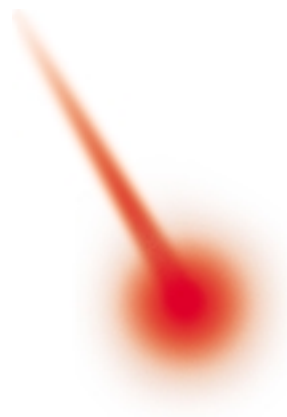


Laser som läker

av

Lars Hode



Utgiven av
Svenska Laser-Medicinska Sällskapet

Laser som läker

Avsikten med denna lilla skrift är att sammanfatta de erfarenheter vi har inom Svenska Laser-Medicinska Sällskapet (SLMS) i fråga om behandling av sjukdomstillstånd med lågeffektlaser samt att redovisa den litteratur vi anser vara mest väsentlig.

Kapitel 1 vänder sig till patienten. Vi har försökt att skriva så sakligt och enkelt som möjligt i förhoppning att alla ska finna det intressant och läsvärt.

Kapitel 2 vänder sig till dem som kan lite mer om laser. Vi har här gått in djupare i ämnet medicinsk laser och dess kliniska användning.

Kapitel 3 vänder sig till specialisterna och tar upp väsentligt mer om de biologiska verkningsmekanismerna vid laserbehandling. I slutet finns dels en lista på 60 referenser, vilka hänvisas till i texten, dels en förteckning över 50 dubbel-blinda studier samt 10 utvalda bokreferenser i ämnet. Det är min förhoppning att med denna information kunna bidra till att behandling med lågeffektlaser kommer till större användning.

Lars Hode, fysiker, Ordf. i SLMS

Innehåll:

Kapitel 1

Lasern - 1900-talets Aladdins lampa?
Vad är medicinsk laser?
Vad behandlas med lågeffektlaser?
Hur stor är chansen att bli bra?
Hur behandlar man?
Gör det ont?
Hur ofta och hur många gånger?
Finns det några risker?
Kan man äta mediciner?
Vad kostar det?

6. Behandlingsmetodik
7. Laserakupunktur
8. Behandlingsintervall
Risker och biverkningar
Cancer
Indikationer från A till Ö.
Kontroversiella indikationer
Veterinärbruk
Kontra indikationer
Forskning i Sverige

Kapitel 2

Lasern - mer utförligt
Exempel på medicinskt användbara lasrar
Koherens
Laserljusets egenskaper
Några synpunkter på laserinstrumenten
Biostimulering
Olika parametrar
1. Behandlingsdos
2. Uteffekt
3. Effekttäthet
4. Pulsfrekvens
5. Inträngningsdjup, verkansdjup

Kapitel 3

Experiment 1
Experiment 2
En möjlig förklaring
En annan möjlig förklaring
Experiment 3
Olika mekanismer
Cellmembranet
Sammanfattning

Referenser

50 positiva dubbelblinda studier
Exempel på böcker som behandlar laserterapi

Kapitel 1.

Lasern: 1900-talets Aladdins lampa?

Året var 1966. Dr Endre Mester, professor i kirurgi vid Semmelweissjukhuset i Budapest, hade fått hem ett nytt och spännande verktyg: en rubinlaser! Han hade fått pengar för att undersöka om ljus från en laser skulle kunna användas för att bekämpa cancer. Därför gjorde han en serie experiment, först på cellkulturer, sedan råttor, för att förvissa sig om att laserljuset - detta nya och okända slags ljus - inte gav upphov till något farligt eller oväntat. Han rakade bort håret på ett område på ryggen hos ett antal råttor och gav sedan olika doser laserljus på halva det rakade området. Andra halvan lämnades obehandlade som referens. Vid små ljusdosor hände inget. Vid större doser växte håret tillbaka snabbare på den laserbehandlade halvan - laserljuset hade en stimulerande effekt!



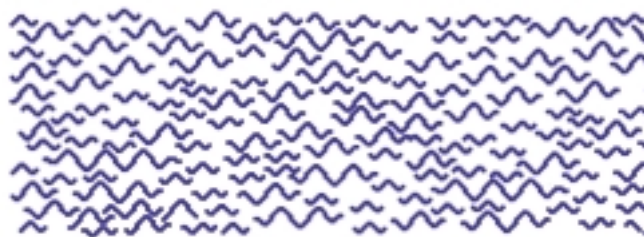
Dr Endre Mester, med sina 2 söner

Vid ännu större doser försvann effekten och vid ytterligare större doser blev resultatet det motsatta: håret växte tillbaka fortare på den obehandlade halvan - man hade fått en hämmande effekt.

Hans forskningsgrupp gjorde flera försök. Kirurgiskt gjordes två sår - ett på vardera sidan - hos en grupp nya råttor. Det ena av sårerna belystes med laserljus medan det obehandlade såret fanns som jämförelse. Även här visade det sig att vissa doser laserljus kunde stimulera sårhäkning medan avsevärt högre laserljusdosor i stället visade sig hämma läkningen. Resultaten av dessa undersökningar publicerades 1967. I dag - 30 år senare - har nästan 2.000 olika undersökningar från mer än 80 länder om laserterapi av människa och djur publicerats i den medicinska litteraturen.

Ljus och ljud

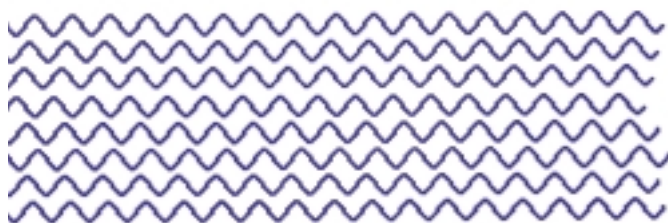
Ljus är en form av energi som uppstår i materia och består av vågor. Ljus kan ha lång eller kort våglängd. En ljuskälla avger i regel ljus med många olika våglängder - man säger att den har ett spektrum av ljus. Vissa lampor avger speciellt mycket ljus av en viss färg, t.ex. vägbelysningar, neonljus, lysdioder. Vitt ljus är en blandning av flera olika färger. Men även ljud är vågor som



kan ha olika våglängd. Höga toner (diskant) har kort våglängd medan låga toner (bas) har lång våglängd. De flesta naturliga ljudkällor avger många olika våglängder samtidigt, t.ex. vindbrus, sorl av vatten, åska, vågskvalp. Men det finns ljudkällor som avger ljud av i stort sett bara en våglängd, t.ex. en vissling.

Vad är egentligen en laser?

En laser är en ljuskälla som avger ytterst rent ljus. Med rent ljus menar man ljus som har en enda våglängd och inte ett helt spektrum. Detta kan jämföras med att ljudet från en flöjt är "renare" än ljudet från t. ex. en burk med stenar som skakas - flöjten avger ljud med en viss bestämd ton (våglängd). Precis som flöjten, avger en laser dessutom långa sammanhängande vågor. Ljuset från en laser är mycket väl-ordnat, välorganiserat, medan ljus från andra lampor är helt oorganiserat. Detta



kallas på fackspråk att laserljuset är koherent. (se Koherens)

Det rena koherenta ljudet från en flöjt kan påverka både oss och materia på ett annat sätt än trafikbullrets orena ljud. En ren ton av rätt frekvens kan

få ett kristallglas i självsvängning (i resonans) och kan till och med få glas att gå i bitar. På motsvarande sätt kan koherent ljus påverka våra celler på annat sätt än inkoherent ljus. Det finns hundratals olika sorters lasrar. De kan göras starka eller svaga. De flesta är svaga. Ljuset kan ha vilken färg som helst eller vara osynligt. Strålen kan göras smal och parallell eller spridd.

Vad är medicinsk laser



Rubinlaser 70 kg

Lasrar inom medicinen är av många olika slag men de kan indelas i två huvudgrupper:

1. Starka lasrar som kan användas för att skära, koagulera eller bränna bort vävnad. Dessa lasrar kallas ofta för kirurgiska lasrar eftersom de kan ersätta kirurgens skalpell. Endast läkare eller veterinärer får använda dessa.

2. Svaga lasrar som kan användas för att stimulera cellfunktioner. Dessa kallas ofta för biostimulerande lasrar eller lågeffekts-lasrar. Deras biologiska verkan bygger inte på stark värmeutveckling som kirurg-lasrarna utan på att laserns rena ljus ger upphov till fotokemiska reaktioner i cellerna. Solljus eller lampljus ger inte upphov till samma typ av reaktioner.

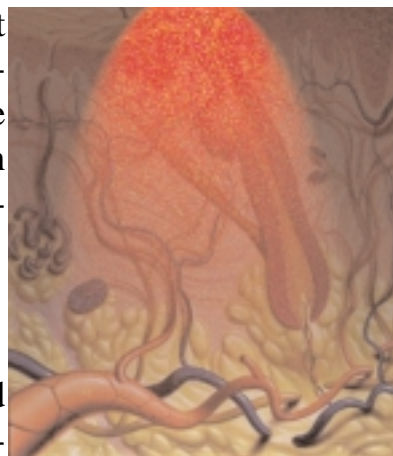


Typisk MID-laser (3 kg) med prober

Hur fungerar laserterapi?

Här är man inne på mycket komplicerade processer i celler och vävnad. Men kortfattat kan man säga att laserbehandling påverkar det lokala immunförsvaret, cirkulation i blod och lymfkärl, ämnesomsättningen i cellerna och utsöndring av olika

ämnen, t.ex. endorfiner och prostaglandiner som bland annat påverkar smärttillstånd. Det är inte alltid så att en stimulerande effekt erhålles. Lasern kan ge både en normaliserande effekt och hämmande effekter. Laserbehandling kan, om den görs på rätt sätt, sätt igång läkningsprocesser och innebär därför främst en hjälp till självhjälp.



