Kratkovalna i mikrovalna dijatermija u liječenju reumatskih bolesti

Markeš, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:099214

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Tin Markeš

Kratkovalna i mikrovalna dijatermija u liječenju reumatskih bolesti

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Kliničkom bolničkom centru Zagreb na Klinici za reumatske bolesti i rehabilitaciju pod vodstvom doc. dr. sc. Porina Perića, dr. med. i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2015./2016**.**

SADRŽAJ

1. SAŽETAK

2. SUMMARY

3. UVOD 1

4. GENERATORI KRATKIH ELEKTROMAGNETSKIH VALOVA ZA DIJATERMIJU 2

5. FIZIKALNE KARAKTERISTIKE KRATKOVALNE DIJATERMIJE 3

6. METODE PRIJENOSA ENERGIJE NA TKIVA 4

6. NASTANAK TOPLINE U KRATKOVALNOJ DIJATERMIJI 6

7. MEHANIZAM DJELOVANJA 8

8. TERAPIJSKI UČINCI KRATKOVALNE DIJATERMIJE 10

9. OPREMA ZA MIKROVALNU TERAPIJU 12

10. TERMIČKI I NETERMIČKI MEHANIZMI DJELOVANJA MIKROVALNE DIJATERMIJE 13

11. TERAPIJSKI UČINCI MIKROVALNE DIJATERMIJE 16

12. ZAKLJUČAK 17

13. ZAHVALE 18

14. POPIS LITERATURE 19

15. ŽIVOTOPIS 26

1. SAŽETAK

Kratkovalna i mikrovalna dijatermija predstavljaju prijenos energije visokofrekventnog elektromagnetnog polja kako bi se tretirale reumatske bolesti. Razlika je u frekvenciji valova, gdje se kod kratkovalne dijatermije koriste frekvencije u rasponu od 10-100 MHz, a kod mikrovalne dijatermije i više frekvencije (433, 915 i 2456 MHz). Generatori kratkovalne dijatermije proizvode visoko frekventno elektromagnetsko polje inkorporirajući dva strujna kruga: strujni krug uređaja i strujni krug pacijenta. Mikrovalove nije moguće proizvesti običnim mehaničkim putem, nego je potreban poseban termionski ventil koji se naziva magnetron. Glavna funkcija magnetrona je da stvara visokofrekventnu struju potrebnu za stvaranje mikrovalova. I kratkovalna i mikrovalna dijatermija imaju dva načina rada: kontinuirani i pulsni tj. tzv. termički i netermički način rada. Biološki odgovor tijela na primjenu kratkovalne i mikrovalne dijatermije je zapravo posljedica termičkih i netermičkih učinaka dijatermije. Ovisno o porastu temperature primjenom kontinuiranog načina rada javljaju se razni učinci, smanjuje se upala, bol i mišićni spazmi, te dolazi do smanjenja viskoznosti sinovijalne tekućine što smanjuje ukočenost zglobova. Najveći učinak kratkovalne i mikrovalne dijatermije u liječenju reumatskih bolesti je poboljšanje funkcije zglobova te olakšanje bolova pacijenata koji boluju od reumatskih bolesti.

2. SUMMARY

Shortwave and microwave diathermy transfer high-frequency electromagnetic energy to treat rheumatic conditions. The difference between the two is in their wave frequency, where shortwave diathermy uses frequency range of 10-100 MHz and microwave diathermy uses even higher frequencies (433, 915 and 2456 MHz). Shortawave generators produce high frequency electromagnetic field by incorporating two electrical circuits: the machine and the patient circuits. It is not possible to produce microwaves by mechanical means and therefore a special type of thermionic valve is used which is called magnetron. The primary function of magnetron is to produce high-frequency current required for the production of microwaves. Shortwave and microwave diathermy have two forms: continuous and pulsed mode that is thermal and non-thermal mode. Biological response to shortwave and microwave diathermy is actually effect of thermal and non-thermal effects of diathermy. Depending on the rise of temperature in continuous mode of diathermy, a variety of effects can be seen: decrease of inflammation, reduction in pain, muscle spasms and viscosity of the synovial fluid and hence to decrease the joint stiffness. The biggest impact of shortwave and microwave diathermy, used on patients with rheumatic conditions, is in improving the function of the joints and reduction of pain.

3. UVOD

Kratkovalna dijatermija je prijenos visokofrekventne elektromagnetske energije na tkiva kako bi se tretirao velik broj reumatskih, muskuloskeletnih ili neuroloških bolesti. Kratkovalni generatori emitiraju neionizirajuće zračenje elektromagnetskog spektra. Raspon frekevencije je između 10-100MHz, što znači da se frekvencijski opseg sastoji od kratkih, srednje dugih i dugih radio valova. U medicini, za potrebe fizikalne dijatermije, se koristi u dva načina: kontinuirana kratkovalna dijatermija (CSWT), koja je uvijek i termička, te pulsna kratkovalna dijatermija (PSWT), koja može imati i termičke učinke, ali i ne mora.

Rezultati studija pokazali su pozitivan učinak kratkovalne dijatermija u liječenju reumatskih bolesti, gdje je došlo do poboljšanja funkcije zglobova te smanjenja bolova.(Ganguly et al 1996, Jan&Lai 1991, Klaber – Moffet et al 1996, Laufer et al 2005, Leclaire & Bourgouin 1991, Quirk et al 1985.).Termička kratkovalna dijatermija smanjuje viskoznost sinovijalne tekućine (Jan et al 2006) i tako smanjuje ukočenost zglobova (Scott 2002, Yung et al 1986) i tako poboljšava funkciju zgloba.

Pulsna kratkovalna dijatermija se može koristiti kako bi se smanjila upala povezana s egzacerbacijom bolesti. Neki autori smatraju da pulsna kratkovalna dijatermija smanjuje upalu na način da poboljšava fagocitozu (Cameron et al 1999), povećava broj bijelih krvnih stanica i protutijela koji pomažu tjelesnom obrambenim mehanizmima, uklanjaju razne toksine te pospješuju oksigenaciju (Goldin et al 1981, Waldsworth & Chanmugham 1983).

Mikrovalna dijatermija koristi valove kraćih valnih duljina, odnosno viših frekvencija u odnosu na kratkovalnu dijatermiju, najčešće 915 MHz i 2450 MHz. Magnetroni su uređaji koji stvaraju mikrovalove. Antena emitira mikrovalove te se energija mikrovalova apsorbira 7000 puta više, u vodom bogatim tkivima, u odnosu na kratkovalno zračenje. Također za primjenu mikrovalne dijatermije nisu potrebni kondenzatori i induktori kao kod kratkovalne, jer mikrovalna energija zrači iz antene u obliku snopa. Indikacije i terapeutski učinak mikrovalne dijatermije je sličan onima u kratkovalnoj dijatermije, ali treba se uzeti u obzir drugačiji način nastalog zagrijavanja u tkivu. Ta razlika nastaje zbog drugačijeg načina širenja i apsorpcije valova u tkivima.

