

# Magnetno polje u stomatološkoj ordinaciji

Dino Buković<sup>1</sup>  
Vlado Carek<sup>1</sup>  
Jadranka Keros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zavod za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

<sup>2</sup>Zavod za antropologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

## Sažetak

*U radu su mjerena magnetna polja u zubnim ordinacijama uz pomoć posebno konstruirane naprave s Hallovim pokusom. Napravom su se mjerili srednji kvadrati udaljenosti magnetnoga polja u ovisnosti o položaju pojedinog stomatološkog uređaja u prostoru. Dobiveni su podatci analizirani metodom jednostavne statističke regresije.*

*Istraživanja su pokazala da je jakost magnetnoga polja većine ispitivanih uređaja neopasna za čovjeka. Ona se smanjuje što je udaljenost veća od izvora zračenja. Stariji uređaji zrače jače od uređaja novije proizvodnje.*

**Ključne riječi:** magnetno polje, stomatološki uređaji.

Acta Stomat Croat  
2001; 451-457

IZVORNI ZNANSTVENI  
RAD

Primljeno: 1. veljače 2001.

Adresa za dopisivanje:

Mr. sc. Dino Buković  
Zavod za stomatološku protetiku  
Stomatološki fakultet  
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb  
Tel. 01/4802-125  
Faks: 01/4802-159

## Uvod

Živimo u trajnom okruženju mnogobrojnih elektromagneta i njihovih polja, a i planet Zemlja veliki je magnet s jakim magnetnim poljem. Ne čudi stoga davna čovjekova želja da spozna djelovanje magnetna i magnetskih polja kako bi ih upotrijebio i podredio svojim potrebama. Raznolikost podataka o mjerenjima, vrijednostima i uporabi magnetna u biomedicini upozorava na brojne nedoumice koje treba razriješiti. I ovaj je rad zapravo plod tih nastojanja.

Tijekom povijesti magneti i magnetno polje bili su izvorom mnogih otkrića koja su pomogla da se spozna Zemljin magnetizam i i rastumače mnoge pojave u prirodi, ali pripomogla i razvoju navigacije te mnogih znanstvenih disciplina pa i izučavanju elektromagnetnog polja u biomedicini i posebice u

stomatologiji. Tim su istraživanjima dokazana poželjna, ali i nepoželjna djelovanja i magnetnih polja (1-5).

Umjetni izvori istosmjernih polja čine pretežito permanentni magneti upotrebljeni u retenciji proteza, elektromagneti iz raznih uređaja, te remanentni magnetizam u alata. Jakost tih polja s udaljenošću naglo opada, pa je njihov iznos u prostoru praktično nemjerljiv (6, 7).

Svrha je rada bila utvrditi i opisati izvore magnetnih polja u stomatološkim ordinacijama. Naznačena su istosmjerna i izmjenična magnetna polja, mjerenja su obavljena do razine mikrotlesle ( $\mu\text{T}$ ) samo uz površinu predmeta koji su zadržali remanentni magnetizam. Pri mjerenju je potrebno izdvojiti učinak Zemljina magnetnog polja ( $\sim 10 \mu\text{T}$ ) koje je istosmjerno i svenazočno u prostoru. Oscilacije Zemljina polja ovise o godišnjim dobima,

Sunčevim aktivnostima i poremetnjama u svemiru, a iznose od 0,1 do 1  $\mu\text{T}$ .

Da bismo proveli svoj naum konstruirali smo uređaj koji točno mjeri izmjenična magnetna polja u prostoru ordinacije uz oduzimanje istosmjerne sastavnice Zemljina magnetnog polja. Svrha je uređaja bila izmjeriti srednje kvadratne vrijednosti polja (RMS) u ovisnosti o položaju istraživanih uređaja u prostoru.

