

Zavod za bolesti zubi
Stomatološkog fakulteta, Zagreb
predstojnik Zavoda prof. dr sci. dr Z. Njemirovskij

Zavod za rehabilitaciju i ortopedska pomagala KBC Medicinskog fakulteta, Zagreb
predstojnik Zavoda prof. dr V. Mandić

Primjena ultrazvuka u fizijatriji i stomatologiji

Z. JUGOVIĆ-GUJIĆ i V. CVITANOVIĆ

Suvremena fizikalna medicina i stomatologija ne zahtijevaju samo solidno znanje anatomije, fiziologije i patofiziologije i vladanje vještinom liječenja, već traže i da terapeut bude upućen u rad različitim terapijskim aparatima, kojima su odjeli opremljeni. Većina tih uređaja je bazirana na elektronici i proizvodi ili elektromagnetske radijacije, ili, kao ultrazvučni uređaj, mehaničke oscilacije, kao efektivnu energiju. Za kritičku primjenu ljekovitih postupaka, temeljenih na uporabi fizikalnih činilaca, potrebno je, međutim, poznavanje i razumijevanje medicinske fizike, kao i objektivno dokazanih bioloških učinaka, to više, što je često zaista teško objasniti, kako neka procedura poboljšava stanja.

Posebno u pogledu novijih oblika liječenja, a takvim još uvijek možemo smatrati i primjenu ultrazvuka, pristup može biti nekritički, da ne kažemo pomodan, pogotovo ako ne raspolažemo vjerodostojnim statističkim informacijama, o tomu da je primijenjena terapija, a ne slučaj ili vrijeme, izliječilo bolesnika (G i l l m a n n¹). Stoga smatramo, da je korisno, u svrhu produbljivanja spoznaja o primjenjivanim terapijskim sredstvima — u ovom slučaju ultrazvuku — usporediti dostignuća, čak i međusobno relativno udaljenih grana, kao što su fizijatrija i stomatologija.

Ultrazvučni uređaji su aparati, kojih je pogon doduše električki, ali aplikator proizvodi mehaničke vibracije, a ne elektromagnetske oscilacije.

Te vibracije ultrazvučni valovi, fizikalno promatrano, spadaju u područje akustike, iako su nečujni, jer im je frekvencija viša od gornje granice čujnosti čovjeka.

S porastom frekvencije, ultrazvuk donekle mijenja neka svoja svojstva u odnosu na čujni zvuk, naročito u pogledu disperzije i refleksije. Primjenjuju se frekvencije od 20 KHz do nekoliko MHz, ovisno o svrsi.

Brzina širenja ultrazvuka je karakteristična za medij u kojem se vibracije šire, i iznosi od 330 m/sek u zraku, do 4000 m/sek u krutim tijelima. U vodi i mekim tkivima, brzina im je 1500 m/sek, a u koži i kostima pokazuje neznatno odstupanje.

Ultrazvuk možemo sebi predočiti kao niz periodičkih (K o e p p e²) zgusnuća i razređenja medija kroz koji se širi, možemo izračunati izmjenični ultrazvučni tlak, ako znamo brzinu rasprostiranja c i gustoću medija ρ (ro). Ta je u ljudskog tkiva

približno 1. Ultrazvučni tlak je razmjernan primijenjenom intenzitetu J, i frekventno je neovisan

$$p \cdot \text{eff.} = \sqrt{J\rho c}$$

Čestice medija, koje prilikom širenja ultrazvuka vrše sinusoidno gibanje oko točke mirovanja, dobivaju pritom čestičnu brzinu \underline{v} , također neovisnu o frekvenciji.

$$v_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{J}{\rho c}}$$

Amplituda titraja \underline{x} čestica ovisi, međutim, i o frekvenciji.

$$x = \frac{1}{\omega} \sqrt{2J/\rho c} = 2$$

gdje je $\omega = 2\pi f$

I ubrzanje čestica b i gradijent tlaka Δp , ovisni su o frekvenciji i intenzitetu, no dok amplituda s porastom frekvencije opada, b i Δp rastu uz isti intenzitet.

