, että tämän tiedon ansiosta matalateholaserhoidot yleistyvät.

Lars Hode, fyysikko, SLMS:n puheenjohtaja

Sisällysluettelo:

Luku 1

Laser: 1900-luvun Aladdinin lamppu?
Mikä on lääketieteellinen laser?
Mitä matalateholaserilla hoidetaan?
Mitkä ovat paranemismahdollisuudet?
Miten hoidetaan?
Sattuuko hoito?
Kuinka usein ja montako kertaa?
Liittyykö hoitoon riskejä?
Voiko ottaa lääkkeitä?
Paljonko hoito maksaa?

Luku 2

Vähän perusteellisemmin laserista
Esimerkkejä lääketieteelliseen käyttöön soveltuvista lasereista
Koherenssi
Laservalon ominaisuudet
Joitakin näkökohtia laserinstrumenteista
Biostimulaatio (biologisperäiset virikkeet)
Parametrit
1. Lasertyyppi ja aaltopituus
2. Hoitoannostelu
3. Antoteho
4. Tehotiheys
5. Syketaajuus (pulssijaksotus)

6. Tunkeutumis- ja vaikutussyvyys
7. Hoitometodiikka
8. Laserakupunktuuri
9. Hoitojen aikaväli
Riskit ja haittavaikutukset
Syöpä
Hoitokohteet A:sta Ö:hön
Kiistanalaisia hoitokohteita
Eläinlääketieteellinen käyttö
Vasta-aiheet (kontraindikaatiot)
Ruotsissa tehdyt tutkimukset

Luku 3

Koe 1
Koe 2
Mahdollinen selitys
Toinen mahdollinen selitys
Koe 3
Vaikutusmekanismeja
Soluseinämä
Yhteenveto

Kirjallisuusviitteet

50 positiivista kaksoissokkotutkimusta
Esimerkkejä laserterapiaa käsittelevistä kirjoista

Luku 1

Laser: 1900-luvun Aladdinin lamppu?

Oli vuosi 1966. Tohtori Endre Mester, joka oli kirurgian professori Budapestin Semmelweis-sairaalassa, oli saanut kotiinsa uuden, jännittävän työkalun: rubiinilaserin! Hänelle oli myönnetty apuraha, jonka turvin hänen tulisi tutkia, voisiko laseria käyttää taistelussa syöpää vastaan. Siksipä hän suoritti sarjan kokeita, ensin soluviljelmillä ja sitten rotilla, todetakseen, että laser – tuo uudenvuotinen ja toistaiseksi tuntematon valonsäde – ei aiheuttanut mitään vaarallista tai odottamatonta. Hän ajoi pois karvat osasta useiden rottien selkää ja antoi vaihtelevia annoksia laservaloa puoleen paljaaksi ajetusta alueesta. Toinen puoli jätettiin käsittelemättä vertailun vuoksi. Pienet säteilyannokset eivät aiheuttaneet mitään. Suurempien annosten jälkeen kasvoi karvoitus takaisin nopeammin laserkäsittelyllä puolikkaalla laservalo stimuloi kasvua! Vielä suuremmilla annoksilla tätä vaikutusta ei enää ollut, ja vieläkin suurempien annosten vaikutus oli päinvastainen: karvapeite kasvoi nopeammin uudelleen käsittelemättömällä puoliskolla – oli saatu aikaan ehkäisevä vaikutus.



Tri Endre Mester kahden poikansa kanssa

Hänen tutkijaryhmänsä teki useita kokeita. Kaksi haavaa – yksi kumpaankin kylkeen – tehtiin kirurgisena toimenpiteenä uudelle ryhmälle rottia. Yhtä haavaa säteilytettiin laservalolla, käsittelemättömän haavan ollessa vertailukohde. Nytkin havaittiin, että tiettyinä annoksina laservalo saattoi edistää haavan paranemista, kun taas tuntuvasti suurempina annoksina se ehkäisi paranemista. Näiden tutkimusten tulokset julkaistiin vuonna 1967. Nyt – neljä vuosikymmentä myöhemmin – on ihmisten ja eläinten laserterapiasta julkaistu runsaat 3 000 lääketieteellistä tutkimusta yli 80 maassa.

Valo ja ääni

Valo on eräs energian muoto, joka saa alkunsa aineessa ja koostuu aalloista. Valon aaltopituus voi olla lyhyt tai pitkä. Valonlähde antaa yleensä valoa monella eri aaltopituudella – sillä voidaan sanoa olevan valospektri. Tiedetyt valaisimet antavat erityisen paljon tietyn väristä valoa, esim. tievalaistus, neonvalo, valodiodit. Valkoinen valo on monen värin sekoitus. Mutta myös äänet ovat aaltoja, joilla voi olla monenlaisia eri aaltopituuksia. Korkeilla äänillä (diskantti) on lyhyt aaltopituus, kun taas matalien äänien (basso) aaltopituus on pitkä. Useimmilla luonnollisen äänen lähteillä on yhtä aikaa monta aaltopituutta, kuten tuulen humina, veden solina, ukkosen jyrynä, aaltojen loiske. Mutta on äänen lähteitä, joilla on lähestulkoon vain yksi aaltopituus, esim. vihellys.



Havaintokuva epäkoherentista valosta

Mikä laser oikeastaan on?

Laser on äärimmäisen puhtaan valon lähde. Puhtaalla valolla tarkoitetaan valoa, jolla on vain yksi aaltopituus, ei koko spektriä. Sitä voi verrata huilun ääneen, joka on "puhtaampi" kuin kiviä sisältävän peltipurkin, kun sitä ravistetaan. Huilusta lähtevällä äänellä on vain yksi sointi (taajuus). Aivan kuten huilu, antaa laserkin pitkiä, yhtenäisiä aaltoja. Laserin valo on erittäin hyvin järjestetty eli organisoitu, kun taas muiden lamppujen valo on täysin järjestämätön. Tätä ominaisuutta kuvataan ammattikielessä sanomalla, että laservalo on koherentti. (ks. Koherenssi)



Koherentin valon havainnollistaminen

Huilun puhdas, koherentti ääni voi vaikuttaa sekä meihin että aineeseen eri tavalla kuin liikenteen epäpuhdas melu. Oikean taajuuden omaava puhdas ääni voi saada kristallilasin ominaisvärähtelyyn (resonanssi) ja saattaa jopa aiheuttaa lasin särkymisen. Vastaavalla tavalla voi koherentti valo vaikuttaa soluihimme eri

tavalla kuin epäkoherentti (tavallinen) valo. Lasereita on olemassa sadoittain eri lajeja. Ne voidaan tehdä voimakkaiksi tai heikoiksi. Useimmat ovat heikkotehoisia. Valo voi olla minkä väristä tahansa tai jopa näkymätöntä. Säte voidaan tehdä kapeaksi ja yhdensuuntaiseksi tai laajenevaksi.

Mikä on lääketieteellinen laser?



Rubiinilaser 70 kg

Lääketieteen tai terveydenhoidon käytössä olevia lasereita on monenlaisia, mutta ne voidaan jakaa kahteen pääluokkaan:

1. Suuritehoiset laserit, joita voidaan käyttää leikkaamiseen, hyydyttämiseen tai kudosten poistamiseen polttamalla. Näitä lasereita kutsutaan usein kirurgisiksi lasereiksi, koska niillä korvataan kirurgin veitsi. Vain lääkäri tai eläinlääkäri saa käyttää niitä.

2. Heikkotehoiset laserit, joilla voidaan edistää solutoimintoja. Niitä kutsutaan usein biostimuloiviksi eli matalatehoisiksi lasereiksi. Niiden biologinen vaikutus ei perustu suureen lämmönkehitykseen kuten kirurgisten laserien, vaan siihen, että laserin puhdas valo aiheuttaa soluissa fotokemiallisia reaktioita. Auringon tai lampun valo ei aiheuta samankaltaisia reaktioita.



MID-laser (2,5 kg) sondein

Miten laserterapia toimii?

Kyseessä ovat hyvin monimutkaiset prosessit solu- ja kudostasolla. Tiivistäen voidaan sanoa, että laserhoito vaikuttaa paikalliseen immuunivasteeseen, veren- ja lymfanestekiertoon, solutason aineenvaihduntaan ja erilaisten aineiden erittymiseen, esim. endorfiinien ja prostaglandiinien, jotka muun muassa vaikuttavat kiputiloihin. Aina ei saada aikaan stimuloivaa vaikutusta. Laserilla voi olla sekä normalisoiva että ehkäisevä vaikutus. Oikein tehtynä laserhoito saattaa käynnistää paranemisprosesseja, minkä vuoksi se on lähinnä omakohtaisen hoidon apuväline.



Mitä matalateholaserilla hoidetaan?

Erityyppiset laserit vaikuttavat soluihin ja kudoksiin eri tavoin. Mitä voidaan hoitaa riippuu siitä, minkä tyyppisiä lasereita terapeutilla on käytössään. (Katso lasertyyppi ja aaltopituus.)

Mitkä ovat paranemismahdollisuudet?

Kaikki eivät reagoi samalla tavoin laserhoitoon. Viiden hoitokerran kuluessa havaitaan yleensä hoitoreaktio eli hoitovaste. Jotkut reagoivat voimakkaasti ja melkein heti, toiset tarvitsevat useampia käsittelykertoja. Noin yksi kymmenestä hoidettavasta ei reagoi lainkaan tai niin lievästi, että on syytä todeta ettei laserhoito ole hänelle sopiva menetelmä. Esimerkkejä tyypillisistä "laserongelmista": Herpes, vyöruusu, kasvohalvaus, hermotulehdus, laskimoperäiset säärihaavat, makuuhaavat, käsien ja jalkojen syyliät (varsinkin lapsilla), vihlovat hampaankaulat, selän, niskan, olkapäiden ja polvien vaivat sekä eräät reumavaivat ja urheiluvammat.

Hoidettaessa sellaisia ongelmia, joihin matalatehoisen laserin tiedetään tehoavan hyvin, arvellaan 75-90% paranevan täysin tai melko paljon, edellyttäen, että oikeaa laseria käytetään ja että terapeutilla on riittävät taidot. Esimerkkejä vaivoista, joita voidaan hoitaa, mutta joiden paranemismahdollisuus on vain noin 50%: Hormonitoiminnasta johtuva hiustenlähtö, iskias, psoriaasi, käsien ja jalkojen syyliät aikuisilla, reumaperäinen kipu, arvet, rypyt, "frozen shoulder" ("jäätynyt olkapää"). Esimerkkejä vaivoista, joihin laserhoito tehoaa vain joskus (paranemisen mahdollisuus on alle 15%): pigmenttiläikät, hemangioma eli verisuoniluomi (ns. Gorbatshov-merkki), alopecia areata (paikallinen hiustenlähtö), varhainen välilevytyrä eli -pullistuma.

Miten hoidetaan?



Useimmissa nykyaikaisissa instrumenteissa lasersäde tulee ns. sondista eli käsikäyttöisestä kohdistimesta (muistuttaa kynää). Hoito tapahtuu siten, että terapeutti käynnistää laserin ja painaa sondin kevyesti käsiteltävää kohdetta vasten. Avohaavoja, herpesihottumaa ym. käsiteltäessä pidetään kohdistinta pienen välimatkan päässä hoitokohteesta. Riippuen siitä, kuinka syvällä vaiva sijaitsee ja kuinka suurta pintaa käsitellään, voi hoito kestää muutamasta minuutista aina puoleen tuntiin.

Kudoksen kunnan merkitys

Kliininen ja kokeellinen kokemus osoittaa, että laserhoito tehoaa parhaiten kudoksiin tai elimiin, joiden yleiskunto on heikentynyt, kuten esim. potilailla joita vaivaa jonkin kudoksen toimintahäiriö tai vamma. Nuorella, terveellä henkilöllä haava paranee kutakuinkin yhtä nopeasti laserhoidolla kuin ilman sitä, mutta verenkiertohäiriötä potevalla ja mahdollisesti heikon vastustuskyvyn omaavalla henkilöllä voidaan vaikeasti parantuva säärihaava saada parantumaan paljon nopeammin laserhoidon jälkeen.

Sattuuko hoito?

Ei lainkaan, se tuntuu ennemminkin miellyttävältä. Laserhoito on rentouttavaa ja jotkut voivat jopa nukahtaa hoidon aikana. Sitä vastoin on mahdollista, että kipu voi lisääntyä tai tuntua 6 – 24 tuntia hoidon jälkeen. Syynä on paranemisprosessi, jonka laservalo käynnistää. Erityisesti kroonislouhteisia vaivoja hoidettaessa voi tällaista käynnistymiskipua esiintyä. Se menee yleensä ohi muutamassa päivässä, mutta voi joissakin tapauksissa kestää kauemminkin.

Kuinka usein ja montako kertaa?

Aluksi annetaan hoitoja tiheään tahtiin (yleensä joka toinen – joka seitsemäs päivä) ja kun paranemisprosessi on käynnistynyt, pidennetään hoitojen välistä aikaa. Yleensä tarvitaan 5-10 hoitokertaa riippuen potilaan vasteherkkyydestä, vaivan luonteesta ja kestosta siihen saakka. Krooniset ongelmat vaativat yleensä useampia hoitokertoja kuin äkilliset vaivat.

Liittykö hoitoon riskejä?



Koulutetun henkilöstön käytössä matalatehoiset laserit ovat täysin vaarattomia. Suojalaseja ei yleensä tarvita. Matalateholaserhoito ei voi aiheuttaa tai pahentaa syöpää (katso Syöpä). Laservalo ei myöskään voi vahingoittaa sikiötä tai kehon elintärkeitä elimiä. Kehossa oleva metalli, sydämen tahdistin tai keinotekoisia ainetta oleva implantti ei myöskään haittaa. Mutta on tärkeitä saada ensin lääkäriltä vamman tai sairauden diagnoosi, jotta tiedetään, mitä

täsmälleen on hoidettava.

Voiko ottaa lääkkeitä?

Kyllä. Tähän mennessä ei mikään lääke ole osoittautunut haitalliseksi laserhoidon yhteydessä. Laser voi jopa lisätä jonkin lääkkeen tehoa!

