

## MJERENJE RETENCIJSKIH SILA DENTALNIH MAGNETA

Vlado Carek, Daniel Đurek, Vladimir Lapter

Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Institut za fiziku Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Zavod za ortodonciju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

### Sažetak

Kao suvremeno sredstvo retencije sve češće se primjenjuju magnetske slitine velike privlačne sile. U tu svrhu konstruiran je aparat kojim se mogu mjeriti retencijske sile dentalnih magneta. Ovom aparaturom mogu se mjeriti privlačne sile magneta sa i bez prisustva lateralnih sila.

Izmjeriti se mogu vrijednosti privlačnih sila svih veličina magneta i magnetskih slitina koji se primjenjuju u mobilnoj stomatološkoj protetici, ortodonciji, oralnoj i čeljusnoj kirurgiji (Behrman<sup>1</sup>, Cerny<sup>2</sup>).

Magnetski dinamometar omogućuje mjerenje i egzaktne vrijednosti retencije između dva permanentna magneta za razne relativne udaljenosti i položaje.

Svi dijelovi aparata, osim spiralnih zavojnica, napravljeni su od materijala koji nisu feromagnetični, kako bi se izbjegle smetnje pri mjerenju.

Rezultati istraživanja retencijske sile dentalnih magneta ukazuju da je najveća vrijednost magnetske sile bez djelovanja lateralnih sila za udaljenost od 1 mm — 157,9, za udaljenost 1,6 mm — 117, 1 pond i 211,4 ponda za udaljenost od 0,4 mm.

Maksimalna sila između dva dentalna Sm Co<sub>5</sub> magneta iznosi 373 ponda pri udaljenosti od 0,4 mm i dimenzije magneta 6/3 x 7/3 mm.

**Ključne riječi:** retencijske sile, magneti, dinamometar.

### UVOD

Istraživanje retencije i način njenog mjerenja zauzima posebno mjesto u mobilnoj stomatološkoj protetici. U posljednjih 50 godina napredovale su koncepcije o upotrebi sila magnetskog porijekla za retenciju proteze. Unatoč brojnim studijama pitanje utvrđivanja i mjerenja magnetskih retencijskih sila nema konačni oblik. Danas se uglavnom upotrebljavaju Sm Co<sub>5</sub> magneti jer imaju znatne prednosti pred ostalim magnetskim slitinama. U upotrebi su tri različita sistema primjene tih magneta. Najčešće se magnet upotrebljava smješten u korijenu zuba a odgovarajuća magnetska slitina suprotnog pola u protezi kao što navode Gillings<sup>3</sup> i Cerny<sup>4</sup>.

Osim u stomatološkoj protetici magneti se primjenjuju i u nekim drugim stomatološkim disciplinama. U maksilofacijalnoj kirurgiji kod re-

tencije epiteza (Behrman i Thoma<sup>4</sup>), a u ortodonciji kod mezijalizacije u slučajevima medijalnih dijastema, kod segmentalnih pomicanja zubi i kod terapije opsežnijih otvorenih zagriža (Cerny<sup>2</sup> i Dillinger<sup>5</sup>).

## MATERIJAL I METODA

Kao materijal su poslužili parovi Sm Co<sub>5</sub> magneta, čije dimenzije odgovaraju različitim promjerima krune zuba u gingivalnoj trećini. Svi uzorci magnetskih slitina bili su odgovarajućih promjera i visina, zaglađenih i poliranih površina. Promjeri magneta kretali su se od 4 do 7,1 mm. Visine mjerenih magneta bile su 2, 2,4 i 3 mm.

Materijal za ispitivanje pripremljen je, obrađen i dimenzioniran pomoću dijamantnih kamena. Obrada Sm Co<sub>5</sub> magnetskih slitina iziskuje dobru aparaturu, instrumentaciju i manuelnu spretnost.