Vad behandlas med lågeffektlaser?

Olika lasertyper påverkar vävnad och celler på olika sätt. Vad som kan behandlas beror därför på vilken eller vilka lasertyper en terapeut har tillgång till. (Se lasertyp och våglängd.)

Hur stor är chansen att bli bra?

Alla reagerar inte lika på laserbehandling. Man märker i regel en reaktion inom fem behandlingstillfällen. Vissa reagerar starkt och nästan omgående, andra behöver fler behandlingar. Ca en av tio reagerar inte alls eller så lite att man måste konstatera att laserbehandling inte är rätt metod för den personen. Exempel på typiska "laserproblem" är: herpes, bältros, ansiktsförlamning, nervinflammation, venösa bensår, liggsår, hand och fotvårtor (spec. hos barn), känsliga tandhalsar, problem i rygg, nacke, axlar och knän, vissa reumatiska problem och idrottsskador.

Vid behandling av sådana problem där man vet att lågeffektlaser ger god effekt, räknar man med att ca 75-90% blir helt bra eller mycket bättre förutsatt att rätt laser används och att terapeuten har goda kunskaper. Exempel på problem som går att behandla men där chansen att bli bra uppgår till omkring 50% är: hormonellt betingat håravfall, psoriasis, hand och fotvårtor hos vuxna, ischias, reumatisk värk, ärr, rynkor, "frozen shoulder". Exempel på problem som man bara lyckas med ibland (chansen att bli bra är mindre än 15%) är: pigmentfläckar, hemangiom (Gorbatjov-märken), alopecia areata (fläckvis håravfall), tidiga diskbrock.

Hur behandlar man?

Hos de flesta instrument i dag kommer laserljuset ut från en så kallad prob eller handstycke (liknar en penna). Behandlingen tillgår så att terapeuten sätter igång lasern och håller änden av proben lätt tryckt mot det ställe som ska behandlas. Vid behandling av öppna sår, herpesutslag etc håller man gärna proben på lite avstånd. Beroende på hur djupt in problemet sitter och på hur stor yta man behandlar så tar en behandling allt från någon minut till en halvtimme.



Vävnadstillståndets betydelse

Klinisk och experimentell erfarenhet visar att laserbehandling har störst effekt på vävnader/organ som uppvisar ett allmänt försämrat tillstånd, t.ex. hos patienter som besväras av någon funktionsstörning eller skada i en vävnad. Ett sår hos en ung frisk person läker ungefär lika fort med som utan laserbehandling, men ett svårläkt

bensår hos en person med dålig blodcirkulation och kanske med nedsatt immunförsvar kan fås att läka mycket snabbare efter laserbehandling.

Gör det ont?

Nej inte alls, snarare brukar det vara behagligt. Laserbehandling är avslappnande och en del kan till och med somna. Däremot kan det hända att en smärta kan öka eller uppträda 6 - 24 timmar efter en behandling. Detta beror på att laserljuset sätter igång läkningsprocesser. Speciellt vid problem av kronisk natur kan denna igångsättningsvärta uppträda. Den brukar gå över efter någon dag men kan i enstaka fall vara längre.

Hur ofta och hur många gånger?

Man brukar behandla tätare i början (i regel varannan - var 7:e dag) och sedan med längre intervall när läkningen kommer igång. Det kan behövas 5-10 behandlingar beroende på patientens mottaglighet, på typen av problem och på hur länge problemet funnits. Kroniska problem kräver i regel fler behandlingar än akuta.

Finns det några risker?



Lågeffektlasrar använd av utbildad personal är helt ofarliga. Skyddsglasögon behövs i regel inte. Behandling med lågeffektlasrar kan inte förorsaka eller förvärra cancer (se Cancer). Laserljuset kan inte heller skada foster eller vitala organ i kroppen. Det gör heller inget om man har metall, pacemaker eller konstgjort material inopererat. Men det är

viktigt att man vid skada eller sjukdomstillstånd först går till läkare och får en diagnos så att man vet vad som skall behandlas.

Kan man äta mediciner?

Ja. Hittills har inga mediciner visat sig vara negativa att kombinera med laserbehandling. Laser kan t.o.m. göra viss medicin mer effektiv!

Bör man iaktta något efter behandlingen?

Laserljuset kan ibland ge en direkt smärtlindring. Tänk på att en smärta som kommer från en skada har till uppgift att hindra överbelastning. Då kan laserns smärtlindrande effekt ibland leda till att man inte känner att man överbelastar senan, muskeln eller leden, med en försämring som följd. Det är därför mycket viktigt att inte belasta det skadade området innan terapeuten ger klartecken.

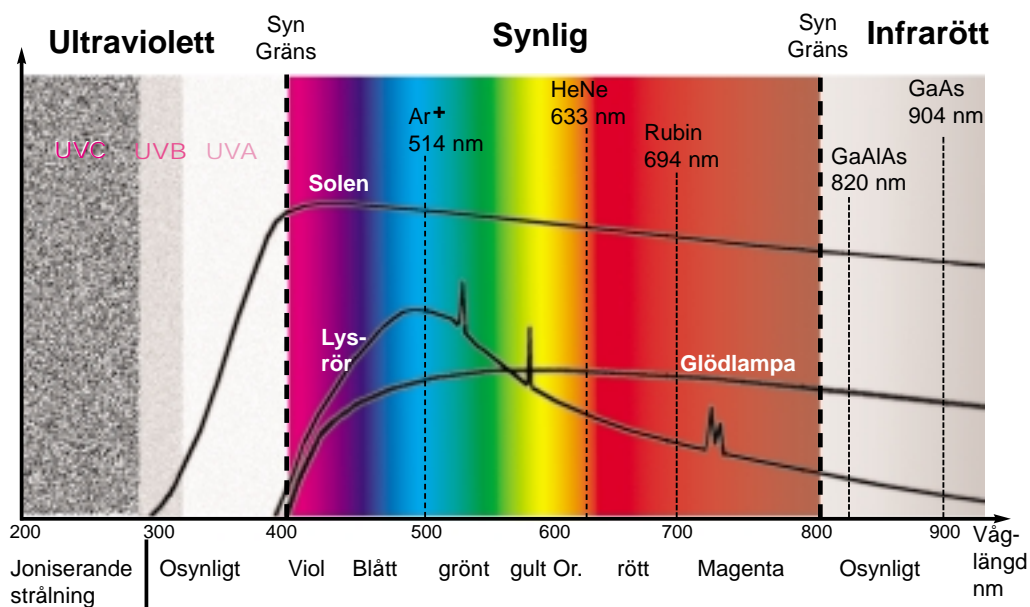
Vad kostar det?

En behandling kostar i regel mellan 50 och 500 kr beroende på den tid den tar i anspråk. Första behandlingen kostar ofta mer eftersom inskrivning, information och undersökning tar extra tid.

Kapitel 2. (För er som vill veta mer)

Den elektromagnetiska strålningen

Den energi vi får från solen kallas elektromagnetisk strålning och uppträder som vågor. Exempel på elektromagnetisk strålning med lång våglängd är radiovågor (meter till kilometer) och mikro-
vågor (millimeter till decimeter). Kortare våglängd har värmestrålningen. Den kallas ofta infra-
röd strålning (förkortat IR) och har våglängder som ligger mellan 800 nanometer och 1 millime-
ter. Synligt ljus har våglängder mellan 400 och 800 nanometer (förkortas nm). Rött ljus har lång
våglängd, 600-800 nm, orange 580-600 nm, gult 540-580 nm och grönt 500-540 nm, kortare,
blått 430-500 nm och violett 400-430 nm, ännu kortare. Om ljuset har längre våglängd än rött
ljus, kallas det som sagt infrarött (betyder utanför rött) och är då osynligt. Om våglängden är kor-
tare än hos violett ljus, kallas strålningen ultraviolet (förkortat UV) och är osynlig.



Ultraviolet strålning med våglängd mellan 320 och 400 nm kallas UVA-strålning och kan i stora mängder göra att huden åldras tidigt. Den finns i solen och i solarier. UVB-strålningen är mer aggressiv och har våglängder i intervallet 290-320. Den kan, speciellt om man utsätts för högre doser, förorsaka cancer, bland annat den farliga typen malignt melanom. Den finns i solstrålningen men får i solarier endast finnas i mycket liten mängd. UVC-strålning (kortare våglängder än 290 nm) finns inte i solljuset vid markytan men fanns t.ex. i de, nu sedan 30 år, förbjudna kvartslamporna. Men det finns också elektromagnetisk strålning med ännu kortare våglängder, nämligen röntgen och gammastrålning. De är farliga och är omgärdade av restriktioner.

Allmän strålningsrisk

Här får man skilja mellan de speciella förhållanden som gäller för ögon (se Risker och biverkningar) och risken för celler och vävnad i övrigt. Huruvida strålning eller ljus från en källa - solen, en lampa, en laser eller något annat - kan vara farlig för våra celler beror på två saker: dels strålningens intensitet, dels den utsända strålningens våglängd. Det är generellt så att ju kortare våglängden är, desto farligare är strålningen. Innehåller strålningen kortare våglängder än 320 nm, så är den farlig (det är mycket en fråga om dos), annars inte. Strålning med kortare våglängd än 320 nm är vad man kallar joniserande och därmed cancerframkallande (carcinogen).