Onko otettava jotain huomioon hoitojen jälkeen?

Laservalo voi joskus johtaa välittömään kivun lievitykseen. Muista, että jostain vammasta aiheutuvan kivun tarkoitus on ehkäistä ylikuormitusta. Silloin voi laserin kipua lievittävä vaikutus joskus johtaa siihen, ettei jänteen, lihaksen tai nivelen ylikuormitusta tunneta, jolloin sen tila huononee. Siksi on hyvin tärkeitä, ettei vammaa kuormiteta ennen kuin terapeutti on antanut siihen luvan.

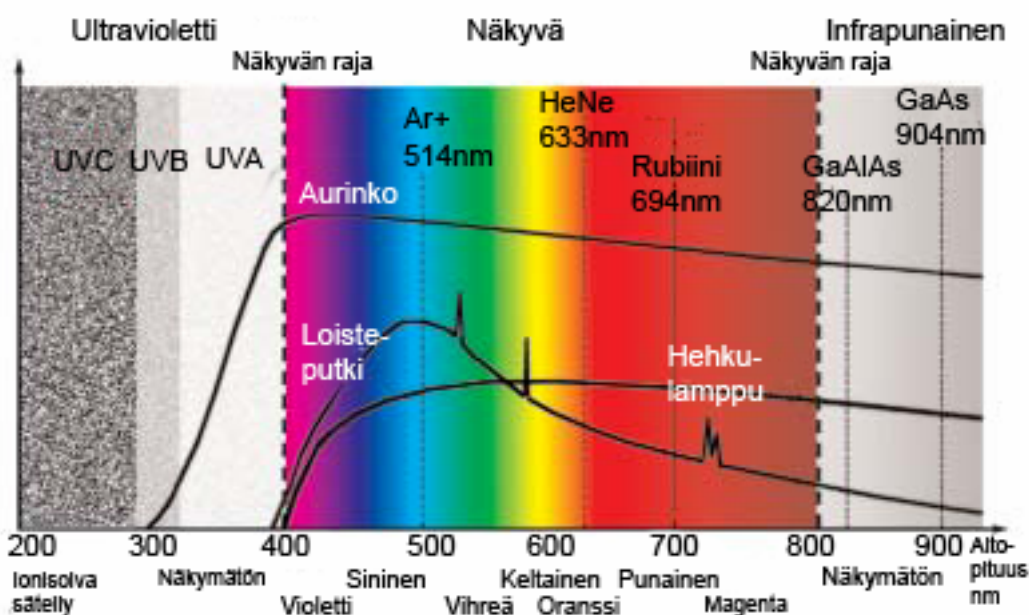
Paljonko hoito maksaa?

Hoitokerta maksaa yleensä 30-50 euroa (vuonna 2007) riippuen siihen kuluva ajasta. Ensimmäinen hoitokerta maksaa usein enemmän, koska hoitosuhteen ja potilastietojen kirjaaminen ja alustavan tutkimuksen tekeminen vie enemmän aikaa.

Luku 2. (Teille jotka haluatte tietää enemmän)

Sähkömagneettinen säteily

Auringosta saatavaa energiaa kutsutaan sähkömagneettiseksi säteilyksi ja se ilmenee aaltoliikkeenä. Esimerkkeinä pitkäaaltoisesta sähkömagneettisesta säteilystä mainittakoon radioaallot (metreistä kilometreihin) ja mikroaallot (millimetreistä desimetreihin). Lämpösäteilyn aaltopituus on lyhyempi. Sitä kutsutaan usein infrapunasäteilyksi (lyhenteenä IR), jonka aaltopituus on 800 nanometristä yhteen millimetriin. Näkyvän valon aaltopituus on 400 ja 800 nanometriin (lyhenteenä nm) välillä. Punaisen valon aaltopituus on pitkä (600-800 nm), oranssin (580-600 nm), keltaisen (540-580 nm) ja vihreän (500-540 nm) on lyhyempi, sinisen (430-500 nm) ja violetin (400-430 nm) on vieläkin lyhyempi. Jos valon aaltopituus on punaista pitempi, sitä kutsutaan siis infrapunaiseksi (jää punaisen ulkopuolelle) ja se on ihmissilmälle näkymätöntä. Jos aaltopituus on violettia lyhyempi, kutsutaan säteilyä ultravioletiksi (lyhenteenä UV) ja sekin on ihmissilmälle näkymätöntä.



Aaltopituudeltaan 320 nm ja 400 nm välillä olevaa ultraviolettisäteilyä kutsutaan UVA-säteilyksi, joka suurina määrinä voi altistaa ihon aikaiselle vanhenemiselle. Sitä on auringossa ja solariumeissa. Vielä aggressiivisemmän UVB-säteilyn aaltopituus on välillä 290-320 nm. Se saattaa, varsinkin jos altistuu suurille annoksille, aiheuttaa syöpää, mm. vaarallisen, pahanlaatuisen melanooman. Sitä on auringonsäteissä, mutta solariumeissa sitä saa olla vain hyvin pieniä määriä. Aaltopituudeltaan lyhyempää kuin 290 nm UVC-säteilyä ei ole auringonvalossa maanpinnan tasolla, mutta sitä oli olemassa jo 30 vuotta sitten kielletyissä kvartsilampuissa. Sitäkin lyhytaaltoisempaa sähkömagneettista säteilyä on kuitenkin olemassa, nimittäin röntgen- ja gammasäteilyä. Ne ovat vaarallisia ja niiden käyttöä rajataan säädöksin.

Yleinen säteilyriski

Tässä yhteydessä on tehtävä ero niiden erityisten olosuhteiden välillä, jotka yhtäällä koskevat silmiä (katso Riskit ja haittavaikutukset) ja toisaalla soluja ja kudoksia yleensä. Missä määrin valonlähteestä tuleva säteily – olkoonpa kyseessä aurinko, lamppu, laser tai jokin muu - voi olla vaaraksi soluillamme riippuu kahdesta seikasta: Säteilyn voimakkuudesta ja sen aaltopituudesta. Yleisesti ottaen on niin, että mitä lyhyempi aaltopituus, sitä vaarallisempi säteily on. Jos säteilyssä on alle 320 nm:n aaltopituuksia, se on vaarallista

(ratkaisevaa on altistuksen määrä); muutoin se ei sitä ole. Alle 320 nm:n aaltopituudella säteilyllä on ionisoiva vaikutus ja sen takia se on syöpää aiheuttava (karsinogeeninen).

Huomaa: On täysin samantekevää, tuleeko säteily "luonnollisesta" vai keinotekoisesta lähteestä. Ratkaisevaa on vain sen aaltopituus ja voimakkuus sekä säteilyannos (annos = voimakkuus x kesto). Hoitavat eli terapialaserit säteilevät pitkällä ja vaarattomilla aaltopituuksilla (yli 600 nm) ja voimakkuuksilla, jotka eivät voi aiheuttaa kudosisäilyä.

Erilaiset valonlähteet

Erilaisilla valonlähteillä on erilainen spektri (valon aaltopituusjakauma). Useimmilla on hyvin laaja spektri eli kirjo, mutta on myös monia kapeaspektrisiä, esim. neonvalo ja natriumlamppu (keltainen katu- ja tievalaistus). Laser on äärimmäisen kapeaspektrin ja luovuttaa siis valoa vain yhdellä aaltopituudella. Mainittakoon tässä yhteydessä valodiodi. Valodiodi on pieni, halpa puolijohdelamppu, joita käytetään usein merkkivaloina nauhureissa ja radiokokeissa. Tyypillisin valodiodi on punainen ja sen aaltopituus on noin 660 nm, mutta on olemassa myös keltaista tai vihreätä valoa säteileviä. Nykyään niitä käytetään myös liikennevaloissa. Useita satoja valodiodeja – joko vihreitä, keltaisia tai punaisia – on asennettu pyöreälle laatalle, jonka halkaisija on noin 15 cm. Valodiodi luovuttaa yksiväristä, vaan ei koherenttia valoa. TV:n kaukosäätimissä käytetään infrapunaista (950 nm, näkymätön) säteileviä valodiodeja.

Laser fysiikan näkökulmasta

Laser on viimeisin ja edistynein valonlähteemme. Theodor Maiman esitteli ensimmäisen toimivan laserin, rubiinilaserin, lehdistötulaisuudessa Los Angelesissa 7.7.1960. Sana LASER on fraasista *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* johdettu kirjainsana, suomeksi "valon vahvistaminen stimuloitun säteilyemission avulla". Laser on siis eräänlainen valon vahvistin. Laserit nimetään usein jonkin aineen mukaan, jota valoa vahvistava väliaine sisältää. Lääkinnällisesti käyttökelpoiset laserit voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään. Seuraava taulukko sisältää tavallisimmat lääketieteessä käytetyt laserit ja niiden aaltopituudet. Kun taulukossa on useampi aaltopituus, voidaan aaltopituus valita valmistuksen yhteydessä.

| Suuritehoiset laserit | Aaltopituus | Käyttö |
|-----------------------|------------------|--|
| Rubiini | 694 nm | Karvanpoisto ja tiettyjen tatuointien poisto |
| Alexandriitti | 755 nm | Karvanpoisto ja tiettyjen tatuointien poisto |
| Nd:YAG | 1064 nm | Kudosten hyydyttäminen |
| Ho:YAG | 2130 nm | Kirurgia, juurikanavan sterilisointi |
| Er:YAG | 2940 nm | Kirurgia, hammasporaus, rypyt, aknearvet |
| KTP 532 | 532 nm | Pintaverisuonet, eräät tatuoinnit |
| Väriainelaser | 500-800 nm | PDT, pintaverisuonet, munuaiskivet |
| Argon | 514 nm | Dermatologia, silmäkirurgia |
| CO ₂ | 10 600 nm | Dermatologia, gynekologia, kirurgia |
| Excimer | 193, 248, 308 nm | Näönkorjaus, sepelvaltimoleikkaukset |

Matalatehoiset laserit

| | |
|------------------------|-----------|
| GaAs | 904 nm |
| GaAlAs | 820 nm |
| GaAlInP | 635 nm |
| HeNe | 633 nm |
| CO ₂ -laser | 10 600 nm |

Hoitokohteet:

Selkä, niska, olkapää, polvet
 Jänteet (nivelsiteet), säarihaavat, tinnitus.
 Iho ja limakalvot
 Iho ja limakalvot
 Selkä, niska, olkapää, polvet

Laserit voivat olla sykäys- tai jatkuvatoimisia. Sivulla 10 kerrotaan lisää matalatehoisista lasereista.

Laservalon ominaisuudet

Laservalolla on neljä tyypillistä ominaisuutta. Laser eroaa "tavallisesta" valosta pääasiassa seuraavien ominaisuuksien vuoksi:

- (1) hyvin kapea (aaltopituuden) kaistanleveys ja
- (2) suuri koherenssi (ks. seuraava sivu)

Nämä kaksi ominaisuutta ovat kaikkein tyypillisimpiä lasereille ja pätevät aina laservaloon. Ne ovat myös tärkeimpiä ominaisuuksia laserterapiassa, mutta niillä ei ole mitään merkitystä kun laseria käytetään kirurgisena instrumenttina. Kaksi muuta ominaisuutta:

- (3) yhdensuuntaiset sädekimput ja
- (4) laserin suuri voimakkuus (intensiteetti) saadaan yleensä helposti aikaan laserväliaineen ja kaikupohjan (resonaattorin) sopivalla geometrisella muotoilulla.

Mutta huomaa: Laservalon ei aina tarvitse olla yhdensuuntainen tai voimakas. Kirurgisissa instrumenteissa käytetään pääasiassa näitä kahta viimeksi mainittua ominaisuutta ja juuri ne tekevät laservalosta vaarallista silmille (katso silmävamman riski).

Koherenssi

Kun näkyvä laservalo suunnataan mattapintaan, on valossa havaittavissa eräänlaista rakeisuutta. Rakeisuutta kutsutaan lasertäpliksi (katso myös sivu 21) ja sen aiheuttaa valonsäteiden interferenssi (yhteisvaikutus). Jos valo on koherenttia, voivat valonsäteet ynnäytyä samaan tapaan kuin vedessä kohtaavat aallot tai kun kylpyhuoneessa kokeilee eri ääniä kunnes löytää erittäin voimakkaalta kuulostavan äänen. Ylimääräinen voimakkuus johtuu interferenssistä: seinien heijastamat äänet ynnäytyvät kohdatessaan ja silloin syntyy ilmiö, jota kutsutaan resonanssiksi tai ominaisvärähtelyksi. Koherenssilla tarkoitetaan järjestystä. Tässä tapauksessa järjestys tarkoittaa, että valonsäteet liittyvät yhteen pitkinä aaltosarjoina. Näiden aaltosarjojen pituus eli koherenssipituus voi vaihdella valonlähteestä toiseen. Tavallisen hehkulampun koherenssipituus on hyvin lyhyt – joitakin millimetrin tuhannesosia. Laserin koherenssipituus voi olla hyvin suuri – senttimetreistä metreihin saakka. Mitä koherenssin merkitykseen laserterapiassa tulee, katso (luku 3).