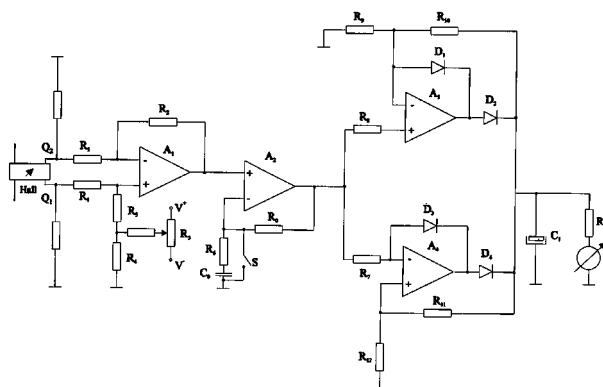
### Materijal i metode

Za mjerenje magnetnog polja upotrebljen je uređaj vlastite proizvodnje što radi na načelu Hallova učinka. Uređaj mjeri magnetna polja s pomoću Hallova osjetnika koji se napaja s 5 - 10 volti i koji je zajedno s pretpojačalom integriran u jedan sustav. Izlaz iz osjetnika je diferencijalan ( $Q_1$ - $Q_2$ ) i proporcionalan vrijednosti mjerene magnetne indukcije  $B$ . S obzirom na to da su vrijednosti izmjeničnih polja u ordinacijama malene, potrebno je s pomoću pojačala  $A_1$  napon s diferencijalnog izlaza ( $Q_1$ - $Q_2$ ) pojačati oko 100 puta. Istosmjernu pogriješku pojačala potrebno je kompenzirati na otporima biranjem napona između  $V+$  i  $V-$  prikladnim potencijetrom  $R_Z$ .

Budući da u prostoru stalno postoji najmanje istosmjerno Zemljino magnetno polje indukcije oko  $\sim 10 \mu\text{T}$ , potrebno je to polje, kao i ostala moguća istosmjerna polja, izuzeti iz mjerenja izmjeničnog polja. To se postiže s pomoću pojačala  $A_2$ , koji ima funkciju filtra. Filtriranje istosmjernih signala provodi se s pomoću kruga  $R_0$ - $C_0$  na invertiranom ulazu pojačala. Ako se želi mjeriti istosmjerno polje, kondenzator  $C_0$  premosti se sklopkom  $S$ .

Izlaskom iz pojačala  $A_2$  signal je još uvijek izmjeničan i neprikladan za mjerenje. Zbog toga obavljamo integriranje signala u pojačalu  $A_3$  putem otpora  $R_4$  i  $R_x$ - $C_x$  usporedne povratne veze u pojačalu  $A_3$ . Da bi signal stabilizirali, dodatno ga preporučujemo s pomoću diode  $D$  na kondenzator  $C_1$ . Uređaj se napaja iz mreže 220 V preko ispravljača koji daje na izlazu +10 (Slika 1).

Hallov osjetnik smješten je na posebnom držaču od aluminijske legure kako bi se lakše približio objektima mjerenja. Zemljino polje kao i ostala moguća istosmjerna polja izuzeta su iz mjerenja izmjeničnoga polja.



Slika 1. Shema uređaja za mjerenje magnetnoga polja  
Figure 1. The design of the device for measuring the magnetic field

Istraživani uzorak činili su razni uređaji u nama dostupnim stomatološkim ordinacijama:

- Svjetiljka tipa halogenih rasvjetnih tijela razmjerno je snažan izvor elektromagnetnoga zračenja koje dolazi do transformatora putem kojih se žarulja napaja. Transformatori pretvaraju napon do razine od 115 volti i isjava kao jako ac polje. Sama svjetiljka jak je izvor zračenja zbog jakih pulzirajućih struja u prostoru izboja.
- Glavni dio miješalice za amalgam sinkroni je motor s prilagodivim brojem okretaja koji je redovito jak izvor elektromagnetnoga zračenja, premda suvremene miješalice već imaju riješen problem toga zračenja. Brzina okretaja se mijenja približno kao i frekvencija zračenja od 3.000 do 4.000 okretaja u minuti.
- Izvor magnetnoga polja mikromotora jesu elektromagneti koji ih pokreću. Elektromagneti su izvor razmjerno maloga magnetnog polja i djeluju na malim udaljenostima pa pri radu djeluju na stručno osoblje svojim maksimalnim poljem. To je ujedno i bio razlog zbog kojega smo ih posebno testirali.
- Stomatološki stolac pokazuje najveći izvor zračenja na mjestu priključka na električnu mrežu gdje mogu biti smještene prigušnice, transformatori i starije verzije osigurača. Važno je napomenuti da stomatološki stolci novije proizvodnje ne emitiraju elektromagnetno zračenje koje bismo osjetljivim gaussmetrom mogli detektirati na starijim modelima stomatoloških stolaca.