4. GENERATORI KRATKIH ELEKTROMAGNETSKIH VALOVA ZA DIJATERMIJU

Oprema za kratkovalnu terapiju je jedna od mnogih medicinskih uređaja koje koriste visoko frekventno elektromagnetsko polje (EMF). U pokušaju da regulira korištenje struja visokih frekvencija u raznim područjima, Federalna Komisija za Komunikaciju je 1947. dodijelila tri (3) frekvencije kratkovalnog spektra za korištenje u medicinske svrhe (Foley-Nolan 1990), a to su: 40.68 MHz (+/- 20KHz) s valnom duljinom od 7.5 metara; 13.56 (+/- 6.25 KHz) MHz s valnom duljinom od 22 m i 27.12 MHz (+/- 160 KHz) s valnom duljinom od 11 m (Prentice &Draper 2001). Danas najčešće korištena frekvencija je 27.12 MHz.

Generatori kratkovalnih valova za potrebe dijatermije proizvode visoko frekventno elektromagnetsko polje (EMF) inkorporirajući dva strujna kruga: strujni krug stroja i strujni krug pacijenta. Strojni (tj., oscilator) krug se sastoji od visokofrekventnog generatora, pojačala (kako bi se učinak podigao do terapeutskih razina) te napajanja. Drugi strujni krug (tj. rezonator) je pacijent, koji se sastoji od kondenzatora promjenjivog kapaciteta (kako bi se uzeo u obzir promjenjivi kapacitet rezonatorskog kruga zbog različite vrste tkiva) te metode prijenosa energija na tkiva, što se postiže kapcitativnim ili induktivnim elektrodama.

Učinak generatora se može predati tkivima na kontinuirani ili pulsni način. Razlika je u tome da s kontinuiranom kratkovalnom terapijom (CSWT) energija se predaje pacijentu kroz cijelo vrijeme trajanja dijatermije i zbog toga je udružen s termičkim učincima. Pulsna kratkovalna dijatermija (PSWT) predaje energiju tkivima kroz pulseve različitog trajanja i učestalosti ponavljanja, i upravo zbog toga omogućuje prijenos visoke amplitude energije tkivima bilo s ili bez termičkih učinaka (Wadsworth & Chanmugham 1983, Watson 2006.)

5. FIZIKALNE KARAKTERISTIKE KRATKOVALNE DIJATERMIJE

Energija kratkih elektromagnetskih valova je energija ima dva polja: električnog i magnetskog. Interakcija električnog i magnetskog polja s tkivom se očituje pojavom električne struje iona u tkivima su odgovorni za fiziološke učinke, poput porasta temperatura ili netermičkih promjena stanične aktivnosti.

Električno polje nastaje u prostoru u kojem se nalazi električni naboj, i to polje je karakterizirano predznakom i veličinom naboja. Na nabijenu česticu, poput elektrona i protona, električno polje djeluje električnom silom koja je opisana jednadžbom:

$$F = q \times E$$

gdje je q naboj, a E je električno polje. U električno provodljivim materijalima, poput tkiva, ove sile će rezultirati stvaranjem električne struje.

Magnetsko polje nastaje oko naboja koji se giba, dakle nastaje u tkivima kao odgovor na pokretanje naboja. Ono je okomito u odnosu na električno polje. Magnetsko polje je opisano gustoćom magnetskog toka ili indukcijom magnetskog toka (B) te u starijoj literaturi jakošću magnetskog polja (H).

Iako uređaj za kratkovalnu terapiju stvara i električno i magnetsko polje u tkivu, njihov omjer će se razlikovati ovisno o načinu primjene, vrsti elektrode, frekvenciji i karakteristikama proizvodnje (Hand 1990, Markov & Colbert 2000).

6. METODE PRIJENOSA ENERGIJE NA TKIVA

Postoje dvije metode prijenosa energije na tkiva kada se koristimo kratkovalnom terapijom, a to su: kapacitativna i induktivna metoda. Svaka od njih djeluje na različite ciljne strukture i svaka ima svoj mehanizam stvaranja topline u tkivima.

Kapacitativna metoda

Kapacitativne elektrode stvaraju veći udio električnog polja u odnosu na magnetsko, te je polje najjače u središtu ciljnog područja (Prentice & Draper 2001). Jačina polja je određena postavljanjem elektroda u odnosu na tkivo (polje će biti snažnije što su elektrode bliže koži), veličini elektroda (manje elektrode imaju manju prodornost u odnosu na srednje i velike elektrode) i razmaku (jednoliko polje u tkivima se postiže korištenjem elektroda koje su malo veće od ciljnog područja) (Hand 1990). Proizvedena toplina je rezultat kretanja tri komponente: nabijenih molekula, dipolnih molekula i nepolarnih molekula, i određeno je snagom električnog polja i provodljivosti tkiva (više topline će se stvoriti u provodljivijim tkivima), iako se očekuje da se kapacitativnom primjenom koncentrira polje u površinskim tkivima, poput kože i masnog tkiva prije nego u dubljim tkivima, poput mišića (Van der Esch & Hoogland 1991, Ward 1980). To se događa zbog smanjenja intenziteta polja kako se ono širi kroz tkiva. Lom linija sile, kako prolaze kroz masno tkivo, uzrokuje gubitak jakosti primjenjenog polja i terminaciju nekih linija polja (Ward 1980). Upravo zbog tog zadržavanja u površinskim tkivima, ova metoda je najpogodnija za terapiju u području rebara, kralježnice te područjima s malo potkožnog masnog tkiva, poput šaka i stopala (Prentice & Draper 2001).

Koriste se dvije vrste elektroda: gumene elektrode i ploče sa zračnim prostorom

Elektrode se mogu postaviti u kontraplanarnom, koplanarnom, logitudinalnom i unakrsnom položaju. Kod kontraplanarnog položaja, elektrode su postavljene nasuprot jedna drugoj sa bilo koje strane ciljnog područja. Udaljenost između kože i elektroda može biti simetrična, ako želimo ravnomjerno polje, ili se mogu postaviti na različite udaljenost ako želimo koncentrirati polje na jednu stranu ciljnog područja (Scott 2002, Wadsworth & Chanmugham 1983). Kod koplanarnog položaja, obje elektrode su postavljene na istoj strani ciljnog područja. Udaljenost između dvije elektode mora biti veća od zbroja udaljenosti elektroda od kože, kako bi dobili bolju

raspodjelu polja. Ova metoda stvara jače polje na površini, ali dubina polja se može povećati ako povećamo udaljenost između dviju elektroda (Martin et al 1991). Longitudinalna primjena je kada su elektrode postavljene na bilo kojem kraju uda paralelno sa poravnanim tkivom, a unakrsna tehnika kada su elektrode pola vremena postavljene dijagonalno preko ciljnog tkiva, i zatim se zamjeni dijagonala drugu polovicu vremena (Forster & Palasanga 1985).

Veličina elektroda je važan čimbenik u određivanju snage polja u tkivima. Korištenjem dvije elektrode slične veličine, nastat će jednolika raspodjela polja u tkivima, dok ćemo upotrebom elektroda različitih veličina dobiti koncentriranje polja na strani manje elektrode (Tzima & Martin 1994).