Joitakin näkökohtia laserinstrumenteista

Tulokset eivät ole parempia kuin käytössäsi olevat välineet! Tekniikan osalta paljon on tapahtunut viimeisten viiden vuoden aikana. Lasertykeistä ja pyyhkäisylasereista on luovuttu kokonaan (niitä ei kukaan enää ole valmistanut moneen vuoteen) pääasiassa siksi, että niillä on ollut hankalaa antaa täsmäannoksia ja suuren hävikin takia, johtuen laservalon heijastumisesta ihon pinnasta. Käsikäyttöisin, kiinni ihossa pidettävien sondein hyödynnetään laservaloa huomattavasti paremmin ja päästään paljon syvemmälle kudoksiin (ks. tunkeutumissyvyys). Lisäksi ovat ulostulotehot kasvaneet huomattavasti. Instrumentit ovat pienentyneet ja halventuneet ja ne ovat myös paremmin muotoiltuja. On kehitetty uuden tyyppisiä lasereita, joiden avulla käsittely on tehokkaampaa kuin aiemmin. Sitä paitsi tiedämme nyt paljon enemmän siitä, mitä voi käsitellä ja miten saavutetaan paras mahdollinen käsittelytehokkuus. On hoitoinstrumentteja, joiden valonlähteenä on vain valodiodit, joiden hinnat vaihtelevat välillä 2500 ja 5000 euroa. Vertailemalla ominaisuuksiltaan muuten samankaltaisia laserin ja valodiodin valoa, on laserin antoteho

aina ollut suurempi (ks. Luku 3). Valodiodi-instrumentteja ovat esimerkiksi Biolight ja Pretor. Monet aiemmin laserhoitoa kokeilleet ovat pettyneet yksinkertaisesti siksi, että instrumentti, ehkäpä annosvalinnan ja muiden tekijöiden yhdistelmänä, ei ole ollut kovin hyvä. Aivan samoin kuin lääkkeet, myös laserit kehittyvät jatkuvasti.

Biostimulaatio (biologisperäiset virikkeet)

Laservalon lääkinällisiä vaikutuksia, jotka Endre Mester ja monet hänen jälkeensä ovat havainneet, kutsutaan usein biostimuloiviksi. Jotta päästään hyvään vaikutustasoon, tarvitaan kolme osatekijää: Terapeutin hyvät taidot, hyvä laserinstrumentti sopivalla laseraaltopituudella ja oikea diagnoosi eli vaivan määrittäminen. On valitettavan tavallista, että terapeutin lääketieteelliset tiedot ovat puutteelliset, eikä hän edes tiedä minkä tyyppistä laseria hän käyttää, puhumattakaan siitä, että hän ymmärtäisi, mitä aaltopituudella ja antoteholla tarkoitetaan tai mitä hoitoannos merkitsee.

Parametrit

Matalatehoisen laserin käyttö edellyttää, että käsittelyparametrit valitaan kutakuinkin oikein. Esimerkkejä tällaisista parametreista: laseraallon pituus, annoksen suuruus, käsittelyväli, tehotiheys, sykäys- eli pulssitajuus ja hoitometodiikka. Nämä käsitteet kuvaillaan tarkemmin seuraavien otsakkeiden alla.

1. Lasertyyppi ja aaltopituus

Laserterapiassa yleisimmin käytetyt laserit ovat:

Indium-laser (punainen valo).

Tämä nimike kattaa kaksi eri laseria, nimittäin helium-neon-laserin, lyhyesti *HeNe*, ja gallium-alumiini-indium-fosfidi-laserin, lyhyesti *GaAlInP*. Ne antavat punaista, näkyvää valoa aaltopituusalueella **633-635 nm**, ja ne ovat tehokkaimmillaan ihoa ja limakalvoja käsiteltäessä, esim. kun vaivana on herpes, vyöruusu, kasvohalvaus, kolmois- eli trigeminushermon tulehdus, raajojen laskimohaavat tai makuuhaavat, vihlovat hampaankaulat, käsi- ja jalkasyylät (erityisesti lapsilla).

Alumiini-laser (näkyvätön).

Sen koko nimi on gallium-alumiini-arsenidi, lyhenteenä *GaAlAs*. Aaltopituus on **805 ja 830 nm** välillä. Tämä useimmiten jatkuvatoiminen laser, joka voi myös olla sykkeinen (pulssitettu), tunkeutuu 2-3 cm:n syvyyteen. Se toimii parhaiten jänteissä, mutta sopii myös hyvin säärihaavojen, herpesin, vyöruusun ja hampaiden hoitoon.



EDL-laser, antoteho
15 wattia

Gallium-laser (näkyvätön).

Sen koko nimi on gallium-arsenidi-laser, lyhenteenä *GaAs*. Se antaa infrapunasäteitä aaltopituudella **904 nm**. Se toimii aina sykäyksittäin äärimmäisen lyhyin (supersykäys 100-200 ns), voimakkain (10-50 W huipputeho) sykäyksin salamavalon tapaan. Täten se tunkeutuu huomattavasti syvemmälle kuin saman aaltopituuden omaava laser, joka ei ole supersykkeinen. Mittauksissa on havaittu tunkeutuman yltävän jopa 3 – 5 cm:n syvyyteen työskentelytavasta ja kudostyypistä riippuen. Tämä laser on paras syvien selkä-, niska-, olkapää- ja polvivaivojen, jännetulehduksen, artroosin ja myofaskiaalisten kipujen hoitoon.

Hiilidioksidilaser (näkyvätön).

Hiilidioksidilaseria kutsutaan lyhyesti CO₂-laseriksi. Nämä laserlaitteet olivat ennen hyvin suuria, mutta nyt on saatavissa pieniä, kannettavia, jopa akkukäyttöisiä laitteita, joiden teho

on jopa 15 wattia. CO₂-laserhoidon aikana tuntee – toisin kuin muilla lasertyypeillä – selvää, joskus jopa voimakasta lämpöä. Koska aaltopituus on niin suuri - 10 600 nm – on tunkeutuman syvyys enintään 0,5 mm (kudostyypistä riippumatta). Siitä huolimatta on voitu todeta hoidon tehonneen jopa usean senttimetrin syvyydessä. Ilmiötä on vaikea selittää, mutta uskotaan, että soluissa, joissa absorptio tapahtuu muodostuu välittäjäaineita, jotka sitten leviävät syvemmällä oleviin kudoksiin vaikuttaen niihin. Biostimulaatiossa voidaan CO₂-laseria käyttää sekä pinnallisten että syvällä olevien vaivojen hoitoon. (Ks. rypyt)

2. Hoitoannostelu

Annostus on tärkeä parametri. Annoksen mittayksikkö on J/cm², mikä tarkoittaa tiettyä energiamäärää (J) neliösenttimetriä kohden. Annos on yhtä kuin käsittelyaika x laserteho neliösenttimetriä kohden. Laserin eri aaltopituudet ja eri terveydentilat edellyttävät erilaisia annoksia. Annossuositukset:

| Lasertyyppi | käsittely, hoito | Annostusalue |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| Indium-laser: | ihon läpi: limakalvoilla: | 0,1 - 2 J/cm ² 0,05 -0,5 J/cm ² |
| Alumiini-laser: | ihon läpi: limakalvoilla: | 0,1 - 2 J/cm ² 0,05 -0,5 J/cm ² |
| Gallium-laser: | ihon läpi: | 0,01 -1 J/cm ² |
| Hiilidioksidilaser: | ihoa vasten: avohaavojen päällä: | 1 -100 J/cm ² 0,1 -5 J/cm ² |

Olellisesti edellä mainitut arvot ylittävillä annoksilla (viidestä aina kymmenkertaisiin) jäävät biologiset vaikutukset heikommiksi (esim. haavojen parantuminen ja tulehdukset) ja vielä suuremmilla annoksilla tullaan biologisesti tukahduttavalle alueelle, jossa laserin vaikutus on usein ehkäisevä tai taannuttava. Alempien annosten käyttö limakalvoja käsiteltäessä perustuu siihen, että silloin absorptio- ja leviämishävikki on pienempi kuin sarveiskerroksessa ihoa tai ihon läpi käsiteltäessä.

3. Antoteho - voimakkuus

Laserin voimakkuus – tai oikeastaan antoteho – vaikuttaa lähinnä hoito- tai käsittelyajan pituuteen. Tietty annos saadaan aikaan nopeammin voimakkaalla kuin heikolla laserilla. Antoteho ei ratkaise hyvän tuloksen saavuttamista, mutta voimakkaalla laserilla päästään myös suurempaan tehotehyyteen (ks. jäljempänä), mistä on joskus etua.

4. Tehotiheys

Tehotiheydellä tarkoitetaan valotehoa pintayksikköä kohden ja se mitataan watteina per neliösenttimetri: W/cm². Tältä osin laserit eroavat toisistaan: eri instrumenteilla on erilainen tehotiheys. Suuri tehotiheys merkitsee suurta valon keskittymää, joka saadaan aikaan esim. polttolasin polttopisteessä. Biostimulaatio on vaikuttamista solutasolla. Liian pieni tai liian suuri tehotiheys heikentää laserin biologista vaikutusta.

5. Syketaajuus (pulsijaksotus)

Gallium-laserin (aina pulssitettu eli sykäyksittäin toimiva) syketaajuus on valittava joka kerta. Tiedetään, että matalat syketaajuudet (10-100 Hz) tehoavat parhaiten kipuun ja korkeat taajuudet (2500-5000 Hz) tehoavat parhaiten tulehdustiloihin, kun taas keskitasen taajuudet

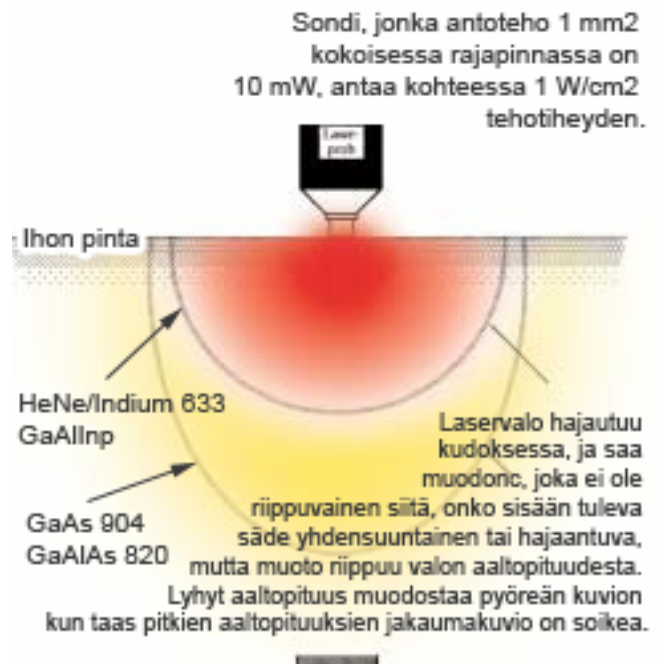


Esimerkki laserista, jonka syketaajuuden lla voi asettaa välille 10 - 5 000 Hz

(500-1000 Hz) tuntuvat toimivan parhaiten turvotukseen ja esim. luun uuskasvuun. Huomaa, että joillakin laserinstrumenteilla on vain yksi tai kaksi käsittelytaajuutta (syketaajuutta), mutta toisilla on suuri valinta-alue.

6. Tunkeutumis- ja vaikutussyvyys

Valon tunkeutumisella ei ole aivan tarkkaa rajaa. Laserin valo hajoaa kaikkiin suuntiin ja imeytyy peräkkäisiin kudoksiin valon jatkuvasti heiketessä sitä mukaa, mitä kauemmaksi rajapinnasta se menee. Mutta on olemassa raja, jonka ylitettyään valoteho on niin pieni, ettei sillä ole biologista vaikutusta. Tätä rajaa kutsutaan vaikutussyvyudeksi. Siihen vaikuttaa useita tekijöitä: valon aallonpituus, kudostyyppi (iho- ja rasvakudos ovat läpäisevämpiä kuin runsaasti verta sisältävä lihaskudos), pigmentti ja lika. Laservalo läpäisee jopa luukudosta (kutakuinkin samoin kuin lihaskudosta). [35] Veren syrjäyttäminen kudoksessa on tärkeä tekijä. Kun laseranturia painetaan kevyesti ihoa vasten, veri väistyy sivulle. Välittömästi anturin alla ja hieman syvemmällä oleva kudos on silloin melko veretön ja koska veren hemoglobiini se tekijä joka vastaa suurimmasta absorptiosta, lisääntyy valon läpäisevyys huomattavasti. Muita merkittäviä tekijöitä ovat laserin antoteho ja onko se supersykkäinen vai ei, instrumentin tekninen muotoilu ja käsittelytekniikka (ihossa kiinni tai välimatkan päästä siitä).



7. Hoitometodiikka

Paikallishoito ja systeeminen hoito eroavat toisistaan. Paikallishoito on tavallisin hoitomuoto, jolla hoidetaan nimenomaan ongelmakohtaa. Systeeminen hoito tarkoittaa, että hoidetaan kohtia, jotka voivat olla jollain etäisyydellä varsinaisesta ongelmakohtasta. Esimerkkeinä systeemisestä hoidosta mainittakoon etäällä itse vammasta kehittyvien ns. kipupisteiden hoito, sekä laserakupunktuuri, jossa kehoon pistettävät neulat korvataan laservalolla yhteen tai useaan akupunktuuripisteeseen.

8. Laserakupunktuuri

Laserin käyttö akupunktuurihoitoon on jännittävää. Akupunktuurikoulutuksen saaneille aukeaa nyt laaja toiminta-alue. Koska menetelmä on steriili ja kivuton, potilaat hyväksyvät sen mielellään. Sekä laserakupunktuuri että perinteinen neula-akupunktuuri vaikuttavat akupunktuuripisteisiin, mutta kokeneiden terapeuttien mielestä niiden vaikutus ei ole aivan samanlainen. Menetelmien voidaan sanoa täydentävän toisiaan. Eräällä laserakupunktuurin muodolla tuotetaan tavanomaista pitempiaikainen vaikutus siten, että poltetaan CO₂-laservalolla pinnallisesti akupunktuuripisteitä. Esimerkkinä laserakupunktuurin käytöstä mainittakoon keuhkoastman hoito matalatehoisella laserilla. Ruotsin Karolinska sjukhuset – sairaalassa tohtori Ines Vinge on kaksoissokkotutkimuksellaan osoittanut, että astmaa voidaan hoitaa laserakupunktuurilla käyttäen gallium-laseria (10 mW, 50 sykäystä/sekunti).