Observera: Huruvida strålningen kommer från en "naturlig" eller konstgjord källa saknar helt

betydelse. Avgörande är bara dess våglängd och intensitet (styrka) och hur stor dos man utsätter sig för (dos = intensitet × exponeringstid). Terapilasar avger ljus med långa och ofarliga våglängder (över 600 nm) och av styrkor som inte kan ge upphov till vävnadsskada.

Olika ljuskällor

Olika ljuskällor har olika spektrum (våglängdsfördelning hos ljuset). De flesta har mycket brett spektrum men det finns många som är smalbandiga, t.ex. neonljus och natriumlampor (= de gula vägbelysningarna). En laser är extremt smalbandig och avger alltså ljus med endast en våglängd. En ljuskälla som bör nämnas här är lysdioden. En lysdiod är en liten billig halvledarlampa som ofta används som indikatorlampa i bandspelare och radioapparater. Den mest typiska lysdioden ger rött ljus med våglängder runt 660 nm, men det finns även de som kan ge gult eller grönt ljus. På senare tid även i trafikljus. Flera hundra lysdioder - gröna, gula respektive röda - är då tätt monterade i en rund platta med ca 15 cm diameter. En lysdiod avger enfärgat men inte koherent ljus. I fjärrkontroller för TV används lysdioder med strålning i det infraröda (950 nm, osynligt).

Lasern fysiskt

Lasern är den senaste och mest avancerade av våra ljuskällor. Den första fungerande lasern, en rubinlaser, demonstrerades av Theodor Maiman på en presskonferens i Los Angeles den 7:e juli 1960. Ordet LASER är en akronym från meningen Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, vilket i översättning blir "ljusförstärkning genom stimulerad utsändning av strålning". En laser är alltså en typ av ljusförstärkare. Lasrar ges ofta namn från något av de ämnen som ingår i det ljusförstärkande mediet. Exempel på medicinskt användbara lasrar Lasrar inom medicinen kan grovt indelas i två grupper. I tabellen på nedan har de vanligaste lasrarna inom medicinen och deras våglängd eller våglängder angivits. Om fler än en våglängd angivits i tabellen kan man vid tillverkningen välja våglängd.

Starka lasrar:

	Våglängd	Användning
Rubin	694 nm	Borttagning av hår, vissa tatueringar
Alexandrit	755 nm	Borttagning av hår, vissa tatueringar
Nd:YAG	1064 nm	Koagulering av vävnad
Ho:YAG	2130 nm	Kirurgi, rotkanalsterilisering
Er:YAG	2940 nm	Kirurgi, tandborr, rynkor, acneärr
KTP 532	532 nm	Ytliga blodkärl, vissa tatueringar
Färgämneslaser	500-800 nm	PDT, ytliga kärl, njursten
Argon	514 nm	Dermatologi, ögonkirurgi
CO ₂	10 600 nm	Dermatologi, gynekologi, kirurgi
Excimer	193, 248, 308 nm	Synkorrektion, kranskärlsoper.

Lågeffektlasar

		Behandling av (problem i):
GaAs	904 nm	Rygg, nacke, axlar, knän
GaAlAs	820 nm	Senor, bensår, tinnitus
GaAlInP	635 nm	Hud och slemhinnor
HeNe	633 nm	Hud och slemhinnor
CO ₂ -lasern	10 600 nm	Rygg, nacke, axlar, knän

Lasrar kan vara pulsade eller kontinuerliga. Mer om lågeffektlasrarnas finns på sid 10. Laserljusets egenskaper Laserljus har fyra karaktäristiska egenskaper. Det som främst skiljer det från "vanligt" ljus är:

- (1) dess mycket smala bandbredd och
- (2) dess stora koherens (se nästa sida)

Dessa två egenskaper är de mest lasertypiska och finns alltid hos laserljuset. Det är också de som är viktigast i laserterapi men saknar betydelse vid användningen av laser som kirurgiskt instrument. De övriga två egenskaperna:

- (3) parallella strålnippen och
- (4) hög intensitet kan i regel lätt åstadkommas i en laser genom lämplig geometrisk utformning av lasermedium och resonanskavititet.

Men observera: laserljus behöver inte alls vara parallellt eller starkt. I kirurgiska instrument är det dock främst dessa två sistnämnda egenskaper man använder sig av och det är också just de två egenskaperna som gör att laserljus kan vara farligt för ögonen (se ögonskaderisk).

Koherens

När en matt yta belyses med synligt laserljus ser man en sorts grynighet i ljuset. Denna grynighet kallas laserspeckler (se även sid 23) och uppstår genom interferens mellan olika ljusstrålar. Om ljuset är koherent kan nämligen ljusvågor adderas på samma sätt som när vattenvågor möts eller som när man i ett badrum provar olika toner och finner en som låter extra stark.



Den extra styrkan uppstår genom interferens: toner som reflekteras av väggarna adderas när de möts och vi har då fått vad som kallas resonans.

Med koherens menas ordning. Ordning i det här fallet innebär att ljusvågorna hänger samman i långa vågtåg. Längden på dessa vågtåg, koherenslängden, kan variera från ljuskälla till ljuskälla. En vanlig glödlampa har mycket liten koherenslängd - tusendels millimeter. En laser kan ha mycket stor koherenslängd - centimeter till meter. Beträffande koherensens betydelse vid laserterapi - se (kap3).

Några synpunkter på laserinstrumenten.

Resultaten blir inte bättre än det instrument du har! På den tekniska sidan har en stor utveckling ägt rum de senaste fem åren. Man har helt frångått laserkanoner och sveplasar (det finns ingen som tillverkar sådana sedan flera år tillbaka) till stor del därför att man har haft dålig doskontroll med dessa och stor förlust av laserljus genom reflektion mot huden. Med handprober som hålls i hudkontakt får man in betydligt större andel av ljuset och når mycket djupare (se inträngningsdjup). Likaså har uteffekterna ökat avsevärt. Instrumenten har blivit mindre och billigare och bättre utformade. Nya lasertyper har tillkommit som gör behandlingen effektivare. Dessutom vet vi i dag mycket mer om vad som kan behandlas och hur man skall behandla för att få bästa möjliga effekt. Det förekommer behandlingsinstrument med endast lysdioder som ljuskälla, ofta i prisläge 25.000-50.000 kronor. I jämförelser som gjorts mellan ljus från lasrar och lysdioder med lika parametrar i övrigt har lasern alltid givit bättre effekt (se Kap3). Exempel på lysdiodinstrument är Biolight och Pretor. Många som tidigare har provat laserbehandling har blivit besvikna helt enkelt för att instrumentet, kanske i kombination med dosval och andra parametrar, inte varit så bra. Men liksom medicinerna ständigt utvecklas så gör lasarna det också.

Biostimulering

De medicinska effekterna av laserljus som Endre Mester och många efter honom observerat brukar ofta kallas för biostimulerande effekter. För att få goda effekter krävs emellertid tre saker: God kunskap hos terapeuten, ett bra laserinstrument av rätt laservåglängd och en korrekt diagnos. Det är tyvärr alltför vanligt med terapeuter som inte bara saknar medicinsk kunskap, utan ofta inte ens vet vad de har för lasertyp, vad som menas med våglängd, uteffekt eller vad behandlingsdos innebär.

Olika parametrar

Vid behandling med en lågeffektlaser gäller att välja behandlingsparametrarna någorlunda rätt. Exempel på sådana parametrar är: laservåglängd, dosstorlek, behandlingstäthet, effekttäthet, pulsfrekvens och behandlingsmetodik. Dessa begrepp förklaras närmare under rubrikerna nedan.

1. Lasertyp och våglängd

De lasrar som är mest aktuella vid laserterapi är:

Indium-lasern (rött ljus).

Denna benämning får täcka två olika lasrar, dels Helium-Neon-lasern, förkortat *HeNe*, dels Gallium-Aluminium-Indium-Fosfid-lasern, förkortat *GaAlInP*. De avger rött synligt ljus i våglängdsintervallet **633-635 nm** och har sin bästa effekt på problem i hud och slemhinnor, bl.a. herpes, bältros, ansiktsförlamning, inflammation i trigeminusnerven, venösa bensår eller liggsår, känsliga tandhalsar, hand- och fotvårtor (speciellt hos barn).

Aluminium-lasern (osynligt).

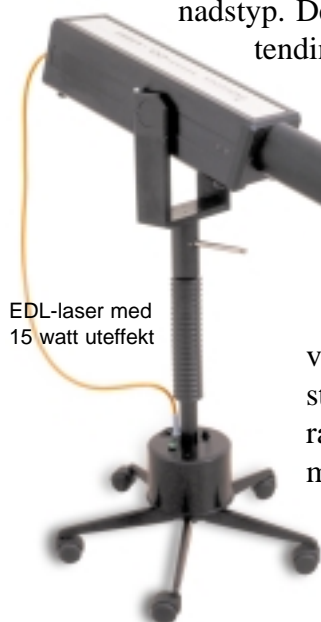
Dess fullständiga namn är Gallium-Aluminium-Arsenid, förkortat *GaAlAs*. Våglängden ligger mellan **805 och 830 nm**. Denna laser arbetar oftast kontinuerligt men kan pulsas och har ett inträngningsdjup på 2-3 cm. Den är bäst på senor men är även bra på bensår, herpes, bältros och i dental användning.

Gallium-lasern (osynligt).