Induktivna metoda

Induktivna kratkovalna dijatermija se primjenjuje na tkiva pomoću bubanj elektroda ili kabel elektroda. Induktivna metoda predominantno proizvodi magnetsko polje pomoću kabla koji je ili omotan oko ekstremiteta ili je namotan u kućištu elektrode. Magnetsko polje stvara sekundarnu struju iona u tkivima, poznatu kao Eddyeva struja. Toplina nastaje kao posljedica sile trenja koju savladavaju ioni gibajući se kroz viskozno tkivo te zbog vibracija molekula tkiva. Smatra se da učinak magnetskog polja djeluje kao pokretač Eddyeve struje, koja je glavni odgovorni element za fiziološke učinke tokom dijatermije (Scott 2002.) Ovakav način zagrijavanja tkiva nije povezan sa jakom stimulacijom osjeta budući da nema zagrijavanja kože i potkožnog masnog tkiva i zbog toga toplina nije toliko primjetna kao kod konduktivne primjene (Prentice & Draper 2001). Smatra se da induktivna metoda rezultira selektivnom apsorpcijom i zagrijavanjem. Tkiva koja imaju velik sadržaj elektrolita i malen otpor, poput mišića i krvi, zagrijat će se više nego površinska tkiva(Lehmann & DeLateur 1990, Watson 2006). Danas se najčešće koristi bubanj elektroda. Za razliku od provodne tehnike, pacijent nije dio kruga i elektrode se postavljaju okomito na ciljano područje ili su omotane oko ciljanog područja.

6. NASTANAK TOPLINE U KRATKOVALNOJ DIJATERMIJI

Kratkovalna dijatermija se može koristiti na dva načina, kao kontinuirana kratkovalna dijatermija, koja se uvijek smatra termičkom, i pulsna kratkovalna dijatermija, koja može i ne mora imati termički učinak.

Porast temperature u tkivima tokom korištenja kratkovalne dijatermije ovisi o specifičnoj stopi apsorpcije (SAR), što je brzina kojom se energija apsorbira u tkiva i mjeri se jedinicom wat po kilogramu (W/kg). Specifična stopa apsorpcije je funkcija provodljivosti tkiva i veličine električnog polja. Provodljivost tkiva odražava lakoću s kojom se električno polje može stvoriti u tkivima. Specifična stopa apsorpcije, stoga i zagrijavanje nastalo kratkovalnom dijatermijom, ovisni su o električnim svojstima tkiva u elektromagnetnom polju (Kloth & Ziskin 1996).

Energija električnog polja će se koncentrirati u tkivima koja su najprovodljivija. Prihvaćeno je mišljenje da tkiva s visokom dielektričnom konstantom, poput mišića i krvi, također dobro provode struju jer mogu apsorbirati više energije i učinkovitije raspršiti nastalu toplinu (Scott 2002). S druge strane, masna tkiva, imaju nisku dielektričnu konstantu i provodljivost (Ward 1980) i imaju tendenciju zagrijavanja, iako zbog drugih razloga. Postoje mnoge teorije, ali postoji mala količina dokaza koji ih potvrđuju. Jedan dio objašnjava pojačano zagrijavanje zbog loše krvne opskrbe i manjka termoregulatornih mehanizama u masnim tkivima (Wadsworth & Chanmugham 1983), dok drugi tvrde da su male krvne žile unutar masnog sloja odgovorne za zadržavanje topline i porasta temperature (Ward 1980).

Kontinuirana kratkovalna dijatermija je uvijek povezana sa zagrijavanjem tkiva, osim ako nije primjenjenaizrazito niska razina energije.

Pulsna kratkovalna dijatermija može se primjenjivati u „termičkom“ ili „netermičkom“ načinu, ovisno o srednjoj snazi. Srednja snaga ovisi o trajanju pulsa (PD), učestalosti ponavaljanja pulsa (PRR) i maksimalnoj snazi pulsa (PP) prema jednadžbi:

$$\text{Srednja snaga (MP)} = \text{PD} \times \text{PRR} \times \text{PP}.$$

Termički način pulsne kratkovalne dijatermije može se postići korištenjem duljeg trajanja pulsa i visokom učestalosti ponavljanja pulsa. Netermički način se postiže izmjenom kratkih pulseva sa duljim stankama između pulseva. To nije striktno

„netermički“ način rada, ali nema sveukupnog porasta temperature budući da se toplina nastala tokom pulsne faze u potpunosti raspršiti kroz cirkulirajuću krv tokom stanke (Scott 2002, Watson 2006). Postoji mogućnost da tokom dugotrajnih dijatermija može doći do akumuliranja topline.

Toplina nastala u tkivima je umnožak otpora tkiva i kvadrata gustoće struje:

$$\text{Zagrijavanje} = \text{Gustoća struje}^2 \times \text{Otpor}$$

Ljudsko tkivo sadrži ione, polarne molekule i molekule bez naboja. Toplina može nastati kao rezultat oscilacije nabijenih molekula poput proteina i iona oko srednjeg položaja na linijama električne sile koja je nastala djelovanjem elektromagnetnog polja. Oscilacija i trenje pretvaraju kinetičku energiju molekula u toplinu.

Druga vrsta molekula, poput vode, nekih proteina i hormona, su trajni električni dipoli. U normalnom slučaju, ti električni dipoli su nasumično posloženi, ali pod utjecajem električnog polja, nastaje polarizacija dipolnih molekula i njihova orijentacija u električnom polju. Vremenski promjenjivo električno polje (izmjenično električno polje) uzrokuje rotaciju i sudare dipola, i nastalo trenje stvara toplinu. Uspješnost preraspodjele i orijentacije električnih dipola u električnom polju određen je i jakošću električnog polja (Hand 1990). Svaka od tih polarnih molekula ima svoje vlastito slabo električno polje, koje se proteže od pozitivnog do negativnog pola, i kada je tkivo pod utjecajem električnog polja, sveukupan zbroj tih polja određuje električna svojstva tvari. Dipolne molekule stvaraju mješavinu realne i zamjenske struje. Stvarna struje se odnosi na struju koja nastane u tkivima i određuje električna svojstva i stvaranje topline u tvari (Ward 1980) dok zamjenska struja nema velikog učinka u određivanju električnih svojstava tvari (Scott 2002).

Treća vrsta molekula su molekule koje nemaju naboj. Električno polje utječe na takve molekule tako da ih polarizira na način deformacije elektronskih oblaka. Kretanje molekula bez naboja, na podražaj električnog polja, stvara zamjenske struje i zbog toga najmanje utječe na stvaranje topline u tkivima, za razliku od nabijenih molekula koje stvaraju stvarnu struju. To nastaje zbog toga što inducirani dipoli nisu snažni kao prirodni dipoli i imaju tendenciju izgubiti svoja svojstva čim se makne električno polje (Delpizzo & joyner 1987, Durney & Christensen 2000, Ward 1980).