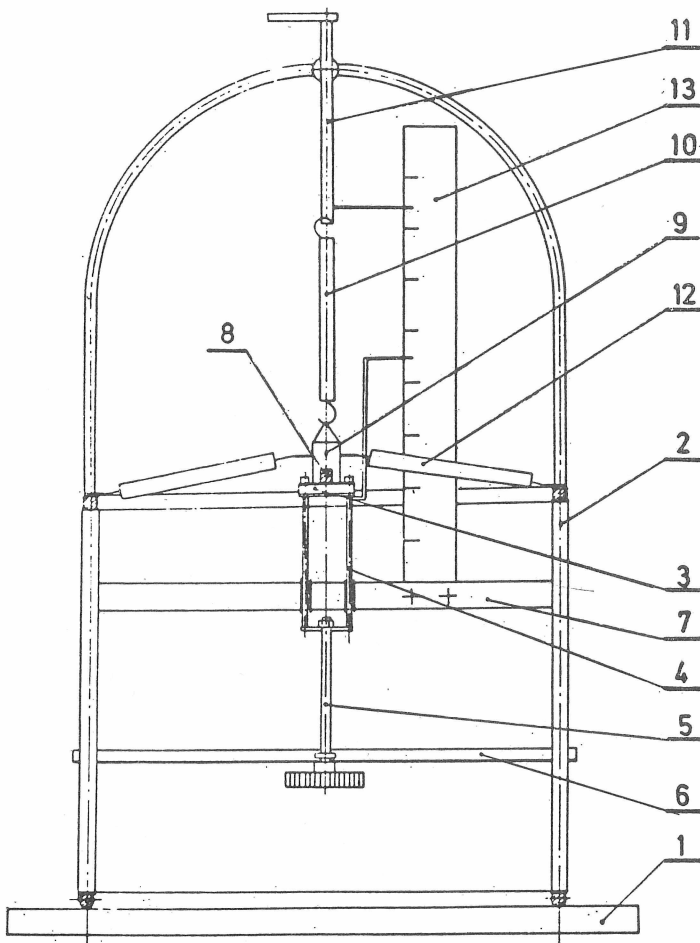
Na uzorku od 157 parova magneta mjerene su vrijednosti retencijskih sila bez prisustva lateralnih sila između dva Sm Co<sub>5</sub> magneta jednaki ili različiti dimenzija. S obzirom da se vrijednost privlačne sile između dva magneta mijenja približno s kvadratom udaljenosti, ispitivane su tri različite međusobne udaljenosti koje su iznosile 1,6, 1 i 0,4 mm.

Magnetska slitina, da bi mogla zadovoljiti i pomoći retenciji proteze, mora imati dovoljnu silu, stabilnost i toleranciju tkiva. Privlačna sila ispitivana je pomoću namjenski konstruirane aparature (slika 1)

Ovom napravom mogu se izmjeriti vrijednosti privlačnih sila svih veličina magneta koji se primjenjuju u mobilnoj stomatološkoj protetici, ortodonciji, te oralnoj i čeljusnoj kirurgiji za različite, prije podešene, udaljenosti.

Aparat se u osnovi sastoji od dinamometra na istezanje (10), nosača gornjeg uzorka (9), nosača donjeg uzorka (3) i vijka za opterećenje dinamometra (5). Oba uzorka dentalnih magneta privlače se silom definiranom geometrijskim odnosima. Pomoću vijka i preko stremena (4) oba magneta zatežu dinamometar. Zatezanje se odvija do trenutka razdvajanja magneta. Veličina se očitava na skali dinamometra (13). Zavojnica (10) mora biti takvih dimenzija (promjer, dužina) da odgovara onim silama među magnetima, za koje dolazi do razdvajanja unutar hoda stremena (4). U našem slučaju ta vrijednost iznosi oko 40 mm. Budući da se radi o relativno malom hodu i da je za razne vrste magneta teško dobiti istezanje na prekidanje unutar te vrijednosti, ugrađen je i regulator nultog očitavanja (11) pomoću kojega se postižu početna istezanja. Istezanje se odvija stremenom dok se ne postigne razdvajanje magneta. Vrijednost oba istezanja početnog i dodatnog, koje dobivamo pomoću vijka (5) zbroje se kako bi dobili prekidno istezanje za dati relativni položaj dvaju magneta.