Odnos ultrazvučnog tlaka i intenziteta izražava se u W/cm^2 . Prosječna primjenjivana snaga ultrazvuka u terapiji, kreće se između 1 do 5 W/cm^2 pa su vrijednosti ubrzanja 10^3 do 10^4 veće nego zemljina akceleracija, a gradijenti tlaka se kreću od 1 do 10 atmosfera po cm^2 . Ako se uzmu u obzir te veličine, lako je razumjeti da u ozvučavanim tkivima, u vrijeme vlaka, dolazi do takvih napona rastezanja, zbog kojih se pojedine mikrostrukture odjeljuju, formirajući mikroskopski sitne šupljine (kavitacija). Već u slijedećem, tlačnom poluvremenu, te se šupljine velikom žestinom kolabiraju, a tlak u neposrednoj blizini poraste do nekoliko stotina atmosfera, iako u minijaturnim volumenima.

Molekule oko središta tih zbivanja izvode brza kretanja, koja dosežu red veličine *Brownovog* gibanja, a s tim je u vezi i lokalno povišenje temperature.

Opisanim se pojavama pridružuju promjene električkih potencijala, na kavitacijskim plohama, kao i na molekulama, prvenstveno bjelančevina, formiranjem dipola. Stoga su biološki učinci ultrazvuka specifične prirode pa se ne mogu proizvesti elektroterapijskim ili drugim sredstvima.

U fizikalnoj medicini, terapijski se ultrazvuk primjenjuje već duže vrijeme, kao standardna metoda liječenja. Upotrebljavaju se frekvencije od 175 KHz do približno 1 MHz. Većina uređaja u nas radi na frekvenciji 800 KHz. Ultrazvuk se može primijeniti kontinuiran — neprekinut, ili u nizu impulsa, odijeljenih pauzama. Upotreba impulsnog pulsirajućeg ultrazvuka temelji se na postojanju bioloških vremenskih faktora razgradnje stvorene topline i omogućava aplikaciju mehaničkih učinaka ultrazvuka, bez nepoželjne akumulacije topline u ozvučavanom području.

Terapijski se iskorištavaju biološki učinci ultrazvuka (*Cvitaniović*). Kao što su vazodilatacija i hiperemija, intracelularna masaža, formiranje i cijepanje biokemijskih aktivnih sklopova molekula i povećanje permeabilnosti staničnih membrana. Daljnji efekti s kojima računamo su inkubacija simpatikusa, analgezija i antalgija, inhibicija nebakterijskih upalnih procesa, spazmoliza, ubrzanje kretanja limfe i pospješivanje apsorpcije tkivnih otpadaka, uz stimulaciju metabolizma.

Najčešće indikacije za terapiju ultrazvukom su, između ostalog, slijedeće: periferne vazopatije, neke dermatoze, ožiljci i koloidi, lezije mišića i njihovih hvatišta, lezije tetiva, neuralgije, burzitis, M. S c h l a t t e r, diskopatije i artroze.

Ultrazvuk se u fizioterapiji primjenjuje na više načina, dobro razrađenom tehnikom: metodom direktnog kontakta, metodom imerzije, metodom vodoskoka, kao varijantom imerzijskog načina i metodom voštanog čunja, ovisno o indikaciji i mjestu aplikacije.

Lista kontraindikacija za ultrazvuk neprestano se mijenja, budući da napredak znanosti i sve veće iskustvo utječu na tehniku primjene i određivanje indikacija.

Današnji uređaji su već znatno usavršeni, a, kako im je izlazna snaga ograničena, uz solidnu tehniku rada, praktički je isključeno ozbiljnije oštećenje tkiva, no to ne znači da njima ne možemo prouzročiti bol i promašiti svrhu liječenja.

U stomatologiji, ultrazvuk ima znatno uže polje indikacije i primjene. U stomatološkoj praksi su prije tridesetak godina O m a n i O p p e l b a u m (c i t. p o L e t i c i⁴) prvi puta primijenili ultrazvuk (C a v i t r o n S a n o s t a t 812) za preparaciju kaviteta zuba. Međutim, iako se rad očitovao velikom brzinom i ugodnošću za pacijenta, primjena C a v i t r o n a se nije dugo zadržala iz više razloga: aparatura je bila preskupa, nastavak, koji se upotrebljavao za preparaciju kaviteta brzo se trošio, uslijed nedovoljne mehaničke otpornosti nikla, i, konačno, za terapeuta važan podatak, radno je polje bilo nepregledno zbog karborund kaše. Naime, kao abrazivno sredstvo se upotrebljavala voda sa silicijevim karbidom, aluminijevim oksidom itd, a ta je kaša ujedno hladila kavitet zuba i svojom prisutnošću ometala normalan rad.