7. MEHANIZAM DJELOVANJA

Smatra se da je odgovor biološkog sistema na interakciju s elektromagnetskim poljem može biti termički i netermički učinak. Toplina koja se razvije u tkivima daje za posljedicu porast temperature nakon 20 minuta primjene kratkovalne dijatermije, svoj vrhunac imati tokom 15-e minute, a zatim će ostati ista sljedećih 5 minuta, a nakon toga se polako spušta brzinom od 1 ^{o}C svakih 5 minuta (Draper et al 1999, Valtonen et al 1973). U terapijskoj primjeni, porast temperature od 1 ^{o}C je koristan pri blagoj upali, porast od 2 i 3 ^{o}C je koristan u smanjenju boli i mišićnih spazama, dok je porast od 3-4 ^{o}C potreban da dođe do promjena u rastezljivosti tkiva (Lehmann 1990, Prentice & Draper 2001). Te promjene u staničnom ponašanju su bile reverzibilne odmah pri prestanku aplikacije, ako je porast temperature bio manji od 1 ^{o}C (Michaelson & Elson 1996, Tenforde 1996).

Mehanizam odgovora na dovedenu elektromagnetsku energiju se odvija se na nekoliko mjesta unutar stanice. Jedno od glavnih mjesta za interakciju elektromagnetskog polja i bioloških tkiva je stanična membrana. Smatra se da elektromagnetsko polje mijenja stopu otvaranja i formiranje ionskih kanala u proteinskom sloju u staničnoj membrani (Cleary 1977). To mijenja stvaranje nabijenih iona na površini i način na koji se nove molekule vežu za površinu stanične membrane (Polk & Postow 1996). Kationi poput Na^{+} i K^{+} izlaze iz stanice u izvanstaničnu tekućinu pod utjecajem elektromagnetskog polja (Cleary 1997), mijenjajući unutarstanični i izvanstanični okoliš (Adey 1988). Također se smatra da bi te promjene mogle uspostaviti bolju ravnotežu koncentracija iona, kisika i hranjivih tvari (Markov & Colbert 2000). Smatra se da bi električno polje moglo promijeniti selektivnost membrane prema ionima i na taj način promijeniti transport iona preko membrane (Hand 1990).

Odgovor jezgre na vanjsko elektromagnetsko polje je određeno prisutnošću iona poput Ca^{+} (Low & Reed 2000), dok se smatra da mitohondriji mjenjaju staničnu funkciju mjenjajući stopu staničnog metabolizma (Cleary 1997). Pope et al (1989) je pokazao da unutrašnjost stanice na primjenjenu struju reagira tako da smanjuje veličinu mitohondrija, povećava endoplazmatski retikulum, smanjuje veličinu staničnih lipida, dolazi do migracije lipida na stanične polove i povećava se aktivnost

ATPaze. Jačina odgovora na struju korelira sa količinom energije koju je stanica primila.

Mikrotubuli su dipoli i zbog toga se očekuje da reagiraju na izmjenično električno polje rotacijom i sudarima i na taj način proizvodeći toplinu (Charman 1990).

Sve ove promjene trebale bi povratiti električni potencijal bolesne stanice, ispraviti endogene abnormalnosti i obnoviti normalnu staničnu funkciju (Nordenstorm 1983).

Smatra se da vazodliatacija koja nastaje pri primjeni kratkovalne dijatermije je rezultat akumulacije otpadnih produkata ili direktne stimulacije glatkih mišića krvnih žila koje reagiraju na toplinu (Ward 1980). Također se smatra da se krvne žile šire kao odgovor na stimulaciju senzornih živaca na površini kože kao posljedica stvaranja topline. Zbog te vazodilatacije dolazi do smanjenja viskoznost krvi kako bi se olakšao protok krvi.

Povećanje protoka krvi je proporcionalno postupnom povećanju energije elektromagnetskog polja, što je demonstrirao Erdmann (1960), gdje je promatrao efekt zračenja epigastrija na protok krvi u stopalima 20 odraslih ljudi. Zabilježio je osjetno povećanje protoka krvi, koje je počelo u prvih 8 minuta, a dostiglo je plato unutar 35 minuta primjene. Očitanja protoka krvi su se vratila u normalu 30 minuta nakon tretmana. Porast temperature je bio 2 ^{o}C u stopalu, ali nije bilo promjene u bazalnoj temperaturi. Njegove rezultate je potvrdio i Morrissey (1966).

Upravo to povećanje protoka krvi i popratne termičke promjene u i okolo stanice su dokazano učinkovite u ubrzanju zarastanja otvorenih rana, povećanja rastezljivosti tkiva, smanjenja edema i hematoma, te smanjenja upale i ukočenosti zglobova i boli.

8. TERAPIJSKI UČINCI KRATKOVALNE DIJATERMIJE

Općenito, nalazi studija idu u korist pozitivnog ishoda, gdje većina primjećuje poboljšanje u funkciji zglobova i smanjenju bolova (Ganguly et al 1996, Jan&Lai 1991, Klaber – Moffet et al 1996, Laufer et al 2005, Leclaire & Bourgouin 1991, Quirk et al 1985.).

Utvrđeno je da termički način kratkovalne dijatermije smanjuje viskoznost sinovijalne tekućine (Jan et al 2006), i na taj način smanjuje ukočenost zglobova (Scott 2002, Yung et a 1986) i poboljšava funkciju zglobova. Upotreba kratkovalne dijatermije tri puta tjedno kod pacijenata koji boluju od osteoartritisa koljena dokazano je ublažila bol i poboljšala funkciju zgloba (Clarke, G.R., Willis, L.A., Stenners, L., Nichols, P.J.R. 1974). Korištenjem kratkovalne dijatermije uz izokinetičke vježbe nema značajnijeg poboljšanja u funkciji zglobova, smanjenju bolova, mišićne snage i kvalitete života, u odnosu samo na izokinetičke vježbe (Akyol Y, Durmus D, Alayli G, Tander B, Bek Y, Canturk F, Tastan Sakarya S. 2010).

Subakutna i kronična stanja povoljno reagiraju na zagrijavanje, gdje je kontinuirana kratkovalna dijatermija, kada se primjenjuje induktivnom metodom, dokazano učinkovita u liječenju stanja poput kroničnog sinusitisa, bicipitalnog i supraspinatusnog tendinitisa i epikondilitisa (Scott 1965) te smanjuje simptome traumatskog artritisa (Lehmann & DeLateur 1982).

U studiji koju su proveli Boyaci et al (2013) gdje su uspoređivali učinkovitost pri liječenju osteoartritisa koljena na tri različita načina dubokog zagrijavanja tkiva (fonoforeza, kratkovalna dijatermija i ultrazvuk) dokazali su da je došlo do poboljšanja stanja pacijenata te da su sva tri načina bila približno jednako učinkovita u liječenju osteoartritisa koljena

Jan et al (2006) studija pokazala je da kratkovalna dijatermija uspješno smanjuje debljinu sinovijalne vreće te sugerira da kratkovalna dijatermija može kontrolirati sinovijalnu upalu. Ta studija je također demonstrirala smanjenje sinovitisa, kako je napredovao broj tretmana kod pacijenata koji boluju od osteortritisa koljena. Kako su se tretmani ponavljali, sinovijalna vreća je postajala sve tanja te je razina boli koju su pacijenti osjećali postala niža, iako se debljina sinovijalne vreće nije znatno mjenjala između 20 i 30 tretmana.