9. Hoitojen aikaväli

Endre Mester näytti jo aikaisessa vaiheessa toteen, että sopivan pituisen tauon jättäminen hoitokertojen väliin on tehokkaampaa kuin liian usein toistuvat hoitokerrat. Koska on myös

osoitettu, että laserhoidon vaikutus on kumulatiivinen (yksittäinen käsittelyannos lasketaan yhteen seuraavaan annoksen kanssa), on tärkeätä, ettei käsittelyä toisteta liian tiuhaan. Tavallisesti annetaan hoitoja alkajaisiksi 2-4 päivän välein parin viikon ajan ja sen jälkeen harvemmin. Akuutteja vaivoja hoidettaessa käsittelykertojen lukumäärä on yleensä pieni, jolloin ne voidaan antaa taajempaan tahtiin. Herpestä ja akuuttia vyöruusua hoidetaan mielellään päivittäin parin päivän ajan. Kroonisia vaivoja on yleensä parasta hoitaa harvemmin eli pidemmin aikavälein.

Riskit ja haittavaikutukset

Liittykö matalatehoiseen laserhoitoon (LLLT)¹ riskejä?

Aluksi on hyvä muistaa, että "säteily", jota käytämme työssämme on joko näkyvä valo tai lämpösäteilyä (infrapuna-säteilyä) eikä mitään muuta. Se, että valo on erittäin puhdasta ei sinänsä ole mikään riskitekijä, yhtä vähän kuin puhtas huilun ääni olisi vaarallisempi kuin esimerkiksi yhtä voimakas melu. Oikeastaan ainoa matalatehoiseen laseriin liittyvä vaara on tietty silmävamman riski.

Silmävamman riski

Koska laserit on voitu tehdä voimakkaiksi kapeine samansuuntaisine säteineen, on niiden käyttöä jo kauan säännelty. Kaikkia lasertyyppisiä on siksi testattu ja ne on luokiteltu: 1, 2, 3A, 3B tai 4 -luokkiin, siten, että suuritehoisimmat laserit kuuluvat luokkaan 4. Näkyvää valoa säteilevät laserit ovat vähemmän vaarallisia kuin ne, joiden valo on näkymätöntä, koska räpytysrefleksi suojaa silmää, kun valo koetaan liian voimakkaana. Ennen vaadittiin, että vain lääkäri, hammaslääkäri tai lääkintävoimistelija saisi antaa hoitoja 3B-laserluokan laitteella (voimakastehoisemmat hoitavat laserit). Mutta kun yhtään hoitavien eli terapialaserien aiheuttamaa silmävammatapausta ei ollut tullut tietoon, tämä määräys peruutettiin vuonna 1993. Siksi nykyään on sallittua käyttää vapaasti 3B-laserluokan instrumentteja.

Kysymys: Riittääkö silmien sulkeminen kasvojen laserhoidon aikana, vai onko käytettävä suojalaseja?

Vastaus: Kyllä, se riittää aivan hyvin vaikka laser olisikin voimakas. Jopa luomirauhastulehdusta eli nääränäppyä voidaan vaaratta hoitaa. Tämä johtuu siitä, että silmäluomi hajottaa valon siten, ettei säteiden keskittymistä tapahdu. Valo jakautuu koko verkkokalvolle. Mahdollisten ongelmien välttämiseksi: Anna potilaan aina käyttää suojalaseja – laser kuulostaa monien korvissa hieman vaaralliselta. Älä koskaan anna potilaasi tuijottaa suoraan kohti silmiä suunnattuun laseranturiin. Jos niin kuitenkin pääsisi käymään muutaman silmänräpäyksen ajan, ei se onneksi yleensä ole vakavaa. Ota huomioon, että tietyille laseraaltopituudelle tarkoitetut suojalasit saattavat olla täysin hyödyttömät muilla aaltopituuksilla.

VAROTUS: Tavalliset aurinkolasit eivät anna suojaa, vaan voivat itse asiassa lisätä silmävamman riskiä.

Syöpä

Monet eivät tiedä laserista kovinkaan paljon ja saattavat luulla, että laserista lähtee jonkinlaista salaperäistä "säteilyä". Ja säteilyhän voi olla vaarallista - niin, sehän voi jopa aiheuttaa syöpää. Voivatko hoitavat eli terapialaserit aiheuttaa syöpää? Ehdottomasti eivät. (katso kohta "Vasta-aiheet" sivulla 18) Mitään mutageenisia vaikutuksia ei ole todettu yli 600 nm aaltopituuden valolla niillä annoksilla, joita laserhoidoissa käytetään. Mutta mitä tapahtuu jos sattumalta hoidetaan potilasta, joka ei tiedä potevansa syöpää? Voiko kasvaimen kasvua stimuloida laservalolla?

¹ Low Level Laser Therapy

Ei. Laservalon vaikutusta syöpäsoluviljelmään on tutkittu ja on kylläkin todettu, että syöpäsolujen kasvua voidaan stimuloida joillakin laservalon annostuksilla. Elävässä olennossa (in vivo) kasvavassa syövässä vallitsevat kuitenkin eri olosuhteet kuin soluviljelmää (in vitro) käsiteltäessä.

Kokeissa, joissa rottiin on siirretty eri kokoisia kasvaimia, on todettu, että pienet laserilla käsitellyt kasvaimet on saatu pienenemään ja jopa kokonaan häviämään, mikä perustuu siihen, että laser stimuloi paikallista immuunipuolustusta enemmän kuin kasvainta. Tiettyä kokoa suuremmissa kasvaimissa ei laserhoidon immuunipuolustusta lisäävä vaikutus riittänyt pysähdyttämään kasvua. Tilanne on samantapainen bakteeriviljelmissä. Bakteereita voidaan viljelmissä stimuloida sopivin laservaloannoksilla, mutta ihmisessä, jolla on immuunipuolustusjärjestelmä, bakteeri-infektio paranee nopeammin oikein annetun laserhoidon avulla. On tärkeätä, että taudinmääritys on tehty ennen laserhoitoa. Diagnosoimaton kipu voi johtua syövästä...

Käsittelystä johtuvia reaktioita

Näennäinen terveys.

Joskus käy niin, että kipu häviää melkein välittömästi laserhoidon jälkeen. Silloin on tärkeää, ettei kipua aiheuttanut vammakohtaa (esim. tulehtunutta jännettä) ylikuormiteta. On erittäin tärkeätä, että potilaalle kerrotaan mahdollisesta näennäisestä tervehtymisestä, ja että hän itse on täysin vastuussa siitä, ettei ylikuormitusta tapahdu. Vaikka kipu häviää ja laserhoito lyhentää paranemisaikaa, on kudokselle suotava kohtuullinen toipumis- ja palautumisaika.

Väsymys.

Eräs laserhoidon "riski" on, että potilas saattaa kokea voimakasta väsymystä hoidon aikana tai sen jälkeen. Se voi johtua esim. siitä, että kipu hellittää, tai että tiettyjä aineita – endorfiiniin tyypisiä – erittyy.

Kipureaktio.

On aika yleistä, että potilaalla on särkyä käsittelyn jälkeisenä päivänä. Se on erityisen tavallista kroonisten vaivojen yhteydessä. Syynä on se, että vammasta tulee "akuutti", kun parantuminen käynnistyy. Vastaava ilmiö liittyy toisinaan muihinkin hoitomuotoihin, esim. TENSiin (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulator) tai akupunktuuriin. Se ei yleensä johdu yliannostuksesta. Potilasta on aina informoitava mahdollisesta kipureaktiosta ja siitä, että se on tilapäinen ja tulkittavissa positiiviseksi hoitovasteeksi. Muuten potilas saattaa helposti uskoa saaneensa "laservammoja".

Mitä matalateholaserilla hoidetaan?

Saattaa näyttää siltä, että laserhoito soveltuu hyvin moneen vaivaan, ja että laser näyttäisi olevan jonkinlainen yleisratkaisu kaikkeen, mutta kun tietää laserhoidon vaikuttavan sekä

- (a) paikallisesti immuunipuolustukseen,
- (b) verenkiertoon, ja että
- (c) käsittely on tulehdusta lievittävä ja että sillä
- (d) voidaan lievittää kiputiloja, ei se kuulosta yhtä ihmeelliseltä.

Jos potilas ei reagoi käsittelyyn, on muistettava, että käsittelyn onnistumisaste riippuu monesta asiasta vaikuttavasta tekijästä. Puuttumaan jäänyt vaikutus voi johtua sopimattomasta lasertyyppistä, liian pienestä tai liian suuresta annoksesta, väärästä taudin- tai vaivanmäärityksestä, liian harvoista hoitokerroista, syketaajuudesta, tehottiheydestä jne.

Annosherkkyys vaihtelee ihmisestä toiseen, ja laserhoidon vastaanottavuus on hyvin yksilöllistä: jotkut voivat "tuntea laserin varpaissaan asti", jotkut tuntuvat täysin vasteettomilta. Mitä kokeneempi terapeutti eli hoitaja on, sitä menestyksekkäämpi hän on, koska osaa valita lasertyyppin ja annoksen hoidettavan vamman tai vaivan sekä henkilön mukaan. On kuitenkin ymmärrettävää, että laser on vain yksi monista työvälineistä.

Joissakin tutkimuksissa ei ole voitu todeta laserkäsitteilyn tehonneen tietyllä (halutulla) tavalla, mutta se ei välttämättä tarkoita, että laser ei tehoaisi juuri siihen vaivaan, vaan että juuri kyseiseen tutkimukseen siinä vallitsevissa olosuhteissa valituilla muuttujilla ja parametreilla ei saatu aikaan selvää vaikutusta.

Hoitokohteet A:sta Ö:hön

Jäljempänä mainitut kohteet eivät muodosta täysin kattavaa luetteloa, vaan ovat pikemminkin esimerkkejä kohteista ja tilanteista, joissa laserhoitoa kannattaa kokeilla.

Akne

Aknea hoidetaan parhaiten indium- tai alumiini-laserilla. Sopiva annos on 0,5 J /käsitteilykohta. Vaikka kyseessä onkin oireiden käsittely, voi tulos silti olla varsin hyvä.

Aftat

Aftaa hoidetaan parhaiten indium- tai alumiini-laserilla. Annostus valitaan subjektiivisen kivunlievitystehon mukaan. Kun potilas tuntee selvää lievitystä, ollaan lähellä "oikeaa" annosta. Jotta potilas voidaan pitää kivuttomana kunnes aftat ovat hävinneet, saatetaan tarvita useita käsitteilykertoja.

Bakteerit ja virukset

Mikä vaikutus laservalolla on bakteereihin ja viruksiin? Sekä bakteerien että virusten kasvua voidaan viljelyssä stimuloida laservalolla. Se, että infektioiden käsittelyssä ei pahenneta tilannetta vaan nopeutetaan paranemista johtuu siitä, että immuunipuolustus stimuloituu enemmän kuin mikro-organismit. Laserhoito täytyy joskus yhdistää antibioottikuuriin.

Luun uudistuminen

Luukudoksen uudistumisen aikaansaaminen on elintärkeätä lukuisten hammaslääketieteellisten toimenpiteiden yhteydessä. Tällöin käsittely gallium-laserilla on arvokas lisätoimenpide.

Haavan ja säärihaavan paraneminen

Sääri- ja makuuhaavoja hoidetaan indium- tai alumiini-laserilla. Haavan helpomman paranemisen lisäksi saadaan yleensä aikaan tuntuva kivunlievitys. Laser on aina täydentävä menetelmä; tavanomainen puhdistus ja sitominen on silti tehtävä. Aloita käsittelemällä haavan ympärystä ihon pinnalta annoksena 1 J/cm². Sen jälkeen siirrytään käsittelemään avohaavaa vajaan senttimetrin etäisyydeltä 0,2 J/cm² annoksella. Käsittele joka toinen päivä ja arvioi paranemisen etenemistä. Jos paranemista ei tapahdu, lisää annosta 50 prosentilla.

Poskiontelotulehdus (sinuiitti).

Laser suunnataan pitkin nenänpieltä rustoon 2 J/cm² annoksena. Saman verran suunnataan suunsisäisesti poskiontelon pohjalle pariin kohtaan. Nenän poskiontelotiehyttä voidaan myös valaista. Käsitteily tehoaa turvotusta alentavasti helpottaen hengitystä. Akuutti poskiontelotulehdus reagoi käsitteilyyn nopeammin kuin krooninen. Myös akupunktuuripisteitä voidaan käyttää. Kaikkia kolmea lasertyyppiä voidaan käyttää.

Vyöruusu (herpes zoster).

Vyöruusun norjalainen ja tanskalainen nimi "helvetintuli" on kuvaavampi. Vyöruusu voi nimittäin esiintyä keholla muuallakin kuin keskivartalolla. Se voi muun muassa kohdistua kolmoishermoon. indium- tai alumiini-laser tehoaa parhaiten itse herpes zoster –vaivaan, mutta myös herpeksen jälkeiskipua voidaan hoitaa ja siihen tehoaa parhaiten gallium- tai alumiini-laser. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi on tärkeitä aloittaa hoito mahdollisimman aikaisin. Hoitosarja lyhentää potilaan kärsimystä huomattavasti [51-58].

Rannekanavaoire

joka on hyvin tavallinen oire yksipuolisia työtehtäviä tekevillä henkilöillä, kuten asentajilla tehtaiden kokoomalinjoilla, voidaan menestyksekkäästi hoitaa gallium-laserilla. Katso myös Urheiluvammat jäljempänä.

Luunmurtumat.

Luunmurtumatapauksia hoidettaessa käsitellään murtumakohtaa paikallisesti gallium-laserilla (700 Hz) joka kolmas päivä 1-2 viikon ajan.

Herpes simplex (yskänrokkovirus).

Herpes on kiitollinen matalateholaserhoidon kohde. Hoitotulos riippuu siitä, missä viruksen kehitysvaiheessa toimeen ryhdytään. Mitä myöhemmin siihen ryhdytään, sitä heikompi on hoitotulos. Vaivaa hoidetaan indium- tai alumiini-laserilla ja sopiva annos on 0,5-3 J rakkulaa kohden.

Urheilu- ja kuormitusvammat.