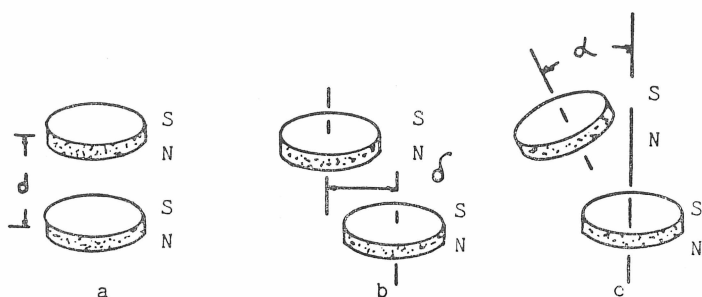
Razmak između uzoraka se postiže umetanjem pločice teflona željene debljine. Zbog dobrog namještanja i balansiranja posude (9) i nosača uzoraka (3) dodane su četiri poprečne zavojnice, smještene međusobno pod pravim kutem.



Slika 1. Magnetski dinamometar

Aparatura za mjerenje privlačne sile mora omogućiti dobivanje vrijednosti između dva permanentna magneta za razne relativne udaljenosti i položaje. Relativni položaj za dva pločasta permanentna magneta odnosi se na međusobne udaljenosti među površinama magneta ( $d$ ) i na razmak između osi koje su okomite na površine ( $P$ ). Također treba voditi računa i o retencijskoj sili među permanentnim magnetima čije su osi pod određenim nagibom (slika 2).

Osim navedenog, aparatura omogućuje mjerenje retencijske sile raznih kombinacija permanentnih magneta i feromagnetskih materijala kojima se postiže koncentriranje magnetskog toka i povećanje privlačne sile.



Slika 2. Relativni položaji za dva permanentna magneta

Dva relativna položaja prikazana na sl. 2 b) i c) nisu predviđena nekim sistemskim rješenjem jer je najpovoljniji položaj prikazan na slici 2 a). Ipak potrebno je izmjeriti i za takve relativne položaje pošto se u realnim uvjetima mogu očekivati odstupanja.

Donji nosač uzoraka (3) pričvršćen je uz stremen (4). Vijak za opterećenje pričvršćen je za odgovarajući ležaj (6) koji je oslonjen na noseći okvir (2). Gornji nosač uzoraka izrađen od mjedi dovoljno je dubok da zavojnica (10) ne utječe na retencijsku silu među magnetima. Vođice stremena pričvršćene su uz nosač (7) pomoću tvrdog lema.

Točnost mjerenja retencijske sile ovisi prvenstveno o točnosti očitavanja istezanja na skali, a iznosi oko 1 mm. Na tipično istezanje do trenutka prekida od 50 mm relativna greška kod mjerenja iznosi oko 2%.

Zavojnice se prije mjerenja retencijske sile moraju baždariti, tj. potrebno je dobiti istezanje za poznatu silu.

Osnova je čitave metode uspostavljanje, odnosno dobivanje mjere površine magneta u međusobno paralelan položaj (slika 2a). Svaka druga pozicija bitno smanjuje vrijednost retencijske sile.

Prvi magnet fiksira se u donjem nosaču magneta, i na taj način dobije se horizontalna ravnina, koja je paralelna s mjedenom posudom u kojoj se nalazi drugi magnet. Time se dobiva paralelnost ispitivanih površina magneta.

## REZULTATI

Mjerenja su izvršena na materijalu koji je prethodno opisan. Rezultati obrade podataka prikazani su u tablici 1, koja se odnosi na uzorak ispitivanih vrijednosti sila izraženih u gramima za varijablu RG 8, 10, 12 (rezultati u gramima) bez prisustva lateralnih sila.