Konačno, možemo spomenuti, da je primjena ultrazvuka za preparaciju kaviteta došla prekasno, radi sve veće upotrebe visokoturažnih bušilica, koje su razvijale brzinu od dvije stotine tisuća okretaja u minuti, a bile su jednostavnije po konstrukciji i jeftinije. Međutim, iako su te visokoturažne bušilice donijele nove probleme, kao ekscesivno razvijanje topline trenja i pojavu visoko tonskih vibracija (7 kHz) velikog intenziteta, čiji drugi harmonij pada u ultrazvučno područje, ipak su one brzo potisnule C a v i t r o n u preparaciji kaviteta.

Histološka istraživanja su pokazala, da je upotreba C a v i t r o n a izazvala različite patološke promjene okolnog tkiva. Tako su, nakon primjene ultrazvučne energije, bili primijećeni poremećaji u amelogenezi, promjene u dentinskoj strukturi i patološke promjene pulpe nekih životinja (G r e e n i S a n d e r s o n⁵). Pronađene su i histopatološke promjene, koje su se razvijale od rane degeneracije pulpe, zatim paradontne membrane i alveolne kosti, prema ankilozi i kompletnoj nekrozi koštane supstancije. Uz to su bile zapažene i promjene u koštanoj moždini, krvnim žilama i regionalnim žlijezdama slinovnicama.

Međutim, kasnije su studiranja histopatoloških slika, na mlječnim i trajnim ljudskim i majmunskim zubima, pokazala, da nije došlo do ireverzibilnih oštećenja, ako se aplicirala pravilna tehnika (G r e e n i S a n d e r s o n⁵).

Zbog anatomske-topografskog odnosa odgovarajućih regija i vrlo velike razlike u prostiranju ultrazvučne energije kroz različita tkiva, u stomatološkoj je praksi vrlo važno pitanje izbora intenziteta ultrazvučne energije. Ovdje totalno producirana energija ne prelazi nekoliko desetinka do 1 W. Naknadna su istraživanja pokazala, da C a v i t r o n stvara najmanje poremećaje prilikom njegove aplikacije na zub.

Dok su još postojala različita mišljenja o upotrebi Cavitrona u konzervativne svrhe, Zinner ga je prvi put upotrijebio, 1955. god, za skidanje zubnog kamenca. Tu je Cavitron našao brzu i široku primjenu, radi brojnih prednosti, kao što su brzo, ugodno i bezbolno skidanje supra i subgingivnih naslaga na zubnim ploham, ispiranja samog zuba i gingivnog džepa mlazom vode i masaže zubnog mesa. Ova masaža i vibracija povoljno utječu na parodontna oboljenja, jer nakon skidanja zubnog kamenca rapidno dolazi do reduciranja edema i upale marginalne gingive. Neznatna popratna krvarenja, kao i manja oštećenja gingive i parodontnog tkiva, uz pravilno rukovanje Cavitronom, zanemariva su, ako ih uspooredimo s oštećenjima, koje može izazvati manualna tehnika skidanja zubnog kamenca. Konačno, manje je naporno za pacijenta i za terapeuta pa se primjena Cavitrona zadržala do danas, na obostrano zadovoljstvo.

Kompariranjem manualne i ultrazvučne tehnike, pronađeno je, da su obje tehnike u krajnjem ishodu jednako djelotvorne (Stewart⁸). Međutim, Tolens⁷ apsolutno prihvaća Cavitron, kao jedino sredstvo izbora i smatra da se u drugim stomatološkim granama ne može primjenjivati s tolikim uspjehom. Pristaše manualnog skidanja zubnog kamenca, i to posebno subgingivnog, smatraju, da se jedino tankim i oštrim instrumentima, promjera 0,6 mm i pod kutom od 85 stupnjeva, može lege artis odstraniti sva nečistoća sa zubnih ploha.