Nyrkkisääntönä on, että tavallinen urheiluvamma paranee puolessa normaalista toipumisajasta jos paranemista edistetään laserilla. Se, että vamma-alueen subjektiiviset vaivat häviävät melko pian ja urheilija silloin mielellään haluaa jatkaa harjoittelua, on ongelma, joka on hyvä ottaa huomioon. On tärkeää, että vamma-alue saa levätä ja että valmennukseen palataan vaiheittain. Tenniskyynärpää sekä olkapää- ja niskakipu ovat tyypillisiä ammattivaivoja. Niitä käsitellään paikallisesti gallium-laserilla. Tennis- tai golfkyynärpää voi usein olla "valevaiva" – kyseessä voi olla hermopinne (katso Rannekanavaoire) ja silloin ei apua saada hoitamalla vain sivunastan kohtaa ja ympäristöä. Käsittele siksi myös viidennen ja kuudennen niskanikaman ympäristöä gallium-laserilla. Annetaan 2-3 J esim. 700 Hz taajuudella. Jännetulehdusta esim. akillesjännteessä hoidetaan mielellään alumiini-laserilla yhdessä gallium-laserin kanssa. Arthroosia käsitellään gallium-laserilla (5.000 Hz). Tällöin on käsittelyn jälkeinen kipureaktio aika tavallinen.

Vihlovat hampaankaulat

Vihlovat hampaankaulat reagoivat usein hyvin laserhoitoon.

Se on hieno asia, sillä yhdellä jos toisellakin ihmisellä on tämä vaiva. Käsittele paikallisesti hampaankaulan kohdalla indium-laserilla kunnes potilas havaitsee selvää lievitystä [59, 60].

Hermovauriot.

Vaurioituneet hermot paranevat hitaasti. Niiden hoitoon sopii indium-laser selvästi parhaiten. Potilaan epämääräinen levottomuuden tunne käsitellyllä alueella on merkki siitä, että laserhoito vaikuttaa eli tehoaa.

Reumatismi.

Samoin kuin lääkitys, laserhoitokaan ei voi parantaa reumatismia, mutta oireita voidaan usein lievittää. Kivun lievityksen lisäksi on lisääntynyt liikkuvuus ja turvotuksen lasku mahdollista. Krooniset vaivat reagoivat aluksi usein kivun lisääntymisellä, ja siksi hoito on parasta aloittaa pienellä annoksella. Potilaalle on selitettävä kipureaktio ja ettei sen mahdollinen ilmeneminen anna aiheutta hoidon keskeyttämiseen.

Kipu.

Laserhoito voi tehotta erilaisiin kiputiloihin. Laserhoidon myönteisiä puolia on, että kivunlievitys alkaa monissa tapauksissa jo käsittelyn kuluessa. Hampaankaulan vihlonta lakkaa, säärihaavasta tulee kivuton, herpesrakkula lakkaa vaivaamasta, lukkiutunut leuka saattaa laueta. Akuutin kivun välittömään lievitykseen tarvitaan kuitenkin usein varsin suuri annos. Hammaskuopan tulehdus saattaa vaatia yli 10 J annoksen gallium-laserilla, jotta kipu lievittyy. Lievempänä ilmenevän kivun, kuten herpesrakkulan, painehaavan tai hampaankaulan säryn täysi lievitys voi vaatia 1-3 J annoksen. On aihetta olettaa, että suuret annokset, joilla lievitetään voimakasta särkyä johtavat samalla yliannostukseen biostimuloinnin alueella, mikä johtaa hitaampaan paranemiseen tai toipumiseen. Tällöin valinta on helppo: Kipua on priorisoitava [1-6].

Turvotus, edeema, nestepurkauma.

Laserhoidolla on turvotusta alentava vaikutus, joka perustuu imusuonten laajenemiseen ja verisuonten vähenevään läpäisevyyteen. Jos edeemaa (turvotusta) jo esiintyy, tarvitaan suuri annos - 10-15 J/cm² ei ole epätavallinen. Laserhoidolla on myös imusuonia ja verisuonia uudistava vaikutus.

lentulehdus (gingiviitti)

Laserhoitoa annetaan perinteistä hoitoa täydentävänä jolloin se nopeuttaa paranemista. Leikkauksen jälkeinen kipu lievittyy.

Jännetulehdus

Jännetulehdukset ja jännekivut (tendalgiat) ovat usein kiitollisia laserhoidon kohteita. Ne ovat tosin joskus vaikeita diagnostisoida. Akuutteja jännetulehduksia on huomattavasti helpompi käsitellä kuin kroonisia. alumiini- ja gallium-laserilla saadaan paras tulos.

Tinnitus

Tinnituksen aiheuttajasta ollaan montaa mieltä. On kuitenkin todettu, että se monilla ihmisillä johtuu jännityksistä leuka- ja niskalihaksistossa. Jos näitä jännityksiä käsitellään, voivat vaivat hävitä. Joillakin henkilöillä jännitteet johtuvat puruviasta ja silloin on hammaslääkärin korjattava purentaa ja ehkä asennettava oikomiskisko. Tällaisissa tapauksissa laser on osoittautunut hyvin arvokkaaksi täydentäväksi hoitomenetelmäksi kivun- ja jännityksen lievitysominaisuuksiensa ansiosta. Tinnitus voi myös johtua akuutista akustisesta sokista, jonka aiheuttaa esim. rock-konsertti tai kotitekoinen pommi. Tässä tapauksessa stimuloidaan sisäkorvan soluja valaisemalla korvakäytävää laserilla. Etenkin nuoret, joiden vammat ovat tuoreita, reagoivat hyvin laserhoitoon. Ikäihmisten kroonista tinnitustakin voidaan hoitaa, mutta tulokset vaihtelevat enemmän. Lisää tietoa tinnituksen laserhoidosta löytyy osoitteesta <http://www.laser.nu/tlc>

Kolmoishermostätky.

Tähän kivuliaaseen vaivaan ei ole täysin tehokasta hoitometodiikka. Laserhoito ei siis takaa tulosta, mutta koska se on kivuton ja haittavaikutukseton menetelmä, pitäisi sitä kokeilla ensimmäisenä. Vaivaa hoidetaan ensisijaisesti indium-laserilla. Jollei siitä ole apua, kokeile alumiini- tai gallium-laseria. Valitse kohteeksi liipaisupisteet ja pistettä kohden 0,5 J annokseksi ensin alkuun. Kipupisteeseen sopii 1 J annos. Seuraavaksi käsitellään hermorataa. Kipureaktio on tällöin mahdollinen. Käsittele alkuun pari kertaa viikossa, sitten pitenevin väliajoin. Käsitteleyä ei pidä keskeyttää jos ja kun kivuttomuus on saavutettu, vaan sitä jatketaan yhä pitenevin väliajoin [7, 81].

Kiistanalaisia hoitokohteita

Ryppyt ... ovat kriitikoiden lempiaihe. Ei ole tieteellistä näyttöä sille, että matalatehoisella laserilla voitaisiin oikoa ihon ryppyjä. Mutta on paljon mielenkiintoisia esimerkkejä laserhoidon vaikutuksesta ryppyihin. Hiilidioksidilaser voi tehotta yllättävän hyvin sekä ryppyiseen ihoon että aknearpeutumiin. Em. laseriin liitetyllä skanneriosalla poltetaan pintaa ja poistetaan höyrystämällä noin 0,1 mm ihon pinnasta. Syntyy n. 0,5 mm syvä palovamma, jonka päälle muodostuu rupi. Kun rupi on irronnut, punertaa iho siltä kohtaa 1-2 kuukautta. Sinä aikana kehittyy hieman syvemmällä ihossa uusi kollageenikerros, iho kiristyy ja tasoittuu ja ryppyt oikenevat jonkin verran. Mikroskoopilla tarkasteltuna uusi iho näyttää nuoremmalta. Tämä on biostimulaation vaikutusta.

Selluliitti.

Matalatehoisen laserin ei ole julkaistuissa tutkimuksissa todettu tehonneen tähän vaivaan. gallium-laserilla voi kuitenkin joskus saada hämmästyttäviä tuloksia, luultavasti siksi, että selluliitti sisältää paljon nestettä, ja laserhoito usein vaikuttaa nestekiertoa edistävästi.

Kevätmasennus

oli monen julkaistun kirjoituksen aiheena joitakin vuosia sitten Tukholman metrossa olleen huomiota herättäneen mainoskampanjan jälkeen. Markkinatuomioistuimessa mainostaja sai perua väitteensä, koska väitettyä laserhoidon vaikutusta ei ollut näytetty toteen tieteellisesti. Toisaalta on todettu, että riittävän suuret annokset valkoista valoa (loisteputken valo) voi vaikuttaa talvi- ja kevätmasennukseen [9]. Samoin on näytetty toteen, että polvitaipeden valaiseminen voi vaikuttaa kehon "sisäiseen kelloon". Jotain näyttöä siis on olemassa mainostajan väitteille.

Hiusten lähtö.

Eräässä Endre Mestersin varhaisimmista kokeista rotilla todettiin, että paljaaksi ajatut kehon osat karvoittuivat uudelleen nopeasti rubiini- ja HeNe-laser käsittelyn seurauksena. Suomessa Pekka Pöntinen on näyttänyt toteen, että sopivina annoksina laserhoito voi merkittävästi lisätä verenkiertoa hiuspohjassa. Muutkin tutkimukset ovat vahvistaneet, että ihmisten hiuskasvuun voidaan vaikuttaa. Siihen tarvitaan tosin usein melko monta käsittelyä eikä onnistumista voida taata [10].

Eläinlääketieteellinen käyttö

Laservalon vaikutusta eläimiin on tutkittu monissa kokeissa. Sekä gallium-laser että alumiini-laser vaikuttavat hyvin hevosissa ja koirissa, kunhan lasersondit on muotoiltu siten, että valon voi johtaa karvapeitteen läpi iholle. Ihmisten käsittelyyn suunnitellut laserit eivät yleensä sovellu karvapeitteen omaavien eläinten käsittelyyn. Ajamalla karvoituksen pois käsittelyalueelta on laservalo helpompi kohdistaa oikein. Hevoset ovat ihmisiä herkempiä laserille. gallium-laserin suureen paikalliseen tehotiheyteen ne reagoivat (usein voimakkaasti) kun sondilla lähestytään vammaa tai vaivan kohdetta. Tämä pätee erityisesti suurilla syketaajuuksilla. Siksi voi olla hyvä käyttää pientä syketaajuutta hetken aikaa ennen taajuuden lisäämistä. Hevosissa tätä reaktioherkkyyttä voi jopa käyttää mahdollisen vamman paikallistamiseen. Avohaavoihin suositellaan indium-laseria [11, 12, 13, 14].

Vasta-aiheet (kontraindikaatiot)

Matalateholaserhoidolle ei ole ehdottomia vasta-aiheita. Silti pätee edelleen puoskarointilaki, jonka mukaan laserilla ei saa hoitaa alle kahdeksanvuotiaiden lapsien sairauksia ja vain lääkäri saa hoitaa tiettyjä sairauksia kuten syöpää, diabetesta ja epilepsiaa. Varhaisessa laserkirjallisuudessa mainitaan usein, että esimerkiksi sydämen tahdistaja, raskaus, epilepsia, sydäninfarkti ym. olisivat vasta-aiheita laserhoidolle.

Koska sydämen tahdistaja on sähkökäyttöinen laite metallivaipan sisällä ja siten täysin eristetty valolta, on väite aivan perusteeton. Mitä raskauteen tulee, tarvitaan normaali lääketieteellinen arvio äidin terveydentilasta. Laservalo ei itsessään vaikuta sikiöön, koska niin vähän valoa pääsee sisälle kehoon. Sikiön vointi tuskin huononee siitä, että äidin hampaankaula lakkaa vihlomasta tai huuliherpes ärsyttämästä. Epilepsian osalta tiedetään, että vilkkuva, näkyvä valo, etenkin 5-10 hertsin taajuudella sykkivä, saattaa laukaista epilepsia-kohtauksen.

Siksi on syytä välttää instrumentteja, joissa vilkkuu näkyvä valo. Vilkkuva, näkyvä valo on kuitenkin hyvin harvinainen matalatehoisissa lasereissa. Kirjallisuudesta ei löydy mitään viitteitä siitä, että vilkkuva, näkymätön valo voisi laukaista epilepsia-kohtauksen. Sen sijaan on syytä olla kohdistamatta laservaloa suurina annoksina kilpirauhaseen. Espanjalaiset tutkimukset rotilla [15] viittaavat siihen, että suuret annokset voivat aiheuttaa häiriöitä. Missään ei ole näytetty toteen, että laservalo voisi suoranaisesti aiheuttaa vahinkoa, mutta koska kilpirauhanen näyttää olevan herkkä valolle, pitäisi em. rauhasen valaisemista välttää kunnes käytön rajat on tutkimuksin selvitetty. Todettua tai epäiltyä syöpää ei ylipäänsä saa hoitaa kukaan muu kuin asiantuntija. Ei siksi, ettei laserhoito voisi vaikuttaa myönteisesti syöpään, vaan siksi, että laissa ei sallita muiden kuin asiantuntijoiden hoitavan syöpää.

Sädehoitoa saaneiden potilaiden osalta on ehkä mielenkiintoista tietää, että useissa tutkimuksissa on osoitettu, että röntgensäteilyä saaneet koe-eläimet voivat paremmin matalateholaserhoidon jälkeen [16].