Den heter fullständigt Gallium-Arsenid-lasern, som förkortas *GaAs*. Denna laser avger infraröd strålning av våglängden **904 nm**. Den arbetar alltid pulsat med extremt korta pulser (superpulsad 100-200 ns) av hög intensitet (10-50 W toppeffekt), ungefär som en blixtlampa. Djupgåendet blir härigenom betydligt större än för en laser med samma våglängd som ej är superpulsad. Mätningar visar att inträngningsdjupet är så stort som 3 till 5 cm beroende på arbetssätt och vävnadstyp. Denna laser är den bästa för djupa problem i rygg, nacke, axlar och knän, tendinit, artros och myofasciella smärtor.

Koldioxid-lasern (osynligt).

Koldioxidlasern förkortas CO₂-laser. Dessa lasrar var förr mycket stora, men i dag finns det små bärbara instrument, till och med batteridrivna, som ger upp till 15 watt. Vid behandling med en CO₂-laser känner man - i motsats till de andra lasertyperna - en tydlig, i vissa fall ganska kraftig värme. Genom att våglängden är så stor - 10 600 nm - är inträngningen inte större än ca 0,5 mm (oavsett vävnadstyp). Trots detta har man kunnat notera behandlingseffekter på flera centimeters djup. Detta är svårt att förklara men man tror att det beror på att det bildas transmittorsubstanser i de celler där absorptionen sker och att dessa ämnen sedan sprids till och påverkar djupare liggande vävnad. I biostimulering kan CO₂-lasern användas både på ytliga och djupa problem. Se rymkor.



2. Behandlingsdos

Dosen är en viktig parameter. Dos mäts i joule och innebär att en viss energimängd tillförs per kvadratcentimeter (J/cm^2). Dosen är lika med behandlingstid x laserstyrka per cm^2 . Olika laser-våglängder kräver att olika doser ges, olika tillstånd likaså. Rekommenderade doser är:

Lasertyp	Behandling	Dosområde
Indium-laser:	genom överliggande hud:	0,1 - 1 J/cm^2
	på slemhinnor:	0,01 - 0,2 J/cm^2
Aluminium-laser:	genom överliggande hud:	0,1 - 1 J/cm^2
	på slemhinnor:	0,01 - 0,2 J/cm^2
Gallium-laser:	genom överliggande hud:	0,01 - 0,1 J/cm^2
Koldioxid-laser:	mot hud:	1 - 100 J/cm^2
	över öppna sår:	0,1 - 5 J/cm^2

Vid doser som väsentligt (5 till 10 gånger) överstiger de högsta ovannämnda värdena får man svagare biologiska effekter (t.ex. vid sårhäkning och inflammationer) och vid ännu högre doser kommer man in i det biosuppressiva området och kan då få hämmande effekter. Att dosbehovet är lägre vid behandling av slemhinnor beror på att man i slemhinnor får mindre förluster genom absorption och spridning än i hudens hornlager vid behandling av hud eller genom hud.

3. Uteffekt - styrka

Styrkan - eller mer korrekt: uteffekten - hos en laser har främst betydelse för hur lång behandlingstiden blir. En viss bestämd dos uppnås snabbare med en stark laser än en svag. Uteffekten är inte avgörande för att få ett bra resultat, men med en stark laser får man ofta också en högre effekttäthet (se nedan) vilket ibland är gynnsamt.

4. Effekttäthet

Med effekttäthet menas ljuseffekt per ytenhet och mäts i W/cm^2 . Här skiljer sig olika lasrar från varandra, olika instrument har olika effekttäthet. Hög effekttäthet innebär hög ljuskoncentration och det får man t.ex. i fokus av ett brännglas. Biostimuleringen bygger på cellpåverkan. För låg och för hög effekttäthet ger mindre biologisk effekt.

5. Pulsfrekvens

För en Gallium-laser (alltid pulsad) måste man välja pulsfrekvens. Det är känt att låga frekvenser (10-100 Hz) har större effekt på smärta och att höga frekvenser (2500-5000 Hz) har störst effekt på inflammatoriska tillstånd medan medelhöga frekvenser (500-1000 Hz) tycks vara bäst på ödem och svullnader och på t.ex. nybildning av ben. Observera att en del laserinstrument endast har en eller ett par behandlingsfrekvenser medan andra har stora intervall!

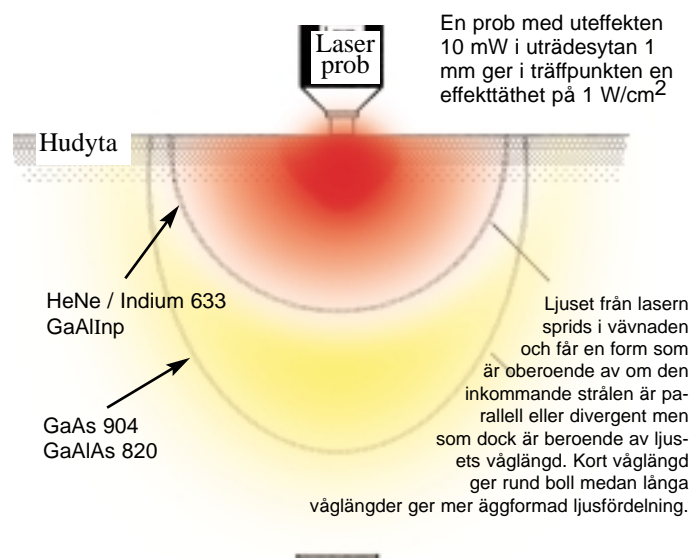


Exempel på laser där du kan ställa in frekven från 10 till 10.000 Hz

6. Inträngningsdjup, verkansdjup

Det finns ingen exakt gräns för inträngningen av ljuset. Ljuset från lasern sprids i alla riktningar och absorberas successivt i vävnaden och ljusstyrkan blir bara svagare och svagare ju längre från träffpunkten i ytan man kommer. Men det finns en gräns där ljusintensiteten blir så låg att man inte får någon biologisk verkan av ljuset. Denna gräns kallar vi för verkansdjupet. Verkansdjupet beror på flera olika faktorer: ljusets våglängd, vävnadstypen (hud och fettvävnad är mer transparenta än muskelvävnad som är mycket blodrik), pigmentering och smuts. Laserljus går även genom ben (ungefär som genom muskelvävnad).

[35] En viktig faktor är undanträngning av blod i vävnaden. När man trycker lätt med en laserprob mot huden flyttar sig blodet åt sidorna. Vävnaden direkt framför proben och en bit in blir då ganska blodfri och eftersom hemoglobinet i blodet är den enskilda faktor som svarar för den största absorptionen, ökar ljusets inträngning markant. Andra faktorer av betydelse är laserns uteffekt, om den är superpulsad eller inte, instrumentets tekniska utformning och behandlingstekniken (behandling med hudkontakt eller på avstånd).



7. Behandlingsmetodik

Man skiljer mellan lokalbehandling och systembehandling. Det vanligaste är lokalbehandling och med det menar man direkt behandling av den plats där problemet sitter. Systembehandling innebär att man behandlar ställen som kan ligga på avstånd från det eller de ställen där själva problemet sitter. Exempel på systembehandling är behandling av triggerpunkter (smärtpunkter som uppstår på avstånd från själva skadan) och laserakupunktur, där man, i stället för att sticka in nålar, belyser en eller flera akupunkturpunkter med laserljus.

8. Laserakupunktur

Akupunktur med laser är spännande. För användare med akupunkturutbildning öppnar sig här ett stort verksamhetsfält. Metoden är steril och smärtfri, vilket gör att den accepteras väl av patienterna. Både laserakupunktur och konventionell nålakupunktur påverkar akupunkturpunkterna, men enligt erfarna terapeuter ger de inte helt lika effekter. De kan sägas komplettera varandra. En variant av laserakupunktur som ger en mer långvarig effekt får man genom att bränna ytligt i akupunkturpunkter med en CO₂-laser. Ett exempel på laserakupunktur är behandling av bronkial astma med lågeffekt-laser. En dubbelblind undersökning som visar att astma kan behandlas med laserakupunktur med Gallium-laser (10 mW, 50 pulser/sekund) har gjorts av Dr Ines Vinge på Karolinska sjukhuset.

9. Behandlingsintervall

Endre Mester visade redan tidigt att lämplig tid mellan behandlingarna är effektivare än alltför tät behandling. Eftersom det också visats att effekten av laserbehandling är kumulativ (dosen från en behandling adderas till dosen vid nästa) är det viktigt att behandlingar ej görs för tät. Vanligtvis väljer man att behandla med 2-4 dagars mellanrum i ett par veckor och därefter glesare. Vid akuta problem blir det i regel fråga om färre behandlingar och då kan man också behandla tätare. Herpes och akut bältros behandlas gärna varje dag under ett par dagars tid. Kroniska åkommor behandlas i regel bäst genom glesare intervall.

Risker och biverkningar

Finns det några risker med LLLT ?

Först skall vi ha klart för oss att den "strålning" vi arbetar med är antingen synligt ljus eller värmestrålning (infraröd strålning) och ingenting annat. Att ljuset har en hög renhet innebär ingen risk i sig - lika litet som att en ren flöjtton skulle vara mer farlig än t.ex buller av samma styrka. Den enda egentliga risken med lågeffektlaserterapi utgörs av en viss fara för ögonskador.