Osim vrlo visoke vrijednosti aritmetičke sredine, uočljiva je i visoka standardna devijacija koja iznosi 63,62. Za tu varijablu karakteristične su i najveće krajnje vrijednosti: minimalna 130,60 i maksimalna 373 pon-

XA = 211.2167    SIG 2 = 4047.2950    MIN = 130.6000  
 DX = 16.9681    SIG = 63.6184    MAX = 373.0000

		F	FC	FCR	FCT	D
1	- 142.72	12	12	.2222	.1405	.0818
2	142.72 - 166.96	8	20	.3704	.2428	.1275
3	166.96 - 191.20	1	21	.3889	.3759	.0130
4	191.20 - 215.44	4	25	.4630	.5258	-.0629
5	216.44 - 239.68	16	35	.6481	.6721	-.0240
6	239.68 - 263.92	9	44	.8148	.7958	.0190
7	263.92 - 288.16	3	47	.8703	.8865	-.0161
8	288.16 - 312.40	5	52	.9630	.9440	.0190
9	312.40 - 336.64	0	52	.9630	.9756	-.0126
10	336.64 - 360.88	0	52	.9630	.9906	-.0277
11	360.88 -	2	54	1.0000	.9969	.0031

TEST = .2218

MAX D = .1275

Tablica 1. Osnovni statistički parametri za varijablu RG 81012 BEZ prisustva lateralnih sila pri međusobnoj udaljenosti magneta od 0,4 mm.

	R	Q (R)	PART-R	BETA	P	SIGMA-B	Q(BETA)	F(BETA)
PRMAG 1	.79829	.00000	.86541	.83476	66.63852	.06905	.00000	.87900
PRMAG 2	.41163	.00199	.64926	.37443	15.41252	.16266	.00000	.45324
VIMAG 1	-.34444	.01076	.14924	.07295	-2.51253	.06905	.29592	-.37926
VIMAG 2	.23637	.08529	.17295	.12445	2.94159	.06266	.05263	.26027

Tablica 2. Osnovni statistički parametri regresione analize varijable RG 81012 pri međusobnoj udaljenosti magneta od 0,4 mm.

da. To je ujedno i najveća retencijska vrijednost dobivena između dva Sm Co<sub>5</sub> magneta čije su dimenzije iznosile 6/3 x 7,1/3 mm.

Na temelju regresione analize za istu varijablu (tablica 2) vidljiv je visoki stupanj korelacije između prediktora (PRMAG 1 i PRMAG 2) i kriterija RG (X 8, 11, 12). Značajnost korelacije (QR) je na statistički značajnoj korelaciji na razini od 5% za prve tri vrijednosti ispitivanja. Iz doprinosa pojedinih varijabli (P) vidljivo je da cijela kriterijska varijabla (X 8, 10, 12) najviše ovisi o PRMAG 1 (66,64%). DELTA tj. koeficijent determinacije za ovu varijablu iznosi 82,5%.

## RASPRAVA

Ovo istraživanje poduzeto je s namjerom da se ispita vrijednost privlačnih magnetskih sila koje pridonose poboljšanju retencije proteze, ali pri tom svojom vučnom silom djeluju nefiziološki na parodont zuba nosača. Iz razloga što su u literaturi navedeni vrlo različiti ili nedovoljni podaci o vrijednostima privlačnih sila magnetskog porijekla poduzeto je istraživanje s namjerom da se utvrditi vrijednost magnetske retencijske sile pomoću u tu svrhu konstruirane, jednostavne no dovoljno precizne aparature. To praktički znači mogućnost primjene adekvatnih magnetskih konstrukcija koje nemaju premalu a ni preveliku privlačnu silu. Kod svih konvencionalnih sredstava za retenciju (kvačice, etečmeni, prečke, teleskop krunice i dr.) relativno brzo opada vrijednost retencijske sile (Geisler<sup>10</sup>). Kod permanentnih magneta koji se primjenjuju u stomatologiji ona je praktički stalno ista. Jednom dobivena privlačna sila između dva Sm Co<sub>5</sub> magneta gubi 1,5% svoje vrijednosti nakon 100 godina.

Stewart i Edwards<sup>11</sup> utvrdili su da retencijska moć pojedinih vrsta etečmena opada 80% za godinu dana.