Ruotsissa tehdyt tutkimukset

Niihin kaksoissokkotutkimuksiin, joissa laserhoidolla havaittiin olevan merkittävä myönteinen vaikutus, kuuluu myös Nivbrantin ja Fribergin Uumajan aluesairaалassa tekemä tutkimus gallium-laserin vaikutuksesta mediaaliseen polvinivelartroosiin. Åkersbergan sairaalassa tekemässään kaksoissokkotutkimuksessa Lögdberg-Andersson totesi, että gallium-laserilla oli myönteinen vaikutus jännetulehdukseen ja myofaskiaalisiin kipuihin. Haker ja Lundeborg tutkivat Karolinska Institutet -laitoksessa kaksoissokkotutkimuksessa gallium-laserin vaikutusta tenniskyynärpään ja totesivat: "Irradia laser treatment may be a valuable therapy in lateral epicondylalgia, if carried out as described in this study." Karolinska sjukhuset –sairaalassa tekemässään kaksoissokkotutkimuksessa Ines Vinge on selvittänyt gallium-laser-akupunktuurin vaikutusta astman hoidossa ja todennut sen tehokkaaksi valituin parametrein. Tämän lisäksi aiheesta on olemassa runsaasti julkaisemattomia lääkäreiden ja lääkintävoimistelijoiden tekemiä pilottitutkimuksia. Niistä mainittakoon tunnetun urheilulääkärin Göran Renströmin tutkimus, jossa gallium-laserin tehoa arvioitiin 993 potilaalla. Sandvikenissä Sonja Zetterberg on tutkinut ja raportoinut alumiinilaserin vaikutusta suonikohjuperäisiin säarihaavoihin. Nopeamman paranemisen lisäksi potilaat kokivat aivan ilmeistä ja melkein välitöntä kivun lievitystä.

Luku 3. (Edistyneelle lukijalle)

Tässä luvussa selitetään suppeasti, mitä soluissa ja kudoksissa tapahtuu ja miksi niin tapahtuu vain laservaloa käytettäessä. Se, että biologiset vaikutukset liittyvät yksinomaan laseriin selviää osittain tutkimuksista, osittain jäljempänä kuvatuista kokeista, jotka osoittavat, että laservalon ominaisuudet eivät häviä kun valo hajaantuu kudoksessa.

Alkajaisiksi... Monissa koe-eläimillä tehdyissä tutkimuksissa on verrattu laserinstrumentin koherentin valon biologista vaikutusta esim. valodiodista tai muusta ei-koherentista lähteestä tulevaan valoon [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 ym.]. Tällöin laserin vaikutus on selvästi todettu, mutta ei-koherentista lähteestä säteilevällä valolla joko ei ole todettu mitään vaikutusta tai sitten huomattavasti heikompi vaikutus. On siis selvää, että laservalo vaikuttaa erityisellä tavalla soluihin ja kudoksiin.

Täplät

Kun näkyvä laservalo suunnataan paperiin tai muuhun mattapintaan, on valossa havaittavissa merkillistä rakeisuutta. Näitä rakeita tai täplämuodostelmia kutsutaan lasertäpliksi ja ne aiheutuvat laservalon koherenssin takia säteiden interferenssistä. Täplät voivat olla kahta eri lajia: virtuaaliset (syntyvät katsojan silmässä, mutta näyttävät olevan ko. paperissa) tai todellisia (voidaan heijastaa esim. filmille).

Koe 1

Tämän kokeen tarkoitus on osoittaa, että laservalon tyypillisin ominaisuus – koherenssi – ei häviä hajanaisessa leviämisessä. Tämä seikka on siis tekemisissä laserin erityisten ominaisuuksien kanssa, toisin sanoen syntykö kudoksen sisällä samat valo-olosuhteet laserilla kuin tavallisella värisuodattimella varustetulla valaisimella.

Kohdista HeNe-laserin ohut säde omenaan. Intensiivisen osumakohdan ympärillä näkyy halkaisijaltaan 1-2 cm valopiha. Valopiha syntyy, kun laservalo hajoaa ja heijastuu kaikkiin suuntiin omenan kudoksessa ja suuntautuu osittain takaisin ulos. Valopihaa tarkasteltaessa näkyy lasertäpliä (virtuaalisia), mikä osoittaa, että laservalo on edelleen koherenttia läpäistyään omenan kudoksen. Valojakauma omenan valaistussa tilavuudessa ei ole homogeeninen vaan rakeinen interferenssistä johtuen, eli se koostuu kolmiulotteisesta täplärakenteesta (todellisia täpliä). Professori Nils Abrahamsson Tukholman Kuninkaallisessa teknillisessä korkeakoulussa (KTH) tarkasteli näitä täpliä mikroskoopilla ja havaitsi luultavasti ensimmäisenä kaikista, että täplät omenan pinnassa liikkuvat. Hän osasi yhdistää täplien liikkeen solujen liikkeeseen omenassa. Ranskalaiset tutkijat [26] ovat myöhemmin kartoittaneet edelleen ilmiötä, tutkineet ja havainneet kaksi erilaista hiukkasliikehdintää solujen sisällä.

Komiulotteinen rakenne syntyy säteiden interferenssistä, kun säteillä on satunnaisesti eri suunta, vaihe ja amplitudi. Niissä lasertäplissä, joissa on lähiympäristöä suurempi intensiteetti, on valo kokonaan tai osittain lineaaripolarisoitua, koska kyseinen suurempi intensiteetti on syntynyt rakentavasta interferenssistä. Näin tapahtuu vain silloin, kun interferoivilla aalloilla on sama polarisaatio. Täten syntyy siis kudokseen polarisoidun valon saarekkeita. Näiden saarekkeiden keskimääräinen koko on joitakin millimetrin kymmenesosia, toisin sanoen yleensä huomattavasti suurempi kuin solut, joita ne ympäröivät. Mielenkiintoista on se, että nämä polarisoidun valon saarekkeet syntyvät riippumatta siitä, onko valaisevan laserin valo polarisoitua vai ei.

Koe 2

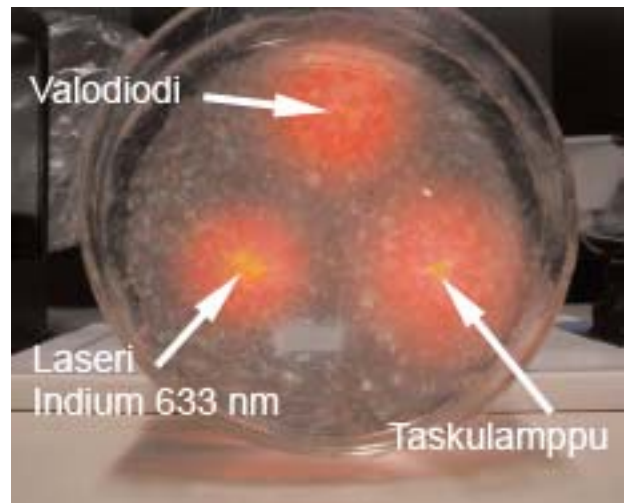
Sen toteen näyttämiseksi, että laservalon koherenssi säilyy muussakin kuin omenan kudoksessa, tehtiin seuraava koe (esitteli L. Hode Kansainvälisen laserkirurgisen ja – lääketieteellisen seuran yhdeksännessä kongressissa Los Angelesissa 2-6 marraskuuta 1991). Kokeeseen on myös viitattu ammattilehdissä [27].

1. Purista juuri jauhattua tuoretta lihaa kahden lasitason välissä siten, että syntyy 5-10 mm paksuinen viipale jauhelihaa. Aseta levy pystyasentoon.
2. Suuntaa 3-5 mW HeNe-laserin valo (punainen näkyvä valo, jonka aallonpituus on 633 nm) kohtisuoraan lasilevyihin. Silloin näkyy jauhelihaviiipaleen takapinnassa punainen läikkä lihan läpäissyttä valoa.
3. Aseta pieni ns. kynätaskulamppu laserin viereen tiiviisti lasin pintaa vasten ja suuntaa se lasia kohti. Taskulampusta tulee tavallista valkoista valoa. Tällöinkin valo läpäisee jauhelihaviiipaleen muodostaen punaisen läikän levyn takapintaan laservalotäplän viereen.
4. Vertaa näitä kahta valoläikkää muutaman metrin päästä.

Tästä voi tehdä seuraavat johtopäätökset:

A. Molemmat valoläikät ovat punaisia läpäistyään jauhelihan. Se osoittaa, että kaikista näkyvän valon aallonpituuksista punaisella valolla on paras tunkeutumiskyky (lyhyemmät aallonpituudet imeytyvät). Mittalaittein tehdyt mittaukset osoittavat, että infrapunasäteily tunkeutuu vielä paremmin.

B. Laservaloläikässä esiintyy lasertäpliä, jotka näkyvät selvästi kun liikuttaa hitaasti päätään. Sen sijaan lampunvaloläikästä lasertäplät puuttuvat. On ilmeistä, että läpäistyään jauhelihan laservalossa ja taskulampun valossa on keskinäisiä eroja. Laservalon koherenssi ei siis häviä. Mutta eikö voitaisi vain ottaa polarisoitu tavallinen valo ja valaista sillä, jos kerran polarisointi on niin tärkeää? Se ei käy. Epäkoherentin hajanaisesti leviävän valon polarisaatio häviää jo muutaman millimetrin matkalla. Jos lampun valo polarisoidaan ja sillä valaistaan ihoa, polarisaatio häviää ennen kuin valo saavuttaa syvät ihokerrokset. Avohaavoihin voidaan kuitenkin vaikuttaa tavallisella polarisoidulla valolla, koska se osuu suoraan paranemisprosessiin osallistuviin soluihin eikä ihopeite mitätöi polarisaatiota. Endre Mester [28, 29] esitteli Laser-Opto 1981 –laserlääketieteellisessä konferenssissa Münchenissä lymfosyytien in vitro – tutkimuksen, jossa hän osoitti että lymfosyytit reagoivat sekä koherenttiin polarisoituun valoon (sanottakoon tasoa 100-prosenttiseksi) että epäkoherenttiin polarisoituun valoon (75 % tasolla) mutta reagoivat tuskin lainkaan polarisoimattomaan valoon.



Mahdollinen selitys

Tiedetään, että liikkumattomissa kromoforimolekyyleissä (esim. kehon porfyriinit) esiintyy absorptiodipoleja ja ne sekä ottavat että antavat (esim. fluoresenssi-ilmiö) lineaaripolarisoitua valoa [30], jolla on määrätty polarisaatiosuunta. Porfyriinejä esiintyy mm. mitokondrioiden respiraatioketjussa ja nimen omaan nämä molekyylit vastaavat ensi kädessä valoabsorptiosta. Tässä yhteydessä siis laservalon synnyttämien täpläsaarekkeiden polarisaatiolla on merkitystä ja tämä seikka voisi olla eräs selitys sille, että monissa tutkimuksissa on saatu toisistaan eroavia tuloksia laserilla ja epäkoherentilla valolla.

Toinen mahdollinen selitys

Lasertäplistä johtuvat valon voimakkuuserot valaistun kudoksen eri kohdissa aiheuttavat paikallisia lämpötilan muutoksia. Koherentin valon osalta näitä muutoksia ovat arvioineet Horvath ja Donko [31]. Lämpötilan muutokset aiheuttavat tiettyjen ainepitoisuuksien paikallisia gradientteja. Tällaiset ainepitoisuuksien gradientit aiheuttavat vuorostaan aineen liikkumista kudoksessa Fickin yhtälöiden kuvaamalla tavalla. Valaistaessa kudosta laservalolla saattavat siis nämä paikalliset lämpötilagradientit synnyttää mikrokierron, mitä ei tapahdu valaistaessa epäkoherentilla valolähteellä, esim. valodiodilla. Spanner [32] on osoittanut, että 0,01 °C lämpötilaero solukalvon poikki aiheuttaa 1,32 ilmakehän paine-eron, mikä saattaa aiheuttaa tuntevan muutoksen Na⁺ ja K⁺ jakautumiskuvioissa [33].

Koe 3

Paina kätesi päälle kytketyn taskulampun lasia vasten. Silloin näet, että valoa tunkeutuu sormiesi läpi. Valo tunkeutuu siis melko syvälle kehoon. Mutta näet, että vain spektrin punainen alue läpäisee ja siis tunkeutuu syvälle, kun taas sininen, vihreä ja keltainen imeytyvät – pääasiassa vereen. Tiedetään myöskin, että valo tunkeutuu luukudokseen [35].

Kuitenkaan ei ole lainkaan varmaa että valon tunkeutumissyvyys on kovinkaan ratkaiseva. Parissakymmenessä tutkimuksessa on käytetty CO₂-laseria biostimulaation valolähteenä ja on todettu vaikutuksen ulottuvan syvälle kudokseen, joissakin tapauksissa jopa 4-5 cm syvyyteen. CO₂-laserin aaltopituus on sellainen (10 600 nm), että käytännössä täydellinen absorptio (99 %) tapahtuu 0,3 mm syvyyteen mennessä. Niissä solukerroksissa, joihin laservalo tunkeutuu, tapahtuu kuitenkin jotain, joka aiheuttaa vaikutuksen syvemmälle. Luultavasti syntyy viestiaineita, jotka kulkeutuvat eteenpäin ja aiheuttavat sekundaarivaikutuksia. Se, ettei vaikutus johdu lämmöstä, käy selville siitä, että saman lämmön nousun kudokseen aiheuttavalla lämpölampulla ei ole lainkaan samaa vaikutusta kuin CO₂-laserilla.

Vaikutusmekanismeja

Solututkija Tiina Karu on toisaalta osoittanut, että myös monokromaattisella epäkoherentilla valolla saadaan aikaan stimuloivia biologisia vaikutuksia soluviljelmässä [34]. Sen lisäksi hän on osoittanut, että soluviljelmissä, joita on ensin valaistu laservalolla ja joissa on silloin todettu biologinen vaikutus, ja joita sitten on valaistu laajakaistaisella (= ei-monokromaattisella ja epäkoherentilla) valolla, on laservalolla aikaan saatu biologinen vaikutus vähentynyt lähes olemattomaksi [22]. Nämä kokeet viittaavat siihen, että on olemassa muitakin mekanismeja kuin edellä kuvattu polarisaatioherkkien kromoforien kiihotus.