Teslim et al (2013) studija je pokazala da je kontinuirana kratkovalna dijatermija učinkovitija od pulsne kratkovalne dijatermije u olakšanju bolova i povećanju rasponu fleksije koljena kod pacijenata koji boluju od kroničnog osteoartritisa koljena. Kratkovalna dijatermija se također uspješno koristi pri ublažavanju bolova kod pacijenata koji boluju od ankilozantnog spondilitisa (Lehmann, J.F., DeLateur, B.J. 1982) i degenerativne bolesti zglobova (Lehmann, J.F., McMillan, J.A., Brunner, G.D., Blumberg, J.B. 1959).

Pulsna kratkovalna dijatermija se može koristiti kako bi se smanjila upala povezana sa egzacerbacijom bolesti. Vjeruje se da pulsna kratkovalna dijatermija smanjuje upalu na način da poboljšava fagocitozu (Cameron et al 1999), povećava broj bijelih krvnih stanica i protutijela koji pomažu tjelesnm obrambenim mehanizmima, uklanjaju razne toksine te pospješuju oksigenaciju (Goldin et al 1981, Waldsworth & Chanmugham 1983). Dokaze koji potvrđuju ovu tvrdnju pružio je Hill et al (2001), kad je demonstrirao da je došlo do značajnog porasta broja fibroblasti nakon 10 minuta pulsne kratkovalne dijatermije srednje snage od 48 W, koja se primjenjivala dvaput dnevno. Pulsna kratkovalna dijatermija se također može koristiti i učinkovito smanjuje bol te poboljšava funkciju zgloba te kvalitetu života kod žena koje boluju od osteoartritisa koljena. Može se koristiti i niska i visoka doza pulsne kratkovalne dijatermije, iako se čini da niska doza pulsne kratkovalne dijatermije ima bolje dugoročne rezultate (Fukuda TY, Alves da Cunha R, Fukuda VO, Rienzo FA, Cazarini C Jr, Carvalho Nde A, Centini AA 2011).

U studijama gdje je pulsna kratkovalna dijatermija bila uspoređivana sa drugim metodama liječenja, ustanovljeno je da je učinkovitija od placeba (Klaber-Moffet et al 1996, Quirk et al 1985) i da nije bolja od ultrazvuka, vježbi i rastezanja (Ganguly et al 1996, Jan & Lai 1991, Leclaire & Bourgouin 1991, Quirk et al 1985, Svarcova et al 1988) te da je manje učinkovita od manualne mobilizacije (Guler & Kozanoglu 2004).

9. OPREMA ZA MIKROVALNU TERAPIJU

Mikrovalna dijatermija se razlikuje od kratkovalne dijatermije po tomu što se koriste elektromagnetno zračenje puno veće frekvencije. Najčešće korištene frekvencije su 2456 MHz, 915 MHz i 433,92 MHz s valnim duljinama od 12.24 cm, 32,79 cm i 69 cm.

Mikrovalove nije moguće proizvesti običnim mehaničkim putem, nego je potreban poseban termionski ventil koji se naziva magnetron. Glavna funkcija magnetrona je da stvara visokofrekventnu struju potrebnu za stvaranje mikrovalova. Magnetron je posebna vrsta termionskog ventila, kojeg karakterizira centralno smješetna katoda i okolno smještena anoda. Koaksijalni kabel prenosi tu visokofrekventnu struju od magnetrona do antene odašiljača, tj. aplikatora. Aplikator se sastoji od antene i reflektora. Antena je smještena ispred metalnog reflektora, koji je metalna ploča koja usmjeruje mikrovalove u samo jednom smjeru.

Postoje razne veličine i oblici aplikatora, ali su najčešće pravokutnog ili kružnog oblika. Kružni aplikator proizvodi mikrovalove koji su kružni u presjeku te gušći na periferiji, nego u središtu. Pravokutni aplikatori proizvode valove koji su ovalni u presjeku, te su gušći u središtu nego na periferiji. Udaljenost aplikatora od kože bi trebala biti oko 10-20 cm, ali to može varirati ovisno o veličini aplikatora, ciljnom mjestu i stanju pacijenta. Ako se treba tretirati malo područje, aplikator bi trebao biti bliže koži, tj. tijelu (2-5 cm). Ako se treba tretirati veće područje tijela, aplikator bi trebao biti na većoj udaljenosti (10-15 cm) od tijela (Jagmohan 2011).

10. TERMIČKI I NETERMIČKI MEHANIZMI DJELOVANJA MIKROVALNE DIJATERMIJE

Termički učinci

Mikrovalna energija se apsorbira u tkiva preko kretanja dipolnih molekula i iona unutar elektromagnetskog polja. Ta vibracijska energija je zapravo toplina. Nadalje, dielektrična priroda tkiva omogućuje stvaranje topline preko relaksacije polarnih makromolekula, koje nastaje od distorzija uzrokovanih elektromagnetskim poljem. Ta energija otpuštena relaksacijom makromolekula se također otpušta u obliku topline. Stopa apsorpcije tkiva može se izračunati iz provodljivosti i dielektrične konstante (Grant 1981).

Raspodjela topline u tkivima nastala prolaskom mikrovalova ovisi o svojstvima širenja i apsorpcije ozračenih tkiva, te je nadređena nad već postojećim temperaturnim gradijentima u tijelu (Richardson 1954). Tkiva koja imaju veliki sadržaj vode karakteristično snažno apsorbiraju mikrovalove, stoga se mišići (Gersten, Wakim, Herrick, and Krusen 1949), organi ispunjeni tekućinom poput oka, izljevi u zglobovima zagrijavaju preferencijalno (Lehman & DeLateur 1982).

Dubina prodora mikrovalova varira ovisno o tkivu i frekvenciji. Mikrovalovi koji imaju frekvenciju od 2456 MHz prodiru 1.7 cm u mišić i kožu, i 11.2 cm u masno tkivo i kosti, dok se te vrijednosti kod mikrovalova frekvencije 915 MHz povećavaju na 3.04 cm i 17.7 cm (Moseley 1988).

Na konačnu raspodjelu topline u tkivima veoma utječe krvni protok, koji se može modificirati mikrovalnom dijatermijom (Lehmann, Brunner, McMillan, Silverman & Johnston 1964, Sekins, Dundore, Emery, Lehmann, McGrath & Nelp 1980). Površinska tkiva, umjereno zagrijavana, postižu svoju maksimalnu temperaturu nakon pet do deset minuta, nakon čega lokalna vazodilatacija onemogućuje daljnji porast temperature (Conradi & Pages 1989). Kontaktni aplikatori, koji imaju sistem cirkulirajuće rashladne tekućine, ograničuju taj porast temperature u koži te na taj način omogućuju snažnije zagrijavanje dubljih tkiva (DeLateur, Lehmann, Stonebridge, Warren & Guy 1970).

Netermički učinci

Pulsna mikrovalna dijatermija funkcionira na način da predaje kratke pulseve mikrovalnog zračenja visokog intenziteta. Zbog toga dolazi do kratkotrajnog porasta temperature, ali tokom vremena između dva pulsa dolazi do pojave hlađenja zbog konvekcije uzrokovane krvnim protokom. Smatra se da ovakav tretman proizvodi prave netermičke učinke elektromagnetskog zračenja, iako se neki učinci mogu objasniti kratkotrajnim porastom temperature koja nastaje tokom svakog pulsa (Wildervanck, 1978). Ovaj argument se također odnosi i na pulsnu kratkovalnu dijatermiju (Goats 1989). Pri primjeni slične srednje snage, nije nađena razlika, u terapeutskom učinku, između kontinuirane i pulsne mikrovalne dijatermije (Conradi & Pages 1989).