Ögonskaderisk

Genom att lasrar har kunnat göras starka och med smala parallella strålar har man sedan länge haft speciella bestämmelser för deras användning. Alla lasrar har därför provats och tilldelats en laserklass: 1, 2, 3A, 3B eller 4, där klass 4 innehåller de starkaste typerna. Lasrar med synligt ljus är mindre farliga än de som har osynligt ljus eftersom blinkreflexen skyddar om ljuset upplevs starkt. Tidigare krävde man att endast läkare, tandläkare eller sjukgymnaster skulle tillåtas utföra behandlingar med instrument i laserklass 3B (starkare terapilasar). Men eftersom inga fall av ögonskador från terapilasar rapporterats togs denna bestämmelse bort 1993. Det är därför i dag fritt att använda instrument i laserklass 3B.

Fråga: Räcker det att blunda om man får laserbehandling i ansiktet eller måste man ha skyddsglasögon?

Svar: Ja, det räcker gott att blunda även om lasern är stark. Man kan till och med behandla en vagel på ögonlocket utan risk. Anledningen är att ögonlocket sprider ljuset så att ingen fokusering sker. Ljuset sprids ut över hela näthinnan. För att slippa eventuella problem: Låt alltid patienten använda skyddsglasögon - laser låter i mångas öron lite farligt. Låt aldrig en patient stirra rakt in i en laserprob riktad mot ögonen. Skulle det emellertid ske av misstag under något ögonblick så innebär det, dessbättre, i regel inte något allvarligt. Observera att skyddsglasögon för en viss laservåglängd kan vara helt värdelösa för en annan.

Varning: Vanliga solglasögon ger inte något skydd utan kan i stället innebära en ökad risk för ögonskador.

Cancer

Många känner inte till så mycket om laser och tror ibland att en laser avger något slags mystisk "strålning". Och strålning kan ju vara farligt - ja, rentav förorsaka cancer. Kan ljuset från terapilasar förorsaka cancer? Nej, definitivt inte. (Se även avsnittet "Kontraindikationer" på sid 21.) Man har inte kunnat konstatera några mutagena effekter av ljus med våglängder över 600 nm vid de doser som används vid laserterapi. Men vad händer om man råkar behandla någon som redan har cancer utan att veta om det? Kan en tumörs tillväxt stimuleras av laserljuset?

Nej. Man har undersökt effekterna av laserljus på cancerceller i odling och därvid visserligen kunnat konstatera att man kan stimulera cancercellernas tillväxt med hjälp av vissa doser laserljus. Emellertid gäller andra förhållanden när man har en cancer som växer i en levande varelse (kallas in vivo) än vad som gäller vid behandling av en cellodling (in vitro).

Vid försök på råttor där man har transplanterat in tumörer av olika storlek har man sett att små tumörer som laserbehandlas kan fås att gå tillbaka och till och med helt försvinna vilket beror på att lasern stimulerar det lokala immunförsvaret mer än tumören. På tumörer över en viss storlek räckte inte laserbehandlingens immunförsvareffekt för att stoppa tillväxten. Situationen är motsvarande för bakterier i odling. Dessa kan, i odling, stimuleras av laserljus i lämpliga doser, medan en bakterieinfektion hos en individ, där det också finns ett immunförsvaret, läker snabbare efter laserbehandling som utförs på rätt sätt. Det är viktigt att diagnos finns innan man börjar laserbehandla. En ickediagnostiserad smärta kan bero på cancer..

Reaktioner på behandlingen

Skenfriskhet.

Det händer ibland att en smärta försvinner nästan omedelbart efter en laserbehandling. Det är då väsentligt att den skadade del (t.ex. en inflammerad sena) som förorsakat smärtan inte överbelastas. Det är av mycket stor vikt att patienten informeras om att sådana tillstånd av "skenfriskhet" kan uppträda och att vederbörande själv har det fulla ansvaret för att överbelastning inte inträffar. Även om smärtan försvinner och laserbehandlingen förkortar läkningstiden, måste vävnaden få rimlig tid att läka och återhämta sig.

Trötthet.

En "risk" med laserbehandling är att patienten kan uppleva en kraftig trötthet under eller efter en behandling. Detta kan t.ex. bero på att en smärta släpper eller att vissa ämnen - typ endorfin - frigörs.

Smärtreaktion.

Det händer rätt ofta att en patient får ont dagen efter en behandling. Speciellt vanligt är det vid kroniska åkommor. Detta beror på att en skada "akutiseras" när läkningen sätter igång. Motsvarande händer ibland även vid andra former av behandling, t.ex. TENS eller akupunktur. Det beror i regel inte på överdosering. Patienten ska alltid informeras om denna möjliga smärtreaktion och att den såväl är av övergående natur som att den ska tolkas som ett positivt svar på behandlingen. Annars kan patienten lätt tro att han eller hon fått "laserskador".

Vad kan behandlas med laser?

Man kan tycka att antalet indikationer för laserbehandling är mycket stort och att laser framstår som något slags universalmedel mot allt, men om man känner till att laserbehandling påverkar såväl

- (a) immunförsvaret lokalt som
- (b) blodcirkulationen och att
- (c) behandlingen är antiinflammatorisk och att man
- (d) kan påverka smärttillstånd så låter det inte lika märkligt.

Skulle en patient inte svara på behandlingen så tänk på att graden av behandlingsframgång beror på att ett flertal parametrar har betydelse. Utebliven effekt kan bero på olämplig lasertyp, för låg dos, för hög dos, felaktig diagnos, för få behandlingstillfällen, pulsfrekvens, effekttäthet etc. Olika personer är dessutom olika doskänsliga och i olika hög grad mottagliga för laserbehandling: somliga kan "känna lasern ända ner i tårna", andra förefaller helt opåverkbara. Ju mer erfaren terapeuten är, desto större framgång har han/hon, bland annat genom att anpassa val av lasertyp och dosstorlek till typen av skada och person. Man skall också ha klart för sig att lasern bara är ett verktyg av många.

Det finns undersökningar gjorda där man inte kunnat påvisa en viss effekt av laserbehandling, men det innebär inte nödvändigtvis att laser inte fungerar på den åkomman utan bara att med just de parametrar som valts i den aktuella undersökningen och under de förhållanden som förelåg så erhöles inte någon tydlig effekt.

Indikationer från A till Ö.

Nedan upptagna indikationer utgör inte någon fullständig lista utan är att betrakta som exempel där det är värt att prova laserbehandling.

Acne.

Acne behandlas bäst med Indium- eller Aluminium-laser. Lämplig dos är 0,5 J per punkt. Behandlingen är visserligen en symptombehandling, men resultatet kan ändå bli mycket gott.

Afte.

Afte behandlas bäst med Indium- eller Aluminium-laser. Dosen bestäms av den subjektiva smärtstillande effekten. När patienten känner en klar lindring har man kommit nära "rätt" dos. Flera behandlingar är ofta nödvändiga för att hålla patienten besvärsfri tills aftan försvunnit.

Bakterier och virus.

Vilken effekt har laserljus på bakterier och virus? Svaret är att tillväxten av både bakterier och virus kan stimuleras av laserljus när de är i odling. Att man vid behandling av infektioner inte förvärrar situationen utan i stället påskyndar läkningen, beror på att immunförsvaret stimuleras mer än mikroorganismerna. Laserbehandlingen behöver ibland kombineras med antibiotika.

Benregeneration.

Att uppnå regeneration av benvävnad är av vitalt intresse i samband med åtskilliga odontologiska ingrepp. Behandling med Gallium-laser är här ett värdefullt komplement.

Bensår - sår-läkning.

Bensår och liggsår är lämpliga indikationer för Indium- eller Aluminium-laser. Förutom en förbättrad sår-läkning får man i regel en väsentlig smärtreduktion. Laser är alltid en kompletterande metod; sedvanlig rengöring och omläggning ska företas. Börja med att behandla sårets periferi med hudkontakt och ge 1 J/cm². Därefter sveper man över det öppna såret på ett avstånd av en knapp cm och ger en dos på 0,2 J/cm². Behandla varannan dag och utvärdera läkningsförloppet. Om ingen förbättring sker, höj dosen med 50%.

Bihåleinflammation (sinuit).

Laser ges utmed näsvingen ner till brosket, 2 J/cm². Lika mycket ges intraoralt över sinusbotten på ett par ställen. Sinusöppningen inne i näsan kan också med fördel belysas. Denna behandling ger en avsvällande effekt och andningen går lättare. Akuta sinuiter svarar snabbare på behandlingen än kroniska. Akupunkturpunkter kan äve. användas. Alla tre lasertyperna kan användas.

Bältros (herpes zoster).

Det norska och danska namnet för bältros, "helveteseld", är bättre. Bältros kan nämligen uppträda var som helst och inte bara på bålen. Det kan t.ex. även drabba trigeminusnerven. Indium- eller Aluminium-laser har bäst effekt på själva zosterangreppet men det går även att få effekt på den postherpetiska smärtan och då har ofta Gallium- eller Aluminium-laser bäst effekt. Det är viktigt att behandlingen sätts in så tidigt som möjligt för att få bästa effekt. En serie behandlingar förkortar lidandet avsevärt för patienten. [51-58]

Carpaltunnelsyndrom.

som är ett mycket vanligt symptom hos personer med enformiga arbetsuppgifter, t ex bilarbetare, kan med framgång behandlas med Gallium-laser. Se även Idrottsskador nedan.

Frakturer.

Vid frakturer behandlas med Gallium-laser (700 Hz), lokalt över frakturstället var 3:e dag i 1-2 veckor.

Herpes simplex.