On myöskin tärkeätä ymmärtää puhtaasti optinen ero voimakkaasti valoa hajauttavan kudoksen ja viljelmän ohuen, läpikuultavan solukerroksen valaisemisen välillä. Jos ohutta solukerrosta viljelmässä valaistaan polarisoidulla valolla, säilyy valon polarisaatio läpi koko kerroksen, olkoon valo koherenttia tai ei. Kudoksessa sitä vastoin syntyy mainittuja lasertäpliä interferenssistä johtuen. Siksi soluviljelmässä vaikutus ei välttämättä ole laserperäinen, vaikka samankaltaisessa tutkimuksessa kudoksen samantyyppisissä soluissa vaikutuksen on todettu olevan laserperäinen. On jo kauan tiedetty, että kudoksessa syntyy pieniä määriä "singlettihapeksi" kutsuttua ainetta kun sitä valaistaan laservalolla [36]. Israelissa Rochkind ja Lubart ovat näyttäneet tämän toteen [37] NMR-tekniikan (Nuclear Magnetic Resonance) avulla. Singlettihappi on vapaa radikaali, joka vuorostaan vaikuttaa ATP:n (solujen polttoaine ja energiavarasto) kehittymiseen [38, 39]. On todettu, että vaikutus koskee myös solujen kalsium-ionitasapainoa [40]. Laservalo vaikuttaa edelleen hapettaviin prosesseihin, minkä Karu [41] on näyttänyt toteen.

Nämä prosessit johtavat vuorostaan pitkään sekundaaristen vaikutusten sarjaan: Fibroblast-solujen lisääntyvä aineenvaihdunta ja kollageenisynteesi [42], hermosolujen

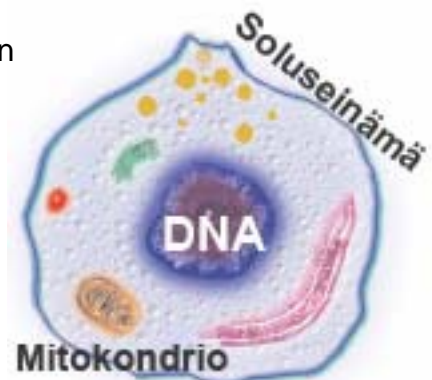
toimintapotentiaalin kohoaminen [43], DNA:n ja RNA:n muodostumisen stimuloituminen solutumassa [44], paikallinen vaikutus immuunivasteeseen [29], voimistuva hiussuonien uusiutuminen kasvutekijöiden vapautumisen kautta [45], leukosyytien toiminnan voimistuminen [46], fibroblastien muuntuminen myofibroblasteiksi [47] ym.

Soluseinä

Lineaaripolarisoituneen valon sähköinen kenttävoimakkuus muuttaa solukalvon kaksinkertaisen lipidikerroksen yhdenmukaisuutta lipidien sähköisten dipolien elektronipolarisaatiolla. Se johtaa mm. solukalvon pinnan varausjakauman muutoksiin, mikä voi johtaa lipidi-proteiinidosten muutoksiin. Koska solukalvo toimii biologisena vahvistimena, voivat solukalvon muutokset vaikuttaa kaikkiin prosesseihin, joissa solukalvo on osallinen: energiatuotanto, immunologiset prosessit, entsyymireaktiot, kulkeutumistekijät ym. Esimerkiksi leukosyyteissä tämä kalvorakenteen muutos aktivoi syklisen adenosiinimonofosfaatin (3'5' -cAMP) ja lisää solukalvon reseptoritoimintaa. Tämä voi tietyissä olosuhteissa käynnistää immunologisen ketjureaktion, mikä merkitsee myös monosyyttisten, neutrofiilisten ja eosinofiilisten kemotaktisten tekijöiden kuin myös makrofagiin liikkuvuutta ehkäisevien tekijöiden muodostumista sekä hiussuonten läpäisevyyteen vaikuttavien ihoreaktoritekijöiden lisääntymistä.

Tutkittaessa immuunivastekomponentteja mittauksin ennen ja jälkeen laservalaisun todettiin, että alfa-1-lipoproteiinin määrä haavanesteessä lisääntyi 120 prosenttiyksikköä laservalon vaikutuksesta. Walker [48] on osoittanut, että kun neuralgiaa on käsitelty HeNe-laservalolla, vapautuu serotoniinia (hän mittasi serotoniinin 5-HIAA-esiastetta potilaiden virtsasta ennen ja jälkeen käsittelyn). Se kiertää veren mukana ja aiheuttaa systeemisiä efektejä, toisin sanoen se vaikuttaa muissakin kehon osissa kuin siinä, jota hoidetaan. Muutkin ovat tutkineet systeemisiä efektejä, mm.

Rochkindin ryhmä [49]. Montesinos [2] on näyttänyt toteen, että laservalo vaikuttaa endorfiinituotantoon. Salpaamalla opiaatteja naloksonilla Honmura [50] osoitti, että kivunlievitysvaikutus ei johdu yksinomaan endorfiineista.



Yhteenveto

Tiivistelmänä voidaan todeta, että laservalon vaikutus elävään kudokseen on erittäin monimutkainen. Siihen liittyy monia erilaisia fotokemiallisia prosesseja, jotka vuorostaan käynnistävät lukuisia biokemiallisia reaktioita. Jotkut prosesseista ovat laserperäisiä, kun taas toiset ovat riippuvaisia pääasiassa fotonien energiasta. Tarvitaan lisää tutkimuksia ennen kuin meille kokonaan selviää, mitä tapahtuu.

Kirjallisuusviitteet

- [1] Shiroto C et al: Retrospective study of diode laser therapy for pain attenuation in 3635 patients: Detailed analysis by questionnaire. *Laser Therapy*. 1989; 1(1): 41.
- [2] Montesinos M. et al: Experimental Effects of Low Power Laser in Enkephalin and Endorphin Synthesis. *LASER. Journ Eur Med Laser Ass*. 1988; 1(3): 2.
- [3] Mizokami T et al: Effect of diode laser for pain: A clinical study on different pain types. *Laser Therapy*. 1990;2 (4):171.
- [4] Maricic B et al: Analgetic effect of laser in dental therapy. *Acta Stomat Croat*. 1987; 21(4): 291.
- [5] Manne J: Le laser arsénium de gallium 6 watts, étude clinique en odonto-stomatologie. *Le Chirurgien Dent de France* 1985; 284:15.
- [6] Wakabayashi H et al: Effect of Irradiation by Semiconductor Laser on Responses Evoked in Trigeminal Caudal Neurons by Tooth Pulp Stimulation. *Lasers in Surg Med*. 1993; 13: 605.
- [7] Walker J B et al: Laser Therapy for pain of trigeminal neuralgia. *Clin J Pain* 1988; 3:183.
- [8] Parascandolo S et al: Azione della Laser-terapia nella nevralgia essenziale del trigemino. *Int Congress on Laser in Med and Surg, Bologna June 1985, p 317. Monduzzi Editore S.p.A., Bologna, Italy.*
- [9] Beck-Friis J, Borg G, Wetterberg L: Rebound increase of nocturnal melatonin levels following evening suppression by bright light exposure in healthy men: relationship to cortisol levels and morning exposure. In: Wurtman RJ, ed. *The Medical*

- and Biological Effects of Light. *Ann. NY Acad Sci.* 1985; 453: 371-375.
- [10] Mester E. et al: Untersuchungen über die hemmende bzw. fördernde Wirkung der Laserstrahlen. *Arch Klin Chir.* 1968; 322: 1022.
- [11] McKibbin L. and Paraschak D: A Study of the Effects of Lasering on Chronic Bowed Tendons at Whitney Hall Farm Limited, Canada, January, 1983. *Lasers in Surgery and Medicine.* 1983; 3: 55.
- [12] Wang L. et al: A Review of Clinical Applications of Low Level Laser Therapy in Veterinary Medicine. *Laser Therapy.* 1989; 1(4): 183.
- [13] Kerns T: HeNe Lasers Show Promise in Treating Equine Injuries. *Lasers & Applications.* 1986; Dec: 39.
- [14] Basko I: A New Frontier: Laser Therapy. *Calif Veterinarian.* 1983; 10: 17.
- [15] Parrado C et al: Quantitative study of the Morphological Changes in the Thyroid Gland Following IR Laser Radiation. *Lasers in Med Sciences.* 1990; 5: 77.
- [16] Popova M et al: Effect of Helium-neon laser beam in regeneration of irradiated transplanted skeletal muscle. *Bull Exp Biol Med.* 1978; 80: 333. (ryska m eng abstr.)
- [17] Bihari I, Mester A: The biostimulative effect of low level laser therapy of long-standing crural ulcer using Helium Neon laser, Helium Neon plus infrared lasers and non coherent light: Preliminary report of a randomized double blind comparative study. *Laser Therapy.* 1989;1(2):97.
- [18] Kubota J, Ohshiro T: The effects of diode laser low reactive-level laser therapy (LLLT) on flap survival in a rat model. *Laser Therapy.* 1989; 1(3): 127.
- [19] Berki T. et al: Biological Effect of Low-power Helium-Neon (HeNe) Laser Irradiation. *Lasers in Medical Science.* 1988; 3: 35.
- [20] Muldiyarov P. et al: Effect of Monochromatic Helium-Neon Laser Red Light on the Morphology of Zymosan Arthritis in Rats. (Inst. of Rheumatism, Academy of Medical Sciences of the USSR, Mosc). *Biull Eksp Biol Med.* 1983, Jan 95; 1: 55.
- [21] Haina D. et al: Animal Experiments on Light-Induced Woundhealing. *Proc from Laser-81, Opto-Elektronik in München* 1981.
- [22] Karu T: Photobiological Fundamentals of Low Power Laser Therapy. *IEEE Journal of Quantum Electronics.* 1987; QE23(10): 1703.
- [23] Rochkind S et al: A single transcutaneous light irradiation to injured peripheral nerve; comparative study of different wavelengths. *Las. in Med Sci.* 1989; (4):259.
- [24] Shirotto C et al: Effects of diode laser radiation in vitro on activity of human neutrophils. *Laser Therapy.* 1989; 1(3):135. Editore S.p.A., Bologna, Italy
- [25] Pöntinen P: The effect of hair lasers on skin blood flow. *Lasers in Surgery and Medicine Suppl* 7, 1995, p. 9 (abstract)
- [26] Oulamara A. et al: Biological activity measurement on botanical specimen surfaces using a temporal decorrelation effect of laser speckle. *Journal of Modern Optics.* 1989;36(2):165.
- [27] Calderhead G: Meeting report: Ninth congress of the International Society for Laser Surgery and Medicine, Anaheim, California, USA: 2-6 November 1991. *Laser Therapy.* 1992; 4(1): 43.
- [28] Mester E. et al: Auswirkungen direkter Laserbestrahlung auf menschliche Lymphozyten. *Arch Dermatol Res.* 1978; 5: 31
- [29] Mester E. et al: The Biostimulating Effect of Laser Beam. *Proc from Laser - 81, Opto-Elektronik in München* 1981.
- [30] Cherry R: Measurement of Protein Rotational Diffusion in Membranes by Flash Photolysis. *Methods in Enzymology.* 1978; (54): 47.
- [31] Horvath Z et al: Possible ab-initio explanation of laser "biostimulation" effects. *Laser applications in medicine and surgery.* Edited G. Galetti et al: *Proc 3rd World Congr - Intl Soc Low Power Laser Appln in Medicine* 1992. Page 57.
- [32] Spanner D.C: The active transport of water under temperature gradient. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1954;8:76.
- [33] Hort O, Vanpel T: Die Verteilung von Na⁺ und K⁺ unter dem Einfluss von Temperaturgradienten. *Pflügers Arch.* 1971;323:158.
- [34] Karu T. et al: Biostimulation of HeLa Cells by Low-Intensity Visible Light. *Il Nuovo Cimento.* 1982; 1D(6): 828.
- [35] Bossy J. et al: In Vitro Survey of Low Energy Laser Beam Penetration in Compact Bone. *Faculté de Médecine et CHRU de Nîmes, BP 26, 3000 NIMES, France.* (1985).
- [36] Derr V. E. et al: Free radical occurrence in some laser-irradiated biologic materials. *Federal proc.* 1965; 24, No 1, Suppl. 14: 99
- [37] Lubart R. et al: A possible Mechanism of Low Level Laser - Living Cell Interaction. *Laser Therapy.* 1990; 2(2): 65.
- [38] Kudoh Ch. et al: Effects of 830 nm Gallium Aluminium Arsenide Diode Laser Radiation on Rat Saphenous Nerve Sodium-Potassium-Adenosine Triphosphatase Activity: A Possible Pain Attenuation Mechanism Examined. *Laser Therapy.* 1989; 1(2): 63.
- [39] Passarella S et al: Increase of proton electrochemical potential and ATP synthesis in rat liver mitochondria irradiated in vitro by helium-neon laser. *FEBS Letters.* Sept 1984; 175(1): 95.
- [40] Nasu F. et al: Cytochemical Effects of GaAlAs Diode Laser Radiation on Rat Saphenous Artery Calcium Ion Dependent Adenosine Triphosphatase Activity. *Laser Therapy.* 1989; 1(2): 89.
- [41] Karu T, Andreichuck T, Ryabykh T. Suppression of human blood chemiluminescence by diode laser irradiation at wavelengths 660, 820, 880 or 950 nm. *Laser Therapy.* 1993; 5: 103.
- [42] Abergel P. et al: Control of connective tissue metabolism by lasers: Recent developments and future prospects. *Journal of The American Academy of Dermatology.* 1984; 11: 1142.
- [43] Roschkind S. et al: Electrophysiological Effect of HeNe Laser on Normal and Injured Sciatic Nerve in the Rat. *Acta Neurochir. (Wien).* 1986; 83: 125.
- [44] Karu T. et al: Biostimulation of HeLa-cells by low-Intensity Visible Light. *Il Nuovo Cimento.* 1982; Vol 1D, N. 6: 828.
- [45] Kovacs I. et al: Laser-Induced Stimulation of the Vascularization of the Healing Wound. *Separatum EXPERIENTIA.* 1974; 30: 341.
- [46] Lederer H. et al: Influence of Light on Human Immunocompetent Cells In Vitro. *Proc from Laser -81, Opto-Elektronik in München* 1981.
- [47] Pourreau-Schnider N. et al: Helium-Neon Laser Treatment Transforms Fibroblasts into Myofibroblasts. *American Journal of Pathology.* 1990; 137: 171.
- [48] Walker J: Relief from Chronic Pain by Low Power Laser Irradiation. *Neuroscience Letters.* 1983; 43: 339.