Neki autori ostaju skeptični prema netermičkim učincima mikrovalnog zračenja na biološke sustave, iako dolazi do pojave sve više dokaza koji opovrgavaju taj stav (Michaelson 1982). Sažeci Sovjetskih i Istočnoeuropskih studija, pokazuju mnoge biološke učinke pri količni izlaganja zračenju manjoj od 10 mW/cm^2, sa značajnim utjecajem nađenim pri količini od 150 $\mu W/cm^2$ i niže (McRee 1980).

Životinjski subjekti koji su proučavani u drugoj grupi, doživjeli su malu količinu zagrijavanja, ali je došlo do promjena u tjelesnoj težini i plodnosti; promjenjenoj endokrinoj aktivnosti, elektrolitnom balansu i EEG – u; inhibiciji fagocitoze neutrofila (Michaelson 1980) i promjeni funkcije neuronskih membrana (Blackman, Benane, Elder, House, Lampe & Faulk 1980). Mnoge od ovih observacija su potvrđene i na Zapadu te su potaknule diskusiju stvaranja smjernica za korištenje sigurnih struja, no priroda ovih učinaka, koja je ovisna o frekvenciji, često zasjenjuje njihovu važnost u elektroterapiji (Grant 1981).

Bilo koji netermički učinak je uzrokovan interakcijom elektromagnetnog polja i specifičnih tipova, ili skupina, receptornih molekula. Slabe međumolekularne i unutarmolekularne veze, reverzibilno su poremećene djelovanjem elektromagnetskog polja, što dopušta tim strukturama da promjene oblik i svoju biološku aktivnost (Cleary 1973). Novija istraživanja pokazuju da bi izlaganje mikrovalovima moglo izomerizirati aminokiseline, što bi moglo imati ozbiljne posljedice za metabolizam proteina (Lubec, Wolf & Bartosch, 1989).

Dokazi za direktan učinak elektromagnetnog polja na oblik biološki aktivnih molekula, poznat kao „model elektrokonformacijske spojke“, proizlaze iz rada sa Na^+/K^+ ATPazama. Te molekule nalaze se unutar stanične membrane i čini se da primaju energiju direktno od primjenjenog oscilirajućeg električnog polja. Energija se očituje naknadno kao povećana učestalost pumpanja Na^+ i K^+ kroz staničnu membranu. Ovaj mehanizam je bitan za mnoge stanične aktivnosti, ovisan je i o frekvenciji i jakosti polja, i zahtijeva da se energija slabog električnog polja pojača na staničnoj membrani kako bi došlo do pojave učinka (Tsong 1989).

11. TERAPIJSKI UČINCI MIKROVALNE DIJATERMIJE

Fiziološki i terapeutski učinci mikrovalne dijatermije su isto kao i kod kratkovalne dijatermije. Mikrovalna dijatermija je korisnija pri lokalnim bolestima više nego pri generaliziranim. Zagrijavanje je jače izraženo u mišićima, u odnosu na kratkovalnu dijatermiju, budući da zagrijavanje nastalo mikrovalnom dijatermijom ovisi o količni vode u tkivima. Može se koristiti u traumatskim i upalnim stanjima, degenerativnim artropatijama, entezopatijama, artritisima zglobova itd. Korisna je u liječenju mekih tkiva i površnih zglobova budući da je moguće ozračiti samo jedan dio tijela (Jagmohan 2011).

Toplina se često koristi kao tretman artritisa iako može aktivirati enzime odgovorne za uništenje zglobne hrskavice u reumatskim bolestima. Taj efekt se najbolje očituje tokom blagog zagrijavanja između 39-41^{o}C (Castor & Yaron 1976), dok pri temperaturama od 45^{o}C dolazi do denaturacije proteina i aktivnost kolagenaze je smanjena (Harris & McCroskery 1974). Eksperimentalna inhibicija metaboličke aktivnosti u životinjskom sinovijalnom tkivu pomoću topline je postignuta mikrovalnom dijatermijom pri 915 MHz. Aplikator mikrovalova je bio hlađen vodom i izrazito dobro usmjeren, što je omogućilo dobru lokalizaciju zračenja. Posljedična vazodilatacija je poboljšala prodornost protuupalnih lijekova u zglobnu pukotinu (Fadilah, Pinkas & Weinberger 1987).

Duboko zagrijavanje pomoću mikrovalne dijatermije daje značajno bolje terapeutske učinke, u odnosu na primjenu površinskog zagrijavanja, kada se primjenjuje kod pacijenata koji boluju od osteoartritisa koljena. Duboko zagrijavanje znatno olakšava bol i poboljšava funkciju zgloba koljena, kada se primjenjuje tri puta tjedno, kroz 4 tjedana te ta korist ostaje prisutna i u sljedećih godinu dana (Rabini et al 2012).

Glavni fiziološki učinci mikrovalne dijatermije su, inducirani zagrijavanjem tkiva koja dobro apsorbiraju tu energiju (poput mišića i prostora ispunjenih tekućinom poput zglobova) vazodilatacija, promjena mehaničkih svojstava vezivnog tkiva, povećana metabolička aktivnost i učinak na funkciju živaca. Terapeutski ove promjene ubrzavaju rezoluciju upale, smanjuju bol i obnavljaju normalnu funkciju kontrahiranom fibroznom tkivu (G.C. Coats 1990).

12. ZAKLJUČAK

Kratkovalna i mikrovalna dijatermija se mogu koristiti za liječenje i kontrolu reumatskih bolesti. Mogu se koristiti u dva načina rada: kontinuirani (termički) i pulsni koji može imati i termičke i netermičke učinke) način rada. Zagrijavanjem tkiva dolazi do pojave mnogih fizioloških učinaka poput vazodilatacije, promjene mehaničkih svojstava vezivnog tkiva, povećane metaboličke aktivnosti te učinka na funkciju živaca. Djelovanjem pulsnog načina rada dolazi do poboljšanja fagocitoze, povećanja broja bijelih krvnih stanica i protutijela koja pomažu u tjelesnim obrambenim mehanizmima te uklanjaju toksine iz tijela i pospješuje oksigenaciju. Upravo tim termičkim i netermičkim učincima dokazano poboljšavaju funkciju zglobova te olakšavaju bol u pacijenata koji pate od reumatskih bolesti.

13. ZAHVALE

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Porinu Periću na pomoći i razumijevanju prilikom izrade ovoga diplomskog rada.

Također zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na potpori tijekom cjelokupnog školovanja.

14. POPIS LITERATURE

Adey W (1988) Physiological signalling across cell membrane and co-operative influences of extremly low frequency EMF. In Frochlich H (ed) Biological Coherence and Response to External Stimuli pages 148-170. Heidelberg, Springer Verlag.