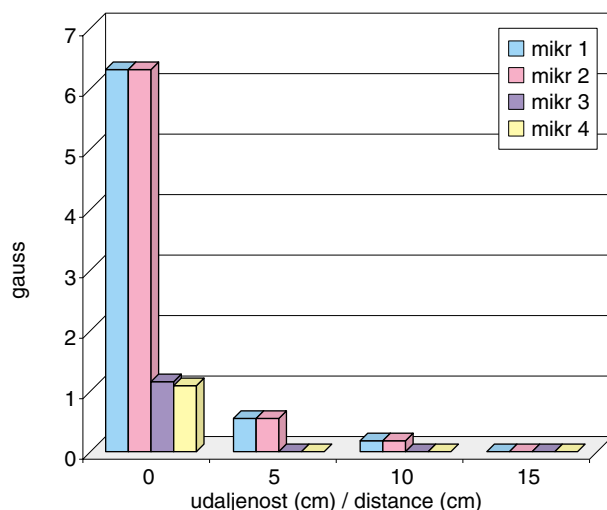
Uređaj za mjerenje magnetnoga polja baždari smo anulirajući Zemljino magnetno polje i magnetna polja uzrokovana različitim vodičima. Zatim smo odredili mjesto na kojemu je jakost magnetnoga polja najveća i to mjesto uzeli kao početno mjesto mjerenja jakosti magnetnoga polja određenog uređaja. Nakon toga smo uređaj za mjerenje magnetnoga polja odmicali za po 5 cm od početnoga položaja, te ponavljali mjerenja dok nismo došli na nultu vrijednost jakosti magnetnoga polja određenog uređaja.

## Rezultati

Služeći se posebno konstruiranim uređajem i opisanim načinima mjerenja, dobiveni su odnosi jakosti magnetnoga polja ovisno o udaljenosti među ispitivanim objektima (mikromotori, stomatološki stolci, halogene svjetiljke, stomatološke svjetiljke i miješalice za amalgam).

Odnosi jakosti magnetnih polja izraženih u gasima naspram udaljenosti od izvora zračenja istražen je u četiri tipa mikromotora i prikazan na Slici 2, i isto tako u četiri tipa stomatoloških stolaca (Tablica 1).

Utvrđeni su i odnosi jakosti magnetnih polja i udaljenosti između pet tipova heliosvjetiljaka, te



Slika 2. Grafički prikaz jakosti magnetnoga polja u ovisnosti o udaljenosti između istraživanih mikromotora

Figure 2. Graphic presentation of the force of the magnetic field, depending on the distance between the investigated micromotors

Tablica 1. Odnos jakosti magnetnoga polja i udaljenosti od izvora zračenja u četiri tipa stomatoloških stolaca

Table 1. The force of the magnetic field expressed in gauss in relation to the distance from the source of the magnetic radiation for four types of examined dental chairs

| Tip stolca / Type of chair | Udaljenost od izvora / Distance from the source (cm) | Jakost magnetnoga polja / Force of the magnetic field (Gauss) |
|----------------------------|--|---|
| Jugodent (MAS 1)           | 0  | 5.20  |
|                            | 5  | 0.90  |
|                            | 10   | 0.30  |
|                            | 15   | 0.00  |
| MAS 2                      | 0  | 25.40   |
|                            | 5  | 8.40  |
|                            | 10   | 3.50  |
|                            | 15   | 1.35  |
|                            | 20   | 0.52  |
|                            | 25   | 0.22  |
|                            | 30   | 0.07  |
| Siemens (MAS 3)            | 0  | 25.40   |
|                            | 5  | 8.40  |
|                            | 10   | 3.50  |
|                            | 15   | 1.35  |
|                            | 20   | 0.52  |
|                            | 25   | 0.22  |
|                            | 30   | 0.07  |
| Kavo Systematica (MAS 4)   | 0  | 0.40  |
|                            | 5  | 0.00  |

stomatoloških svjetiljaka i miješalice za amalgam. Za raščlambu dobivenih podataka odabrana je metoda jednostavne statističke regresije. Zbog nužnosti obradbe podatci su iz eksponencijalnog modela transformirani u linearni, što je dobiveno korjenovanjem podataka.