Poznajući ultrazvučne efekte na mjestu njegovog djelovanja (antiflogistički, analgetički, spazmolitički i fibroplastički), Petrović⁸ je u nas prvi počeo primjenjivati ultrazvuk za liječenje parodontopatija (1958). Godinu dana kasnije, ultrazvuk je upotrijebio u dijagnostičke i terapijske svrhe, u liječenju dentogenih žarišta. Za dijagnosticiranje dentogenih žarišta, dolazi do izražaja mehanička komponenta ultrazvuka. Naime, tom se metodom vrši provokacija fokusa, tj. umjetno se aktivira oboljeli zub (Jefić—Bradvarović⁹). Međutim, ovaj test nije imao široku primjenu, jer je provokacija fokusa mogla izazvati ozbiljna pogoršanja u oblasti konsektivnog oboljenja, kao i područja samog žarišta.

Želja za boljim ispunima amalgamom navela je skupinu autora na primjenu Cavitrona u konzervativne svrhe (Rost¹⁰). Rezultati dobiveni tom tehnikom zaslužuju pažnju iz više razloga: vrijeme punjenja je skraćeno u odnosu na ručnu tehniku, kondenzacija amalgama je mnogo bolja, dok su ispitivanja tvrdoće pokazala u svim slojevima značajnu i ravnomjernu tvrdoću. Pomoću replika tehnike, primijećeno je da su amalgamski ispuni siromašniji na porama, kojih gotovo uvijek ima ako se radi manualno. Mjerenje marginalnih pukotina profilografom su pokazala znatno bolju adaptaciju uz zidove kaviteta pa se može očekivati, da će ova metoda smanjiti opasnost od sekundarnog karijesa. Sad ostaje pitanje: zadržavaju li zubne ordinacije, upotrebom ultrazvuka, više živinih para, nego kad se ručno pune amalgamski ispuni. Pokusi, koji su bili vršeni da bi se to ustanovilo, nisu pokazali značajnije razlike u zagađenosti živinim parama, prilikom primjene obije tehnika (Nosek i Seidel¹¹).

Posljednjih nekoliko godina, ponovno se istražuju veće mogućnosti i prednosti kavitrona, ali i eventualne reperkusije njegove primjene na okolne organe. Tako su neki autori pokušali njime odstraniti višak fosfatnog cementa ispod fiksnih ortodontskih šinja, što se ubrzo pokazalo dvostruko korisnim: lakše i ugodnije skidanje viška cementa i smanjena topljivost fosfata (Shaver i Siegel¹²). Ta tehnika je produljila trajnost fiksnih šinja na zubima.

Pokušaj da se ultrazvučna energija iskoristi za dezinfekciju i sterilizaciju, nije urodio očekivanim rezultatima. Međutim, kombinacija ultrazvuka i dezinficijensa, pokazala je dobre rezultate. Naime, autori su, primjenjujući ultrazvuk na različita dezinficijentna sredstva nižih koncentracija, uspjeli pojačati njihovo djelovanje. Oni su tim načinom uspješno dezinficirali totalne i parcijalne proteze, što može biti vrlo korisno u sprečavanju prenošenja infekcije, s proteza na osoblje koje vrši reparature, odnosno koje njima rukuje (G r ü n—E n g e l h a r d t¹³).

Referat, nedavno objavljen u talijanskom časopisu, otvorio je primjenu ultrazvuka u endodonciji. Autor je punio korijenske kanale ultrazvukom, a kao sredstvo je upotrijebio kalcijev hidroksid (S o u l i e¹⁴). Smišljeno je upotrijebio kalcijev hidroksid, jer ovaj preparat najmanje reagira na povećanu temperaturu, koja se, prilikom aplikacije ultrazvuka, morala razviti u malom prostoru.