Akyol Y, Durmus D, Alayli G, Tander B, Bek Y, Canturk F, Tastan Sakarya S (2010) Does short-wave diathermy increase the effectiveness of isokinetic exercise on pain, function, knee muscle strength, quality of life, and depression in the patients with knee osteoarthritis? A randomized controlled clinical study**.** Eur J Phys Rehabil Med. 46(3): 325-336.

Blackman CF, Benane SG, Elder JA, House DE, Lampe JA, Faulk JM (1980) Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radiofraquency radiation: Effect of sample number and modulation frequency on the power-density window Bioelectromagnetics 1: 35-43.

Boyaci A, Tutoglu A, Boyaci N, Aridici R, Koca I (2013) Comparison of the efficacy of ketoprofen phonophoresis, ultrasound, and short-wave diathermy in kneeosteoarthritis. Rheumatol 33 (11): 2811-8.

Cameron M, Perez D, Otano-Lata S (1999) Electromagnetic radiation. In Cameron M (ed) Physical Agent in Rehabilitation from research to Practice chapter 10, pages 304-306. Philadelphia, WB Saunders.

Castor CW and Yaron M (1976) Connective tissue activation. VIII: The effects of temperature studied in vitro Arch Phys Med Rehabil 57: 5-9.

Charman R (1990) Bioelectricity and electrotherapy towards a new paradigm, Part 2, Cellular reception. Physiotherapy 76(1): 509-516.

Clarke GR, Willis LA, Stenner L, Nichols PJR (1974) Evaluation Of Physiotherapy in the treatment of osteoarthrosis of the knee. Rheumatology 13(4): 190–197.

Cleary S (1997) In vitro studies of the effects of non-thermal radiofrequency and microwave radiation. In: Bernhardt J, Mattes R, Repacholi M (eds) Proceedings; International Seminar on Biological effects of Non Thermal Pulsed and Amplitude

Modulated RF Electromagnetic Fields and Related Health Risks. Munich Nov. 1996. Published by International Commision on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) 1997, pages 119-130.

Cleary SF (1973) Uncertainties in the evaluation of the biological effects of microwave and radiofrequency radiation Health Phys 25: 387-404.

Conradi E, Pages IH (1989) Effects of continuous and pulsed microwave irradiation on distribution of heat in the gluteal region of minipigs. A comparative study Scand I Rehabil Med 21: 59-62.

DeLateur BJ, Lehmann JF, Stonebridge JB, Warren CG, Guy AW (1970) Muscle heating in human subjects with 915 MHz microwave contact applicator Arch Phys Med Rehabil 51: 147-151.

Delpizzo V, Joyner K (1987) On the safe use of microwave and shortwave diathermy units. Aust J Physiother 33(3): 152-162.

Draper D, Knight K, Fujiwara T (1999) Temperature change in human muscle during and after pulsed shortwave diathermy...including commentary with authors response. J Orthop Sport Phys Ther 29(1): 13-22.

Durney C, Christensen D (2000) Basic Introduction to Electromagnetics. Boca Raton, FL: CRC Press.

Erdman W (1960) Peripheral blood flow measurements during application of pulsed high frequency currents. Am J Orthop 8: 196-197.

Fadilah R, Pinkas J, Weinberger A (1987) Heating rabbit joint by microwave applicator. Arch Phys Med Rehabil 86: 710-712.

Foley – Nolan D (1990) Pulsed low energy high frequency fields: current status and future trends. Compl Med Res 4(3): 41-45.

Forster A, Palastanga N (1985) Clayton's Electrotherapy Theroy and Practice, 9th edn. London: Bailliere Tindall.

Fukuda TY, Alves da Cunha R, Fukuda VO, Rienzo FA, Cazarini C Jr, Carvalho Nde A, Centini AA (2011) Pulsed shortwave treatment in women with knee osteoarthritis: a multicenter, randomized, placebo-controlled clinical trial. Phys Ther 91(7): 1009-17.

Ganguly K, Sarkar A, Datta A et al (1996) A study of the effects of pulsed electromagnetic field therapy with respect to serological grouping in rheumatoid arthritis. J Med Assoc 96(9): 272-276.

Garret C, Draper D, Knight K (2000) heat distribution in the lower leg from pulsed shortwave diathermy and ultrasound treatment. J Athletic Training 35(1): 50-55.

Gersten JW, Wakim KG, Herrick JF, Krusen FH (1949) The effect of microwave diathermy on the peripheral circulation and on tissue temperature in man. Archives Of Physical Medicine 30: 7-25.

Goats GC (1989) Pulsed electromagnetic (short-wave) energy therapy Br J Sports Med 23 (4): 213-216.

Goats GC (1990) Microwave diathermy. Br J Sports Med 24(4): 212-8

Goldin J, Broadbent N, Nancarrow J et al (1981) The effect of Diapulse on the healing of wounds: a double blind randomised controlled trial in man. Br J Plastic Surg 34: 267-270.

Grant EH (1981) Biological effects of microwaves and radiowaves Proceedings Of The IEEE 128 A (9): 602-606

Guler-Uysal F, Kozanoglu E (2004) Comparison of the early response to two methods of rehabilitation in adhesive capsulities. Swiss Med Weekly 134: 353-358

Hand J (1990) Biophysics and technology of electromagnetichypothermia. In: Gautherine M (ed) Methods of External Hyperthermic Heating. Berlin: Springer

Harris E Jr, McCroskery PA (1974) The influence of temperature and fibril stability on degradation of cartilage collagen in rheumatoid synovial collagenase. N Engl J Med 290: 1-6.

He X, Weng X, Ye Y et al (2005) Study on thermal map distribution in phantom by shortwave capacitance coupled heating. Chin J Biomed Eng 24(5): 560-565.

Hill J, Lewis M, Mills P et al (2001) Pulsed shortwave diathermy effects on human fibroblast proliferation. Atch Phys Ther Rehab 83: 832-836.

Jagmohan S (2011) Microwave diathermy. In: Jagmohan S(ed) Manual of Practical Electrotherapy, 1st edn, pages 109-110. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers

Jan MH, Chai HM, Wang CL, Lin YF, Tsai LY (2006) Effects of repetitive shortwave diathermy for reducing synovitis in patients with knee osteoarthritis: an ultrasonographic study. Phys Ther. 86(2): 236-44.

Jan M, Lai J (1991) The effects of physiotherapy on osteoarthritic knees of female. J Formosan Med Assoc 90(10): 1008-1013.

Jan M, Ming H, Chung L et al (2006) Effects of repetitive shortwave diathermy for reducing synovitis in patients with knee osteoarthritis: an ultrasonographic study. Phys Ther 86: 236-244.

Klaber-Moffet J, Richardson P, Frost H et al (1996) A placebo controlled double blind trial to evaluate the effectivness of pulsed shortwave therapy for osteoarthritic hip and knee pain. Pain 67: 121-127.

Kloth L, Ziskin M (1996) Diathermy and pulsed radiofrequency radiation. In: Michlovitz S (ed) Thermal Agents in Rehabilitation, 3rd edn. Philadelphia: FA Davis.