Primjenjujući magnetsku slitinu kao sredstvo retencije može se, na temelju njihove veličine i međusobne udaljenosti, s velikom točnošću odrediti vrijednost upravo one sile za koju se smatra da ne djeluje štetno na parodontalne strukture zuba nosača.

Rezultati se razlikuju od nalaza drugih autora (Cerny<sup>4</sup> 485 ± 5 g, Gilling<sup>3</sup> 100—200 g. Vareaux i Amans<sup>7</sup> 100—900 g, i dr.). Podaci o vrijednosti privlačne sile magneta kod većine istraživača razlikuju se iz više razloga. Prvo, kod mjerenja retencijske sile u ustima teško je odrediti kolika je retencija adhezije i ventilnog učinka u odnosu na magnetsku retenciju. Drugo, razmak između magnetskih slitina od kojih se jedna nalazi u nosaču a druga u protezi, stalno se mijenja pri mastikaciji zbog razlike u rezilijenciji sluznice u odnosu na intruziju zuba. Nastojanja istraživača da dođu do što egzaktnijih rezultata nisu vremenski kratka. Connors i Svarre<sup>6</sup> iznose da je retencijska sila Sm Co<sub>5</sub> slitina gotovo pet puta veća od sile platin-kobalt magneta. Na temelju regresione analize vidljiv je visoki stupanj korelacije između prediktora (promjer magneta) i kriterija (rezultat u pondima). Prikazane su tražene korelacije između slijedećih varijabli: PRMAG 1, PRMAG 2, VIMAG 1 i VIMAG 2. Rezultati dobiveni u korelacionim matricama mogli bi se promatrati s dva aspekta. Prvo linearni koeficijent korelacije trebao bi biti na razini značajnosti od pet posto. Drugo, rezultat treba proučavati s obzirom na predznak to jest obzirom na smjer linearnog koeficijenta korelacije. Dosadašnjim istraživanjem magnetske retencije nastojao se pronaći odgovor na pitanje koje su to sile i kako se zbivaju, a nerijetko se zanemarivalo možda najznačajnije, koje su to najoptimalnije međusobne udaljenosti za ispitivane vrijednosti sila. Tek sintezom svih tih pitanja možemo dobiti cjelovit odgovor. Vrijednost sile koja nastaje međusobnom privlačnom silom magneta i snaga mišića

dvije su komponente suprotnih karakteristika čijom se ravnotežom nastoji u ovakvim terapijskim rješenjima dobiti zadovoljavajuća retencija bez štetnih djelovanja na fundament.

Istraživanje je ukazalo da se vrijednosti potrebne za retenciju mobilnih proteza mogu dobiti sa Sm Co<sub>5</sub> magnetima. Potrebnu retencijsku silu primjenjujući magnetske slitine dobijemo tako da optimalno kombiniramo veličinu magneta i njihovu međusobnu udaljenost. Analizirajući istraživanja u svjetlu iznesenih postavki, možemo utvrditi da su ispitivane magnetske slitine jedno od najboljih retencijskih sredstava.

Dok kvačice, kao najčešće upotrebljavana sredstva retencije uglavnom zadovoljavaju zahtjevima retencije ali ne estetike i higijene, kod magneta su izražene samo dobre osobine bez ikakvih prigovora sa stajališta funkcije odnosno estetike, a imaju i veliku prednost pri održavanju dobre higijene. Pripremajući medicinska znanja i iskustva u radu stomatologa protetičara, oralnog i čeljusnog kirurga, ortodonta i dr., mogu se i trebaju stimulirati najnovije spoznaje o retenciji čime bi se stvorile nove mogućnosti lakšeg i bržeg razvoja ovih disciplina.

Ovom raspravom želimo ukazati na nove mogućnosti magnetske retencije, iznalazeći nove spoznaje kroz uzročnost i svrsishodnost jedinstva oblika, veličine, međusobne udaljenosti i funkcije, pokušavajući opravdati provedena istraživanja te ukazati na određene zaključke.