Herpes är mycket tacksamt att behandla med lågeffektlaser. Resultatet av behandlingen är beroende av i vilket stadium i virusets cykel man kan gripa in. Ju senare i angreppsfasen vi kommer in, desto sämre effekt får vi. Lämplig dos är 0,5-3 J per blåsa med Indium- eller Aluminium-laser.

Idrotts- och belastningsskador.

En tumregel är att en vanlig idrottsskada läker på drygt halva den ordinarie tiden om läkningen stimuleras med laser. Ett problem att se upp med är att de subjektiva besvären från det skadade området ganska snart försvinner och att idrottsmannen då gärna vill återgå till träningen. Det är väsentligt att skadeområdet får vila och att träningen återupptas successivt. Typiska yrkesskador är tennisarmbåge och värk i axlar och nacke. Behandla lokalt med Gallium-laser. En tennis- eller golfarmbåge kan ofta vara falsk - det kan vara fråga om en nervinklämning (se carpal-tunnelsyndrom) och då hjälper det inte om man bara behandlar på och runt epicondylen. Behandla därför även runt 5:e och 6:e nack-kotan med Gallium-laser. Ge 2-3 J vid förslagsvis 700 Hz. Vid behandling av seninflammationer, t.ex. Achillestendinit, väljer man gärna en Aluminium-laser i kombination med Gallium-laser. Artroser behandlas med Gallium-laser (5.000 Hz). Här är det ganska vanligt med en smärtreaktion efter behandlingen.

Ilande tandhalsar.

Ilande tandhalsar svarar ofta bra på laserbehandling. Detta är en välsignelse eftersom var och varannan person har besvär av detta. Behandla lokalt vid tandhalsen med Indium-laser tills patienten känner en klar förbättring. [59, 60]

Nervskador.

Skadade nerver läker långsamt. Här är utan tvekan Indium-laser den bästa. Ett tecken på att lasern har effekt är när patienten upplever en ospecifik oroskänsla i det behandlade området.

Reumatism.

Laserbehandling kan naturligtvis lika litet som medicinering bota reumatism, men symptomen kan ofta lindras. Förutom smärtlindring kan även ökad mobilitet och minskad svullnad uppnås. Kroniska tillstånd reagerar ofta med en initial smärtökning, varför det är bäst att börja med låg dos. Värkreaktionen måste förklaras för patienten och att dess eventuella uppdykande är inte ett argument för att avbryta behandlingen.

Smärta.

Laserbehandling kan påverka smärttillstånd av olika slag. Det positiva med laserbehandling är att smärtlindringen i många fall kan komma redan under behandlingens gång. En tandhals slutar ila, ett bensår blir smärtfritt, en herpesblåsa upphör att besvära, en låst käke kan öppnas. Det krävs emellertid ofta rätt höga doser för att man skall få omedelbar effekt på akut smärta. En alveolit t.ex. kan behöva uppåt 10 J med Gallium-laser bara för att smärtan ska lindras. Vid mindre uttalad smärta, som t.ex. en herpesblåsa, ett decubitussår eller en tandhals, kan det krävas 1-3 J för att uppnå smärtfrihet. Det finns anledning att förmoda att de höga doser som kan ges för att lindra kraftig smärta samtidigt innebär att vi overdoserar inom det biostimulerande området med långsammare läkning som följd. Här är dock valet enkelt: smärtan ska prioriteras. [1 - 6]

Svullnader, ödem, utgjutningar.

Laserbehandling har en antiödematisk effekt som grundar sig på en dilatation av lymfkärl och en minskad permeabilitet hos blodkärlen. Höga doser fordras om ödemet redan är ett faktum, 10-15 J/cm² är inte ovanligt. Laserbehandling har även en regenerativ effekt på såväl lymfkärl som på blodkärl.

Tandköttsinflammation (gingivit).

Laserbehandling ges som ett komplement till konventionell behandling och påskyndar då läkningen. Den postoperativa smärtan reduceras.

Tendinit

Tendinit och tendalgier är ofta mycket tacksamma att laserbehandla. Dessa kan dock ibland vara svårdiagnostiserade. Akuta tendinit är betydligt mer lättbehandlade än de kroniska. Aluminium- och Gallium-laser ger de bästa effekterna.

Tinnitus

Orsaken till tinnitus är kontroversiell. Det har dock klart visats att den hos många personer orsakas av spänningar i käk- och nackmuskulatur. Om dessa spänningar behandlas kan besvären försvinna. Hos vissa personer kommer spänningarna från bettfel och en tandläkare behöver då justera bettet och kanske sätta in en bettskena. Laser har visat sig vara en mycket värdefull kompletterande metod i dessa fall genom sin smärtstillande och avspännande verkan. Tinnitus kan också uppstå genom akut akustisk chock, t ex av rock-konserter och hemmagjorda bomber. I dessa fall lyser man med lasern in i hörselgången för att stimulera cellerna i innerörat. Speciellt unga människor med färsk skada reagerar väl på laserbehandling. Äldre personer med kronisk tinnitus kan också behandlas men resultaten är mera varierande. Mera information om laserbehandling av tinnitus finns på www.laser.nu/tlc.

Trigeminusneuralgi.

Det finns inga helt effektiva behandlingsmetoder mot detta smärtsamma tillstånd. Laserbehandling är alltså ingen garanti för framgång, men med tanke på att metoden är smärtfri och utan biverkningar borde den vara det första man provar. Indium-laser är det primära valet. Skulle det inte hjälpa så prova med Aluminium- eller Gallium-laser. Triggerpunkter behandlas och 0,5 J per punkt är en lämplig initialdos. Smärtpunkter kan ges 1J. Därefter behandlas huvudnervens förlopp. En smärtreaktion är inte ovanligt. Behandla först ett par gånger i veckan, därefter med allt längre tid mellan behandlingarna. Behandlingen ska inte avbrytas om och när smärtfrihet uppnåtts utan bör fortsätta, men med allt längre intervall. [7, 8]

Kontroversiella indikationer

Rynkor ... är kritikernas älsklingsämne.

Någon vetenskaplig undersökning som visar att lågeffektlaserterapi kan släta ut rynkor finns nog inte. Men det finns en hel del intressanta exempel på att behandling med laser kan ge en effekt på rynkor. Däremot visar det sig att Koldioxidlaser kan ge en förbluffande god effekt på såväl rynkig hud som på acneärr. Det tillgår så att man med en scannertillsats bränner ytligt och förångar bort ca 0,1 mm av ytterhuden. Man får då en ca 0,5 mm djup brännskada, över vilken det bildas en skorpa. När skorpan ramlat av har man en hudrodnad i 1-2 månader. Under denna tid bildas ett nytt kollagenskikt en bit ned i huden samtidigt som huden sträcks något och därmed blir mindre rynkig och jämnare. Mikroskopisk undersökning av den nybildade huden visar på en förnyring. Detta är en effekt av biostimulering.

Celluliter.

Någon dokumenterad effekt av lågeffektlaser på denna indikation har inte publicerats. Men Gallium-laser kan ibland ge förvånande effekter, troligen därför att celluliter innehåller mycket vätska som påverkas genom att laserbehandlingen ofta har en cirkulationsbefrämjande verkan.

Vårdepressioner

skrevs det mycket om för några år sedan efter en uppmärksamman annonskampanj i Stockholms tunnelbana. I marknadsdomstolen fick annonsören backa, eftersom det inte är vetenskapligt visat att laserbehandling ger någon sådan effekt. Emellertid har det visat sig att tilläckligt stora doser av vitt ljus (lysrörsljus) kan påverka vinter- och vårdepressioner [9]. Likaså har man visat att belysning i knävecken kan påverka kroppens "klocka". Så det finns kanske visst fog för annonsörens påstående.

Håravfall.

I ett av Endre Mesters första försök med råttor fann man att rakade kroppsytter fick tillbaka pälsen snabbare på delar som behandlats med Rubin-laser och HeNe-laser. Pekka Pöntinen i Finland har visat att laserljus i lämpliga doser signifikant kan öka blodgenomströmningen i hårbotten. Även andra studier visar att det går att få effekt på hårväxt hos människa. Dock krävs ofta rätt många behandlingar; garanti för ett lyckat resultat kan inte ges. [10]

Veterinärbruk

Det finns ett mycket stort antal studier där effekterna av laserljus provats på djur. Såväl Gallium- som Aluminium-laser har bra effekt på både hästar och hundar, under förutsättning att laserproberna i fråga är utformade så att ljuset kan ledas genom pälsen och komma i kontakt med huden. En laser som är gjord för behandling av människor är ofta inte lämpad för behandling av djur med päls. Genom att raka behandlingsområdet kan man dock lättare få in laserljuset. Hästar är känsligare för laser än vi människor. Vid hög lokal effekttäthet hos en Gallium-laser reagerar de (ofta kraftigt) då man med proben kommer i närheten av skadan eller problemområdet. Speciellt gäller detta vid hög pulsfrekvens. Det kan därför vara bra att ge låg pulsfrekvens en stund innan man eventuellt ökar frekvensen. Denna reaktion hos hästen kan även användas för att lokalisera en eventuell skada. För öppna sår rekommenderas Indium-laser. [11, 12, 13, 14]

Kontraindikationer

Några absoluta kontraindikationer finns inte för behandling med lågeffektlaser. Dock gäller kvacksalverilagen som säger att barn under 8 år ej får behandlas mot sjukdom och att vissa sjukdomar, t.ex. cancer, diabetes, epilepsi, bara får behandlas av läkare. I äldre laserlitteratur nämns ofta att exempelvis pacemakers, graviditet, epilepsi, hjärtinfarkt m.m. skulle utgöra kontraindikationer för laserbehandling.