Prije nekoliko godina je bio opisan slučaj negativne reperkusije ultrazvuka na susjedne organe. Naime, nakon skidanja zubnog kamenca, primijećene su reverzibilne promjene u percepciji sluha. Autori su, prije skidanja zubnog kamenaca na gornjoj čeljusti, uzeli tim pacijentima audiogram, kao i nakon zahvata i primijetili su reverzibilne promjene u percepciji sluha, od 10 — 20 DB, kao i zujanje u ušima, u trajanju od pola sata. Ove promjene nisu zapažene u svih pacijenata. Međutim, nešto slabije izražene promjene u percepciji sluha, bile su primijećene i u kontrolnoj skupini pacijenata, koji su samo imali otvorena usta oko pola sata (G r e v s t a d i C h r i s t o f e r s e n¹⁵). Ovo zapravo upućuje, da se još uvijek mogu očekivati neugodna iznenađenja, prilikom upotrebe C a v i t r o n a u stomatološkoj praksi i da još uvijek nisu ispitane sve mogućnosti, kao i reperkusije na okolne organe.

Konačno, možemo reći, da upotreba ultrazvučne energije, u bilo kojem području medicine, zahtijeva oprez, jer će samo pravilna i znalačka primjena, smanjiti mogućnost negativnih posljedica.

S a ž e t a k

Imajući u vidu sve veću rasprostranjenost terapijskih i dijagnostičkih uređaja, baziranih na primjeni ultrazvuka, autori su usporedili aktualnu uporabljivost i pouzdanost aplikacije ultrazvuka u fizijatriji i stomatologiji.

Nakon što su iznijeli bazične, fizikalne principe, opisali su fizikalne i biološke promjene u insoniranom tkivu, a zatim su kratko nabrojili indikacije i metode primjene u fizijatriji. Posebno su iznijeli mogućnosti primjene ultrazvuka, kao i dosad postignute praktičke rezultate u raznim granama stomatologije.

S u m m a r y

THE APLICATION OF ULTRASOUND IN PHYSIATRY AND STOMATOLOGY

Because of the increasing use of therapeutic and diagnostic methods using ultrasound, the authors have compared the usage and the certainty of the application of ultrasound in physiatry and stomatology.

After rewieing the basic principles, the physical and biological changes in the insoned tissue are described. In short indication and methods of application in physiatry are given. Apart the possibilities of ultrasound and the achieved results in various parts of stomatology are mentioned.

Zusammenfassung

DIE ANWENDUNG VON ULTRASCHALL IN PHYSIATRIE UND STOMATOLOGIE

Uusgehend von der Tatsache einer grossen Anwendung von therapeutischen und diagnostischen Methoden mittels Ultraschalles, die Verfasser vergleichen die aktuelle Anwendung und Sicherheitsbreite dieses Verfahrens in der Medizin und Stomatologie.

Nachdem die Grundprinzipie, sowie physikalische Eigenschaften beschrieben sind, werden Änderungen im insonnierten Gewebe betrachtet und dann sind die Indikationen und Methoden gegeben. Es werden spaziell die Möglichkeiten einer Anwendung des Ultraschalles in der Zahnheilkunde sowie die bisherigen praktischen Resultate in verschiedenen Fächern der Stomatologie beschrieben.

LITERATURA

1. GILMANN, M.: Physikalische Therapie, Thieme, Stuttgart, 1966
2. KOEPPEN, S. Die Anwendung des Ultraschalls in der Medizin, Hippokrates Verlag, Stuttgart, 1951
3. CVITANOVIĆ, V.: Fizikalna medicina, skripta, Zagreb, 1975
4. LETICA, Lj.: SGS, 3:13, 1957
5. GREEN, G. H., SANDERSON, A.: J. Periodont., 36:1022, 1965
6. STEWART, J. L., DRISKO, R. R., HERLACH, A. D.: JADA, 75:153, 1967
7. TOLENS, S. H.: Rev. Belge Med. Dent., 24:289, 1969
8. PETROVIĆ, L., JEFTIĆ, Lj.: SGS, 5:56, 1958
9. JEFTIĆ-BRADVAROVIĆ, Lj.: SGS, 3:52, 1959
10. ROST, A.: DZZ, 22:486, 1967
11. NOSEK, H., SEIDEL, W.: Dtsch. Stom., 19:787, 1969
12. SHAVER, R., SIEGEL, J. I.: JDR, 54:206, 1975
13. GRŪN-ENGELHARDT, J. P.: DZZ, 8:627, 1976
14. SOULIE, J.: RIS, 6:31, 1976
15. GREVSTAD, M. A., CHRISTOFERSEN, T.: J. Clin. Periodont., 3:123, 1976