Laufer Y, Ziberman R, Porat R et al (2005) Effect of pulsed shortwave diathermy on pain and function of subjects with osteoarthritis of knee: a placebo controlled double blind clinical trial. Clin Rehab 19(3): 255-263.

Leclaire R, Bourgouin J (1991) Electromagnetic treatment of shoulder periarthritis: a randomised controlled trial of efficiency and tolerance of magnetotherapy. Arch Phys Med Rehab 72: 248-287.

Lehmann J, DeLateur BJ (1990) Therapeutic heat. In Lehmann J (ed) Therapeutic Heat and Cold pages 470-474, 4th edn. Baltimore: MD, Williams & Wilkins.

Lehmann JF, DeLateur BJ (1982). Therapeutic heat. In Lehmann JF, ed. Therapeutic Heat and Cold, 3rd ed. Baltimore, Williams & Wilkins.

Lehmann JF, Mcmillan J.A., Brunner G.D., Blumberg J.B. (1959). Comparative study of the efficiency of short-wave, microwave and ultrasonic diathermy in heating the hip joint. Arch Phys Med Rehabil 40: 510-2.

Lehmann JF, Brunner GD, McMillan JA, Silverman DR, Johnston VC (1964) Modification of heating patterns produced by microwaves at the frequencies of 2456 and 900 Mc by physiologic factors in the human. Arch Phys Med Rehabil 45: 555-563.

Low J, Reed A (2000) Electrotherapy Explained: Principles and Practice, 3rd edn. Oxford, Butterworth-Heinemann.

Lubec G, Wolf C, Bartosch B (1989) Aminoacid isomerisation and microwave exposure Lancet 2(8676): 1392-1393.

Markov M, Colbert A (2000) Magnetic and electromagnetic field therapy. J Back Musculoskel rehab 15(1): 17-29.

Martin C, McCallum H, Strelley S et al (1991) Electromagnetic fields from therapeutic diathermy equipment: a review of hazards and precautions. Physiotherapy 77(1): 3-7.

McRee, D (1980) Soviet and Eastern European research on biological effects of microwave radiation Proceedings Of The IEEE 68(1): 84-91.

Michaelson S, Elson E (1996) Interaction of non modulated and pulse modulated radiofrequency fields with living matter: experimental results. In Polk C, Postow E (eds) Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields. Boca Raton, FL, CRC Press.

Michaelson SM (1980) Microwave biological effects: an overview Proceedings Of The IEEE 68(1): 40-49.

Michaelson SM (1982) Health implications of exposure to radiogrequency/microwave energies. Br I Ind Med 39: 105-119.

Morrissey L (1966) Effects of shortwave diathermy upon volume blood flow through the calf of the leg. J Am Phys Ther Assoc 46(9): 946-952.

Moseley H (1988) Non-lonising Radiation: Microwaves, Ultraviolet and Laser Radiation Medical Physics Handbook No. 18. Adam Hilger, Bristol

Nordenstorm B (1983) Biologically Closed Electric Circuits. Clinical Experiment and Theoretical Evidence for an Additional Circulatory System. Stockholm: Nordic Medical Publications.

Polk C, Postow E (1996) Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields. 2nd edn. Boca Raton, FL, CRC Press.

Pope L, Muresan M, Comorosan S et al (1989) The effects of pulsed high frequency radio waves on rat liver (ultrastructural and biomedical observations). Physiol Chem Phys Med NMR 21(1): 45-55.

Prentice W, Draper D (2001) Short and Microwave Diathermy. In: Prentice W (ed) Therapeutic Modalities for Physical Therapists, 2nd edn. New york: McGraw – Hill

Quirk A, Newman R, Newman K (1985). An evaluation of interferential therapy, shortwave diathermy and exercise in the treatment of the osteoarthrosis of the knee. Physiotherapy 71(2): 55-57.

Rabini A, Piazzini DB, Tancredi G, Foti C, Milano G, Ronconi G, Specchia A, Ferrara PE, Maggi L, Amabile E, Galli M, Bernabei R, Bertolini C, Marzetti E (2012) Deep heating therapy via microwave diathermy relieves pain and improves physical function in patients with knee osteoarthritis: a double-blind randomized clinical trial. Eur J Phys Rehabil Med 48(4): 549-59.

Richardson AW (1954) Effect of microwave induced heating on the blood flow through peripheral skeletal muscles Am I Phys Med 33: 103-107.

Scott S (2002) Diathermy. In: Kitchen S (ed) Electrotherapy Evidence – Based Practice chapter 11, pages 145-165. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Scott BO (1965) Shortwave diathermy. In: Therapeutic Heat and Cold Licht, S. (Ed), 2nd Edition, Chapter 11, 279- 309, Waverley Press, Baltimore.

Sekins KM, Dundore D, Emery AF, Lehmann JF, McGrath PW, Nelp WB (1980) Muscle blood flow changes in response to 915 MHz diathermy with surface cooling as measured by Xe133 dearance. Arch Phys Med Rehabil 61: 105-113.

Svarcova J, Trnavsky K, Zvarova R (1988) The influence of ultrasound, galvanic currents and shortwave diathermy on pain in patients with osteoarthritis. Scand j Rheumatol 67: 83-85.

Tenforde T (1996) Interaction of ELF magnetic fields with living systems. In Polk C, Postow E (eds) Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields. Boca Raton, FL: CRC Press.

Teslim OA, Adebowale AC, Ojoawo AO, Sunday OA, Bosede A (2013) Comparative effects of pulsed and continuous short wave diathermy on pain and selected physiological parameters among subjects with chronic knee osteoarthritis. Technol Health Care 21(5): 433-40.

Tsong, Yow Tian (1989) Deciphering the language of cells TIBS 14: 89-92.

Tzima E, Martin C (1994) An evaluation of safe practice to restrict exposure to electric and magnetic fields from therapeutic and surgical diathermy equipment. Physiol Meas 15: 201-216.

Van der Esch M, Hoogland R (1991) Pulsed shortwave therapy with Curapuls 403. Delft: Enraf Nonius.

Valtonen E, Lilius H, Svinhufvud U (1973) Effects of three modes of application of shorwave diathermy on the cutaneuous temperature of the leg. Eur Medicophys 9: 49-52.

Wildervanck A (1978) Pulsed microwave diathermy Biomed Tech 23(7-8): 158-165.

Wadsworth H, Chanmugham P (1983) Ecectrophysical Agents in Physiotherapy, 2nd edn, Marrickville New South Wales; Science Press.

Ward (1980) Electricity, Fields and Waves in Therapy. Marrickville New South Wales: Science Press

Watson T (2006) Electrotherapy and tissue repair. Sport Ex Med 29: 7-13.

Yung P, Unsworthy A, Haslock I (1986) Measurement of stiffness in the metacarpophalangeal joint: the effects of physiotherapy. Clin Phys Physiol Meas 7(2): 147-156.

15. ŽIVOTOPIS

Rođen sam u Zagrebu, 09.07.1991. godine. U Zagrebu sam završio osnovnu školu „Augusta Šenoe“ 2006. godine. Završio sam Petu gimnaziju u Zagrebu 2010. godine. Nakon završene srednje škole i položene državne mature, 2010. godine upisao sam Medicinski fakultet u Zagrebu.