Eftersom pacemakers är elektroniska och metallkapslade och helt opåverkbara av ljus är det hela en missuppfattning. Beträffande graviditet gäller normal medicinsk bedömning av moderns

tillstånd. Laserljuset i sig påverkar inte fostret, eftersom så lite ljus når in. Säkert mår heller inte fostret sämre av att den blivande modern blir av med en ilande tandhals eller en herpesblåsa. Beträffande epilepsi vet man att pulserande synligt ljus, speciellt med pulsfrekvenser i området 5-10 Hz, kan utlösa epileptiska anfall.

Därför bör man naturligtvis se upp med instrument som har blinkande synligt ljus. Det är dock sällsynt att lågeffektlasrar har pulserande synligt ljus. Det finns ingen uppgift i litteraturen om att pulserande osynligt ljus skulle kunna utlösa ett epileptiskt anfall. Däremot bör man undvika att ge stora doser laserljus över sköldkörteln. Spanska undersökningar på råttor [15] antyder att man kan få störningar vid höga doser. Att laserljus skulle kunna ge direkta skador har aldrig påvisats, men eftersom thyroidea förefaller att vara känslig för ljus bör man undvika att belysa denna körtel tills forskningen klarlagt gränserna. Cancer eller misstänkt cancer ska aldrig behandlas av andra än specialister. Detta beror inte på att laserbehandling inte skulle kunna ha en positiv effekt på cancer utan på att lagen inte tillåter andra än fackmän att behandla cancer.

Beträffande patienter som erhållit strålningsterapi kan det vara intressant att veta att det finns ett flertal undersökningar som visar att försöksdjur som erhållit röntgenstrålning klarade sig bättre efter behandling med lågeffektlaser [16].

Forskning i Sverige

Bland de dubbelblinda undersökningar som påvisat signifikant positiv effekt av laserbehandling kan nämnas att Nivbrant och Friberg vid Regionsjukhuset i Umeå har studerat effekten av Gallium-laser på medial knäledsartros. Lögdberg-Andersson, Åkersberga sjukhus, har i en dubbelblind studie funnit god effekt av Gallium-laser på tendinit och myofasciella smärtor. Haker och Lundeberg på Karolinska Institutet, har i en dubbelblind studie undersökt effekten av Gallium-laser på tennisarmbåge och konstaterar: "Irradia laser treatment may be a valuable therapy in lateral epicondylalgia, if carried out as described in this study." Ines Vinge på Karolinska sjukhuset har, också i en dubbelblind studie, undersökt effekten av laserakupunktur med Gallium-laser i behandling av astma och funnit god effekt med de valda parametrarna. Utöver detta finns ett större antal opublicerade pilotstudier, utförda av olika läkare och sjukgymnaster. Bland dem kan nämnas en studie av Göran Renström, känd idrottsläkare från Borlänge, som utvärderat Gallium-laser på 993 patienter. Sonja Zetterberg i Sandviken har undersökt och rapporterat effekten av Aluminium-laser på varikösa bensår. Förutom en snabbare läkning fick patienterna en mycket påtaglig och nästan omedelbar lindring av smärtan

Kapitel 3. (För den avancerade läsaren)

I detta kapitel förklaras lite om vad som händer i celler och vävnad och varför det händer bara om man använder laserljus. Att de biologiska effekterna är laserspecifika framgår dels av forskningen, dels av nedan beskrivna experiment som påvisar att laserljusets egenskaper inte försvinner när ljuset sprids i vävnad.

Till att börja med... Det finns många undersökningar gjorda på försöksdjur, där man har jämfört den biologiska effekten av koherent ljus från en laser med ljus från t.ex. lysdioder eller andra inkoherenta ljuskällor [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 m.fl.]. Man har därvid erhållit en tydlig effekt av lasern men inte fått någon effekt alls eller väsentligt mindre effekt av ljuset från den icke koherenta ljuskällan. Detta visar klart att laserljus har speciella effekter på celler och vävnad.

Speckler

När man belyser ett papper eller en annan matt yta med synligt laserljus ser man en märklig grynighet i ljuset. Dessa gryn eller prickmönster kallas för laserspeckler och uppstår, på grund av laserljusets koherens, genom interferens mellan olika strålar. Specklerna kan vara av två slag: virtuella (uppstår i betraktarens öga men ser ut som om de finns på det nämnda papperet) eller reella (kan projiceras på en filmplåt i rummet).

Experiment 1

Detta experiment avser att visa att ljusets mest typiska egenskap - koherensen - inte försvinner vid diffus spridning. Det har alltså att göra med laserspecificiteten, dvs om man nere i en vävnad får samma ljusförhållande med laser som med en vanlig lampa med färgfilter.

Låt en smal stråle från en HeNe-laser träffa ett äpple. Runt den intensiva träffpunkten syns en ljusgård med 1-2 cm i diameter. Denna ljusgård uppkommer genom att laserljuset sprids och reflekteras i alla riktningar i äpplets vävnad och till viss del kommer ut igen. När man betraktar ljusgården ser man laserspeckler (virtuella) vilket visar att laserljuset fortfarande är koherent efter passage genom äpplets vävnad. Ljusfördelningen inuti den belysta volymen i äpplet är inte homogen, utan grynig på grund av interferensen, dvs består av en tredimensionell speckelstruktur (reella speckler). Prof Nils Abrahamsson vid KTH i Stockholm betraktade dessa speckler i ett mikroskop och var troligtvis den förste som märkte att specklerna på ytan av ett äpple rör sig. Han kunde relatera speckelrörelsen till rörelser i cellerna i äpplet. Fenomenet har senare kartlagts ytterligare av franska forskare [26] som på detta sätt kunnat studera och särskilja två olika partikelrörelser i cellernas inre.

Den tredimensionella strukturen uppkommer genom interferens mellan olika strålar med slumpvis riktning, amplitud och fas. I de laserspeckler där man har en högre intensitet än i den närmaste omgivningen är ljuset helt eller partiellt linjärpolariserat eftersom den nämnda högre intensiteten uppkommit genom konstruktiv interferens. Denna sker bara om de interfererande vågorna har samma polarisation. Härigenom uppstår alltså öar av polariserat ljus i vävnaden. Den genomsnittliga storleken av dessa öar är någon eller några tiondels millimeter, dvs i regel väsentligt större än de celler de omsluter, och vad som är intressant är att dessa öar av polariserat ljus uppstår oberoende av om den belysande lasern avger polariserat eller opolariserat ljus.

Experiment 2

För att visa att det inte bara är i ett äpples vävnad som laserljusets koherens bibehålls, gjordes följande experiment (förevisat av L. Hode vid The Ninth Congress of the International Society for Laser Surgery and Medicine i Los Angeles, 2-6 nov, 1991). Det har också refererats i fackpressen [27].

1. Pressa ihop nymalen färsk köttfärs mellan två plana glasplattor så att en 5-10 mm tjock skiva av köttfärs erhålls. Ställ skivan vertikalt.

2. Rikta ljuset från en 3-5 mW HeNe-laser (rött synligt ljus med våglängden 633 nm) vinkelrätt mot glasplattorna. Man ser då på baksidan av köttfärs-skivan en röd fläck av det ljus som passerat igenom köttet.

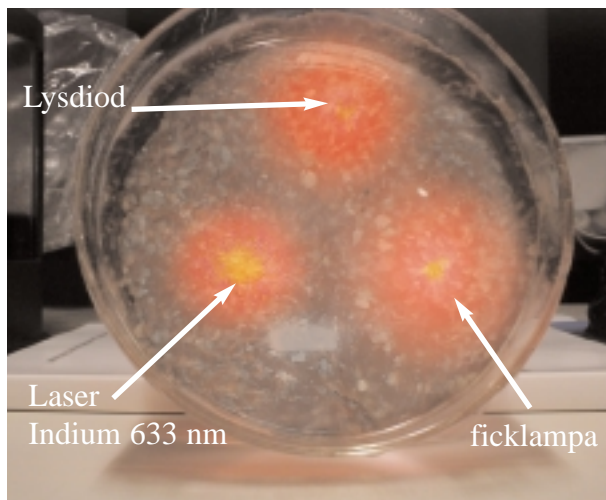
3. Placera en liten penlightficklampa bredvid lasern, tätt emot glasytan och riktad mot glaset. Penlightficklampen lyser med vanligt vitt ljus. Även här går ljus igenom köttfärsskivan och bildar en ljusfläck på skivans baksida bredvid laserljusfläcken.

4. Jämför de båda ljusfläckarna från några meters håll.

Man kan nu dra följande slutsatser:

A. Båda ljusfläckarna är röda efter passagen genom köttfärsen. Det visar att rött ljus har bäst penetration av de synliga ljusvåglängderna (kortare våglängder absorberas). Mätningar med mätinstrument visar att infraröd strålning penetrerar ännu bättre.