- [49] Rochkind S. et al: Systemic Effects of Low-Power Laser Irradiation on the Peripheral and Central Nervous System, Cutaneous Wounds and Burns. *Lasers in Surgery and Medicine*. 1989; 9: 174.
- [50] Honmura A et al: Analgesic Effect of Ga-Al-As Diode Laser Irradiation on Hyperalgesia in Carrageenin-Induced Inflammation. *Lasers in Surg Med*. 1993; 13: 463.
- [51] Velez-Gonzalez M et al: Treatment of relapse in herpes simplex on labial and facial areas and of primary herpes simplex on genital areas and "area pudenda" with low power HeNe-laser or Acyclovir administered orally. *SPIE Proc*. 1995; Vol. 2630-42:
- [52] Guang Hua Wang et al: A study on the analgesic effect of low power HeNe-laser and its mechanism by electrophysiological means. *Lasers in Dentistry*. Excerpta Medica. Elsevier Science Publishers. 1989: p. 277.
- [53] Moore K et al: LLLT treatment of post herpetic neuralgia. *Laser Therapy*. 1988; Pilot issue (1): 7.
- [54] McKibbin L et al: Treatment of post herpetic neuralgia using a 904 nm (infrared) low energy laser: A clinical study. *Laser Therapy*. 1991; 3(1): 35.
- [55] Hong J et al: Clinical trial of low reactive-level laser therapy in 20 patients with postherpetic neuralgia. *Laser Therapy*. 1990; 2(4): 167.
- [56] Hachenberger I: Laserstrahlen bei Herpeskrankungen. *Ärztliche Kosmetologie*. 1981; 11: 142.
- [57] von Ahlften U et al: Erfahrungen bei der Behandlung aphtöser und herpetiformer Mundschleimhauterkrankungen mit einem neuen Infrarotlaser. *Die Quintessenz*. 1987; 5: 927.
- [58] Landthaler M et al: Behandlung von Zoster, postzosterischen Schmerzen und Herpes simplex recidivans in loco mit Laser-Licht. *Fortschr. Med*. 1983; 101(22):1039.
- [59] Kaihøj P: Low Level Lasers Effekt på Følsomme Tandhalse - en klinisk pilottest. *Odont Pract*. 1991; 6(2): 229.
- [60] Wakabayashi H et al: Treatment of dentine hypersensitivity by GaAlAs soft laser irradiation. *J Dent Res*. 1988; 67: 182.
- 50 positiivista kaksoissokkotutkimusta**
- Airaksinen O**, et al: Effects of infra-red laser irradiation at the trigger points. *Scand J of Acu & El Therapy*. 1988; 3: 56-61.
- Armino L** et al: Laser therapy in post-episiotomic neuralgia. *LASER. Journ Eur Med Laser Ass*. 1988; 1(1):7.
- Atsumi K** et al: Biostimulation effect of low-power energy diode laser for pain relief. *Lasers in Surg Med*. 1987; 7: 77.
- Bihari I, Mester A**: The biostimulative effect of low level laser therapy of long-standing crural ulcer using Helium Neon laser, Helium Neon plus infrared lasers and non coherent light: Preliminary report of a randomized double blind comparative study. *Laser Therapy*. 1989; 1(2): 97.
- Carillo J et al**: A randomized double-blind clinical trial on the effectiveness of helium-neon laser in the prevention of pain, swelling and trismus after removal of impacted third molars. *Int Dent Journ*. 1990;40:31.
- Ceccherelli F** et al: Diode laser in cervical myofascial pain. A double blind study versus placebo. *The Clinical J Pain*. 1989; 4: 301-304
- Emmanoulidis O** et al: CW IR low-power laser application significantly accelerates chronic pain relief rehabilitation of professional athletes. A double blind study. *Lasers in Surg Med*. 1986; 6: 173.
- England S** et al: Low power laser therapy of shoulder tendonitis. *Scand J Rheumatology*. 1989; 18: 427.
- Fernando S** et al: A randomized double blind comparative study of low level laser therapy following surgical extraction of lower third molar. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1993; 31(3): 170.
- Goldman J A** et al: Laser therapy of rheumatoid arthritis. *Lasers in Surg Med*. 1980; 1: 93-101.
- Gudmundsen J** et al: Laserbehandling av epicondylitis humeri og rotatorcuffsyndrom. Dobbelt blindstudie - 200 pasienter. (Laser treatment of epicondylitis humeri and rotator cuff syndrome. Double blind study - 200 patients. In Norwegian) *Norsk tidsskrift for idrettsmedisin*. 1987; 2: 6.
- Gärtner C**: Analgesy by low power laser (LPL): a controlled double blind study in ankylosing spondarthritis (SPA). *Lasers in Surg Med*. 1989; Suppl 1:55.
- Haker E**, et al: Is low-energy laser treatment effective in lateral epicondylalgia? *Journal of pain and symptom management*. 1991; 6(4): 241.
- Hopkins G O** et al: Double blind cross over study of laser versus placebo in the treatment of tennis elbow. *Proc Internat Congr in laser, "Laser Bologna"*. 1985; p 210. Monduzzi Editore S.p.A., Bologna.
- Kamikawa K** et al: Double blind experiences with mid-Lasers in Japan. 1985. *Int congr on lasers in med and surg, Bologna June 1985*, 165-169. Moduzzi Editore S.p.A., Bologna.
- Kemmotsu M D** et al: LLLT for pain attenuation - the current experience in the pain clinic. *Progress in Laser Therapy*. 1991: 197-200. John Wiley & Sons, Chichester, Engl. ISBN 0-471-93154-3.
- Khullar S** et al: Low level laser treatment improves longstanding sensory aberrations in the inferior alveolar nerve following surgical trauma. *SPIE Proc*. 1995; Vol. 2630-21.
- Kreczi T** et al. A comparison of laser acupuncture versus placebo in radicular and pseudoradicular pain syndromes as recorded by subjective responses of patients.. *Acupunct Electrotherap Res*. 1986; 11: 207-216.
- Lonauer G**: Controlled double blind study on the efficacy of He-Ne-laser beams versus He-Ne- plus Infrared-laser beams in the therapy of activated osteoarthritis of finger joints. *Lasers Surg Med* 1986; 6:172.
- Longo L** et al: Treatment with 904 nm and 10600 nm laser of acute lumbago - double blind control. *LASER. Journ Eur Med Laser Ass*. 1988; 1(3):16.
- Lögdberg-Andersson M**, et al: Low level laser treatment of tendonitis and myofascial pain - a randomized, double-blind, controlled study. Submitted for publication.
- Mach E S** et al: Helium-Neon (Red Light) Therapy of Arthritis. *Rheumatologia*, 1983; 3: 36.
- Mester A**: Biostimulative effect in wound healing by conti-nuous wave 820 nm laser diode double-blind randomized crossover study. *Lasers in med science abstract issue July 1988*.
- Mokhtar B** et al: A double blind placebo controlled investigation of the hypoalgesic effects of low intensity laser irradiation of the cervical roots using experimental ischaemic pain. *ILTA Congress, London 1992*, abstracts p 61
- Mokhtar B** et al: The possible significance of pulse repetition rate in lasermediated analgesia: A double blind placebo controlled investigation using experimental ischaemic pain. *Proc. Second Meeting of the International Laser Therapy Association, London Sept 1992*.
- Moore K** et al: LLLT treatment of post herpetic neuralgia. *Laser Therapy*. 1988; 1: 7.

- Moore K** et al: The effect of infra-red diode laser irradiation on the duration and severity of postoperative pain. A double-blind trial. *Laser Therapy*. 1992; 4: 145.
- Mousques T**: Etude en double aveugle des effets du traitement unilatéral au laser hélium-néon lors de chirurgies parodontales bilatérales simultanées. *Quest Odontostomatol*. 1986; 11: 245.
- Mousques T**: Etude en double aveugle des effets du hélium-néon en chirurgie parodontale. *L.Q.O.S.* 1986; 11: 223. Nivbrant Bo, et al: Therapeutic laser treatment in gonarthrosis. *Acta Orthop Scand*. 1989; 60: 231.
- Oyamada Y** et al: A double blind study of low power He-Ne laser therapy in rheumatoid arthritis. *Optoelectronics in Medicine*. 1987; p 747-750. Springer Verlag, Berlin.
- Palmgren N** et al: Low-power laser therapy in rheumatoid arthritis. *Lasers in Med Science*. 1989; 4: 193. Palmgren N et al: Low Level Laser Therapy of infected abdominal wounds after surgery. *Lasers in Surgery and Medicine*. 1991; Suppl 3:11.
- Palmieri B**: A double blind stratified cross over study of amateur tennis players suffering from tennis elbow using infrared laser therapy. *Medical Laser Report*. 1984; 1: 2-14
- Pedrola M** et al: Acute cervical pain relieved with gallium arsenuro (GaAs) laser irradiation. A double blind study. *Lasers in Surg Med* 1995, suppl 7, p 10.
- Roumeliotis D** et al: 820nm 15mW 4J/cm², laser diode application in sports injunes. A double blind study. Abstracts, Fifth Annual Congress, 28-30 January 1987. British Medical Laser Association.
- Scudds R A** et al: A double-blind crossover study of the effectiveness of low-power gallium arsenide laser on the symptoms of fibrositis. *Physiotherapy Canada*. 1989; 41: (suppl 3) 2.
- Snyder-Mackler L** et al: Effect of Helium-Neon Laser on Musculoskeletal Triggerpoints. *Physical Therapy*. 1986; 66: 1087.
- Snyder-Meckler L** et al: Effect of helium-neon laser irradiation on peripheral sensory nerve latency. *Physical Therapy*. 1988; 2: 223.
- Snyder-Meckler L** et al: Effect of helium-neon laser irradiation on skin resistance and pain in patients with trigger points in the neck or back. *Physical Therapy*. 1989; 69(5): 336.
- Soto M, Moller J J**. La laserterapia como coadyuvante en el tratamiento de la A.R. (Artritis Reumatoidea). *Bol. C.D.L.* 1987; 14: 4.
- Taghawinejag M** et al: Laser Therapie in der Behandlung kleiner Gelenke bei chronischer Poly-arthritis. *Z Phys Med Baln Med Klin*. 1985; 14.
- Taguchi T** et al: Thermographic changes following laser irradiation for pain. *J Clinical Laser Med Surg*. 1991; 2(9): 143.
- Toya S** et al: Report on a computer-randomized double blind clinical trial to determine the effectiveness of the GaAlAs (830 nm) diode laser for pain attenuation in selected pain. *Laser Therapy* 1994;6:143.
- Tsurko V V** et al: Laser therapy of rheumatoid arthritis. A clinical and morphological study. *Terap Arkh*. 1983; 97. (Russian).
- Velez-Gonzalez M** et al: Treatment of relapse in herpes simplex on labial and facial areas and of primary herpes simplex on genital areas and "area pudenda" with low power HeNe-laser or Acyclovir administered orally. *SPIE Proc*. 1995; Vol. 2630-42.
- Vasseljen O**, et al: Low level laser versus placebo in the treatment of tennis elbow. *Scand J Rehab Med*. 1992; 24: 37.
- Walker J**: Relief from Chronic Pain by Low Power Laser Irradiation. *Neuroscience Letters*. 1983; 43: 339.
- Walker J**: Temporary suppression of clonus in humans by brief photostimulation. *Brain Research*. 1985; 340: 109.
- Walsh D** et al: The effect of low intensity laser irradiation upon conduction and skin temperature in the superficial radial nerve. Double blind placebo controlled investigation using experimental ischaemic pain. *Proc. Second Meeting of the Internat Laser Therapy Association, London Sept. 1992.*
- Willner R** et al: Low power infrared laser biostimulation of chronic osteoarthritis in hand. *Lasers in Surg Med*. 1985; 5: 149.
- Esimerkkejä laserterapiaa käsittelevistä kirjoista**
1. Kert & Rose (1989): *Klinisk laserbehandling*. ISBN 87-983204-0-8 Scandinavian Medical Laser Technology.
 2. Ohshiro T (1990): *Low Level Laser Therapy: A Practical Introduction*. ISBN 0-471-91956-X. John Wiley & Sons, Chichester, England.
 3. Pöntinen (1991): *LÅGEFFEKTSLASERN som medicinsk vårdform*. ISBN 91-7736-267-4. Informationsförlaget. Även översatt till engelska.
 4. Ohshiro T (1991): *Low Reactive-Level Laser Therapy: Practical Application*. ISBN 0-471-92845-3. John Wiley & Sons, Chichester, England.
 5. Ohshiro T, Calderhead R. G. (1991): *Progress in Laser Therapy. Selected Papers from the October 1990 ILTA Congress*. ISBN 0-471-93154-3. John Wiley & Sons, Chichester, England.
 6. Galletti G. (1992): *Laser Applications in Medicine and Surgery*. Monduzzi Editore S.p.A, via Ferrarese 119/2, IT-40128 Bologna, Italy.
 7. Baxter, G.D. (1994): *Therapeutic Lasers. Theory and practice*. Churchill Livingstone, England. ISBN 0-443-04393-0
 8. Hajder D. (1994) *Acupuncture and Lasers*. 2nd ed. DaDa, Sredacka 11, Belgrad, Yugoslavia. ISBN 86-81979-17-6.
 9. Tunér J, Hode L. (1995): *Lågeffektlaser i odontologin*. SLMS, Box 1031, 181 21 Lidingö. ISBN 91-971969-1-6.
 10. Tunér J, Hode L. (1996): *Laser Therapy in Dentistry and Medicine*. Prima Books AB, Spjutvägen 11, 772 32 Grängesberg. ISBN 91-630-4078-6. SLMS

www.laser.nu/slms (ruotsinkielinen kotisivu)

www.laser.nu (englanninkielinen kotisivu)

www.laser.nu/tlc (tinnitus kotisivu)

slms@laser.nu

All rights reserved (c) SLMS Svenska Laser-medicinska Sällskapet

Katso myös: www.flms.nu (Suomen laseryhdistyksen kotisivu)