Regresijska jednadžba je statistički izraz s pomoću kojega računamo vrijednost magnetnoga polja u bilo kojoj točki prostora temeljem dobivenih izmjera. S pomoću varijance i standardne devijacije procjenjujemo odstupanja, tj. moguću pogrešku nastalu pri prilagođavanju podataka statističkom regresijskom modelu. Ta su odstupanja, kako smo ustanovili, iznimno mala. Uvidom u koeficijent determinacije utvrđujemo koliko je dobivenih poda-

taka protumačeno regresijskim modelom (Tablica 2). Iz nje vidimo da je gotovo u svim slučajevima regresijskom jednadžbom protumačeno 95% pa i više dobivenih podataka.

Tablica 2. *Koeficijenti determinacije za pojedine statističke regresijske modele*

Table 2. *Coefficient of determination for some statistical regression models*

| Stomatološki strojevi /<br>Dental apparatus | Koeficijent determinacije /<br>Coefficient of determination |
|---|---|
| MAS 1                                       | 0.9957  |
| MAS 2                                       | 0.9819  |
| MAS 3                                       | 0.9743  |
| MAS 4                                       | 0.9459  |
| SLMP 1                                      | 0.9985  |
| SLMP 2                                      | 0.8382  |
| MIKR 1                                      | 0.9749  |
| MIKR 2                                      | 0.9370  |
| MIKR 3                                      | 0.9622  |
| MIKR 4                                      | 0.9622  |
| LMP 1                                       | 0.9701  |
| LMP 2                                       | 0.9995  |
| LMP 3                                       | 0.9986  |
| LMP 4                                       | 0.9976  |
| LMP 5                                       | 0.9802  |
| MZG 1                                       | 0.9920  |

## Rasprava i zaključci

Pri svakom biomehaničkom istraživanju javlja se potreba longitudinalnoga proučavanja istraživanih varijabli. Ipak, u nekim biometrijskim postupcima postoji problem nemogućnosti ili manje preciznosti definiranja mjernih varijabli. No unatoč tim poteškoćama najčešće ipak dobivamo relevantne podatke.

Primjenom odgovarajućih postupaka i uporabom uređaja uz kompjuteriziranu obradbu dobivene su kvalitativne i kvantitativne studije istraživanih vari-

jabli, što je omogućilo da se daje zaključak o magnetnim poljima u stomatološkim ordinacijama.

Navedeni podatci pokazuju stanovite zakonitosti:

- Jakost zračenja svakog od mjerenih uređaja smanjuje se proporcionalno s udaljenošću od početnoga mjernog mjesta te nam potvrđuje izotropan način širenja magnetnoga polja u prostoru.
- Jakost magnetnoga polja u neposrednoj blizini većine mjerenih uređaja neškodljiva je za čovjeka koji se nalazi u tome okruženju. Razlog tomu je vjerojatno utvrđena činjenica da jakost magnetnoga polja slabi sukladno udaljenosti od izvora zračenja.
- Uspoređujući pojedine skupine uređaja iste funkcije a različitih proizvođača i godina proizvodnje, zaključujemo da noviji uređaji djeluju na okolinu slabijim magnetskim zračenjem i da je domet zračenja kraći.
- Bitan zaključak našeg istraživanja jest da uređaji uz koje i na kojima danomice radimo nisu opasni za naše zdravlje jer je njihovo zračenje većinom unutar dopuštenih granica.

## Literatura

1. SAVERY S. Phil. Transact. Roy. Soc. London, 1730: 295.
2. BECKER JJ. Permanent magnets based on materials with high crystal anisotropy, IEE Trans Magn, 1968; MAG-4, 239-49.
3. STRNAT KJ. The recent development of permanent magnet materials containing rare earth metals, IEEE Trans. Magn., 1970; MAG-6: 182-190.
4. JAKOBS JA. Core, Encycl. Earth System Sci., WA. Nürnberg: Chief Edit Ac. Press Inc., New York, 1992; 1: 643-53.
5. LEVY EH. Magnetohydrodynamics, Encycl. Earth System Sci., Nürnberg: Chief Edit Ac. Press Inc, New York, 1992; 3: 65-74.
6. JAMES DE. The encyclopedia of solid earth geophysics. New York: Van Nostrand Reinhold 1989.
7. SHARMA PV. Geophysical methods in geology. New York: Elsevier 1986: 126-47.