B. Laserljusfläcken uppvisar laserspeckler som syns tydligt om man sakta rör på huvudet. Lampljusfläcken däremot saknar laserspeckler. Det är uppenbart att det är skillnad på laserljus och ljuset från en ficklampa efter passage genom köttfärs. Laserljusets koherens försvinner alltså inte. Men kan man då inte bara ta polariserat vanligt ljus och belysa med om nu polarisation skulle vara så viktig? Nej, det går inte. Polarisationen hos inkoherent ljus som sprids diffust går förlorad efter endast någon millimeter. Om man polariserar ljuset från en lampa och låter det belysa huden så är polarisationen borta innan ljuset nått de djupare hudlagren. På öppna sår kan man dock få en effekt med polariserat vanligt ljus eftersom celler i det öppna såret som deltar i läkningsprocessen träffas direkt av ljuset utan att överliggande hud eliminerar polarisationen. Endre Mester [28, 29] presenterade på den lasermedicinska konferensen Laser-Opto 1981 i München en undersökning på lymfocyter in vitro, där han visar att de är känsliga för såväl koherent polariserat ljus (satt till nivån 100%) som inkoherent polariserat ljus (75%) men nästan helt okänsliga för opolariserat ljus.



En möjlig förklaring

Det är känt att lägesfasta kromofora molekyler (t.ex. kroppens porfyriker) uppvisar absorptionsdipoler och såväl upptar som avger (t.ex. vid fluorescens) linjärpolariserat ljus [30] med bestämd polarisationsriktning. Porfyriker finns bland annat i mitokondriernas respirator kedja och är de molekyler som främst svarar för ljusabsorptionen. Här har alltså polarisationen i de av laserljuset skapade speckelöarna betydelse och detta skulle kunna vara en av förklaringarna till att man i ett flertal studier fått olika effekt med laser och inkoherenta ljuskällor.

En annan möjlig förklaring

Ljusintensitetsskillnaden i olika punkter i den belysta vävnaden på grund av laserspecklarna ger upphov till lokala temperaturförändringar. Dessa har beräknats av Horvath och Donko [31] för koherent ljus. Temperaturförändringar leder till lokala gradienter i vissa ämneskoncentrationer. Sådana koncentrationsgradienter ger i sin tur upphov till materialtransporter i vävnaden på det sätt som beskrivs av Fick's ekvationer. Vid belysning av vävnaden med laserljus kan det alltså vara så att en mikrocirkulation framtvings av dessa lokala temperaturgradienter, vilket inte är fallet vid belysning med icke-koherenta ljuskällor, t.ex. lysdioder. Spanner [32] har t.ex. visat att en temperaturskillnad över ett cellmembran på 0,01 °C ger upphov till en tryckskillnad på 1,32 atmosfärer och detta kan medföra att distributionsmönstret av Na⁺ och K⁺ förändras påtagligt [33].

Experiment 3

Tryck handen mot glaset hos en tänd ficklampa. Man ser då att ljus tränger igenom fingrarna. Ljus går alltså in i kroppen ganska djupt. Men man ser att det bara är den röda delen av spektrum som passerar igenom och alltså tränger in djupt, medan blått, grönt och gult ljus absorberas - främst i blodet. Det är även känt att ljus tränger in i benvävnad [35].

Emellertid är det inte alls säkert att inträngningsdjupet är så avgörande. Det finns ett tjugotal undersökningar där man använt sig av CO₂-laser som ljuskälla för biostimulering och konstaterat djupa effekter, i vissa fall 4-5 cm in i vävnad. CO₂-lasern har en våglängd (10 600 nm) där praktiskt taget fullständig

absorption (99 %) sker inom ett djup av 0,3 mm. I de cellskikt där laserljuset tränger in sker dock något som gör att man får en effekt på djupet. Troligen genereras signalsubstanser som transporteras iväg och ger sekundära effekter. Att det inte är värmen som ger effekten ser man genom att en värmelampa som ger samma temperaturhöjning i huden inte alls har samma verkan som en CO₂-laser

Olika mekanismer

Cellforskaren Tiina Karu har å andra sidan visat att man i cellkulturer kan få stimulerande biologiska effekter även av monokromatiskt inkoherent ljus [34]. Dessutom har hon visat att cellkulturer som först belysts med laserljus och därvid uppvisat biologisk effekt och som sedan belyses med bredbandigt (= icke-monokromatiskt och inkoherent) ljus får den av laserljuset framkallade biologiska effekten nästan reducerad till noll [22]. Dessa försök tyder på att det finns fler mekanismer än den ovan beskrivna excitationen av polarisationskänsliga kromoforer.

Det är också viktigt att förstå den rent optiska skillnaden mellan att belysa en kraftigt ljusspridande vävnad och ett tunt transparent cellskikt i en odling. Om ett tunt skikt av celler i odling belyses med polariserat ljus, behålls polarisationen hos ljuset tvärs igenom hela skiktet vare sig ljuset är koherent eller inte. I en vävnad däremot uppstår nämnda laserspeckler genom interferenser. Effekter på cellkulturer behöver därför inte vara laser-specifika medan man vid undersökningar av samma slag och på samma typ av celler, som ingår i en vävnad, finner att effekterna är laserspecifika. Det har länge varit känt att små mängder av ett ämne som kallas singlettsyre bildas när vävnad belyses med laserljus [36]. Rochkind och Lubart i Israel har påvisat detta [37] med hjälp av NMR-teknik (Nuclear Magnetic Resonance). Singlettsyre är en fri radikal som i sin tur bl.a. påverkar bildandet av ATP [38, 39], vilket utgör cellernas bränsle och energiförråd. Man har också konstaterat att kalciumjonbalansen [40] i cellen påverkas. Laserljus påverkar vidare de oxidativa processerna, vilket har påvisats av Karu [41].

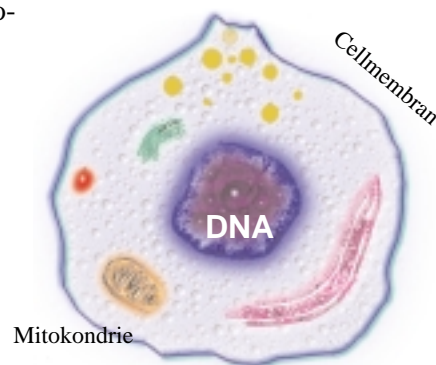
Dessa processer leder i sin tur till en lång rad sekundära effekter: ökad cellmetabolism och kollagen-syntes hos fibroblaster [42], höjd aktionspotential hos nervceller [43], stimulering av bildandet av DNA och RNA i cellkärnan [44], lokal påverkan på immunförsvaret [29], ökad nybildning av kapillärkärl genom frigörandet av tillväxtfaktorer [45], ökad aktivitet hos leukocyter [46], omvandling av fibroblaster till myofibroblaster [47] m.m.

Cellmembranet

Den elektriska fältstyrkan från det linjärpolariserade ljuset förändrar konformiteten hos det dubbla lipidlagret i cellmembranen genom elektron-polarisation av lipidernas elektriska dipoler. Detta leder bland annat till en förändring av laddningsfördelningen på ytan av cellmembranen, vilket kan medföra förändringar i lipid-protein-bindningarna. Eftersom cellmembranet spelar rollen av biologisk förstärkare kan förändringarna i detsamma påverka varje process som har med cellmembranet att göra: energiproduktionen, immunologiska processer, enzymreaktioner, transportfaktorer m.m.

Denna ändring i membranstrukturen hos exempelvis leukocyter, aktiverar cykliskt adenosinmonofosfat (3'5'-cAMP) och ökar receptoraktiviteten på cellmembranet. Detta kan under vissa förhållanden starta en immunologisk kedjereaktion, vilket även innebär bildandet av monocytiska, neutrofila och eosinofila kemotaktiska faktorer och makrofagreglerande faktorer samt ökning av hudreaktorfaktorn som påverkar permeabiliteten hos kapillärer.

Vid studium av olika immunförsvarskomponenter genom att mäta före och efter laserbelysning visade det sig att halten alfa-I-lipoprotein i sårsvätska ökade med 120% efter påverkan av laserljuset. Walker [48] har visat att det efter behandling av neuralgier med HeNe-laserljus frigörs serotonin (hon mätte serotoninprecursorn 5-HIAA i patienternas urin före och efter laserbehandlingen). Det cirkulerar med blodet och ger upphov till systemeffekter, dvs effekter i även andra delar av kroppen än den som behandlas. Även andra har undersökt systemeffekter, bl.a. Rochkinds grupp [49]. Montesinos [2] har visat att laserljuset påverkar endorfinproduktionen. Honmura [50] har genom att blockera opiater med naloxone visat att den smärtstillande effekten inte bara beror på endorfiner.



Samanfattning

Sammanfattningsvis kan man säga att effekterna av laserljus i levande vävnad är ytterst komplicerade. Det rör sig om flera olika fotokemiska processer som i sin tur sätter igång ett stort antal biokemiska reaktioner. Vissa av dessa processer är laserspecifika medan andra främst är beroende av fotonenergin. Det krävs ytterligare forskning innan vi helt har klart för oss vad som händer.

Referenser

- [1] Shioto 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 arsénure 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] Shioto 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 positiva dubbelblinda studier

- 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 spondylarthritis (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.

Lögberg-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 cross-over 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 unilateral au laser hélium-néon lors de chirurgies parodontales bilatérales simultanés. 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 a: Low-power laser therapy in rheumatoid arthritis. Lasers in Med Science. 1989; 4: 193. Palmgren N et a: 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 arsenurio (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 chronikscher 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 administred 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.

Exempel på böcker som behandlar laserterapi

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): Lågeeffektlaser 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

Adress: Box 1031, 181 21 Lidingö Sweden

www.laser.nu/slms (Svensk hemsida)

www.laser.nu (Engelskspråkig hemsida)

www.laser.nu/tlc (Tinnitus hemsid)

slms@laser.nu

För info ring: Tel: 08-765 0044 Fax: 08-767 27 06

Postgiro: 721 677-3 (c)

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