## ZAKLJUČAK

Konstrukcija magnetskog dinamometra opravdana je jer predstavlja jedinstveno, prikladno i praktično pomagalo u stomatološkim područjima (stomatološka protetika, oralna i maksilo facijalna kirurgija, ortodoncija i dr.).

Primjenom metode ispitivanja privlačnih sila magnetskih slitina omogućena su istraživanja retencijskih sila svih dosad poznatih dentalnih magnetskih materijala.

Temeljni faktori koji bitno utječu na veličinu retencijske magnetske sile su: veličina magneta, njihova međusobna udaljenost, prisutnost lateralnih sila.

Utvrđena je najveća vrijednost magnetske sile u skupini bez djelovanja lateralnih sila čije prosječne vrijednosti iznose za međusobnu udaljenost magneta od 0,4 mm — 211,4 ponda, za udaljenost od 1 mm — 157,9 ponda i za udaljenost od 1,6 mm — 117,1 ponda.

Rezultati istraživanja pokazuju da maksimalna sila između dva dentalna Sm Co<sub>5</sub> magneta iznosi 373 ponda. Rezultat je dobiven pri međusobnoj udaljenosti magneta od 0,4 mm, dimenzije kojeg iznose 6/3 x 7,1/3 mm.

## Literatura

1. BEHRMAN S J. The implantation of magnets in Jaw to Aid Denture Retention. *J Prosthet Dent* 1960; 10:807—841.
2. CERNY R. The biological effects of implanted magnetic fields. Part II, mammalian blood cells. *Aust Orthod J* 1980a; 6:114—120.
3. GILLINGS B R D. Magnetic retention for the overdenture. U: A A. Brewer i R M. Morrow, (ured.) *Overdentures*, 2 izd. St Louis: C V Mosby, 1980; 376—384.
4. CERNY R. Magnetodontics. The use of magnetic forces in dentistry. *Aust Dent J* 1978; 23:392—399.
5. DILLINGER E L. A clinical assessment of the Active Vertical Corrector — A non surgical alternative for skeletal open bite treatment. *Am J. orthod* 1986; 89:428—436.
6. CONNOR R J and SVARE C W. Proplast — Coated high strength magnets as potential denture stabilization devices. *J Prosthet Dent* 1977; 37:339—343.
7. VOREAUX P AMANS J Cl La retention magnetique des protheses dentaries et maxillofaciales. *AUS Odonto-Stomat* 1985; 151—159.
8. LING B C Rare earth magnets as locking devices in sectional dentures *J Prost Dent* 1982; 47:252—255.
9. THOMA K H. *Oral Surgery* ed 3. St. Louis: C V Mosby Co 1958; 271—278.
10. GEISSLER P R. Inexpensive precision attachments. *Dent Update* 1982; 9:111—119.
11. STEWART B L EDWARDS R, Retention and wear of precision — type attachments *J Prosthet Dent*. 1983; 49:28—34.

## DETERMINATION OF THE DENTAL MAGNET RETENTION FORCES

## Summary

The use of high-attraction magnetic alloys as a means of retention has recently been on an increase. For this purpose, a device for the dental magnet retention determination has been developed. This device allows the magnet attraction, with or without the presence of lateral forces, to be measured.

Attraction force values of the magnets of any size and of magnetic alloys used in mobile prosthodontics, orthodontics, and oral and dentofacial surgery (Behrman<sup>1</sup>, Cerny<sup>2</sup>), can thus be assessed.

Magnetic dynamometer allows retention between two permanent magnets to be determined and precisely assessed for different relative distances and positions.

All the parts of the device except spiral coils are made of a non-ferromagnetic material to avoid any disturbances during measurements. The results obtained in the study of dental magnet retention have revealed the highest magnetic power without any lateral force influence to be 157.9, 117.1 and 211.4 ponds for distances of 1, 1.6 and 0.4 mm, respectively.

Maximal force between two dental SmCO<sub>5</sub> magnets amounts to 373 ponds at the distance of 0.4 mm and with magnet dimension of 6/3x7.1/3 mm.

**Key words:** Retention forces, magnets, dynamometer