

Magnetyczne zaczepy precyzyjne – na podstawie piśmiennictwa

Precision magnetic attachments. A literature review

Karolina Białoskórska, Przemysław Szczyrek

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Kierownik: prof. dr hab. Elżbieta Mierzińska-Nastalska

HASŁA INDEKSOWE:

magnes, keeper, protezy overdenture, precyzyjne elementy retencyjne, zaczepy magnetyczne

KEY WORDS:

magnet, keeper, overdenture, precision attachment, magnetic attachment

Streszczenie

Prowadzone badania nad magnetycznymi zaczepami precyzyjnymi spowodowały w ostatnich latach znaczny postęp w tej dziedzinie. Celem pracy jest przegląd kierunków rozwoju i możliwości zastosowania tego typu precyzyjnych elementów retencyjnych w protezach typu overdenture wspartych na uzębieniu własnym lub wszczepach śródkostnych. Przedstawiono krótką charakterystykę zaczepu magnetycznego i współpracującego z nim keepera, uwzględniając zarówno wady i zalety, jak i wpływ na zdrowie pacjenta. Główne zalety, takie jak stała siła przyciągania, łatwość utrzymania higieny i obsługi przez pacjenta, a także szeroki zakres wskazań sprawiają, że zaczepy magnetyczne są godnym polecenia rozwiązaniem we współczesnej protetyce.

Summary

Foregoing researches about precision attachments like magnets conclude in significant progress in this field. The aim of this study is cognition of direction of development and possibilities of using this type of precision attachments in overdentures supported by teeth or implants. Furthermore short characteristic of magnet and keeper, including advantages and disadvantages as well as the influence on patient health was introduced. Major advantages as the permanent attractive force, the maintainability of hygiene and easy usage for patients, as well as a wide range of indications cause that magnetic precision attachments are worthy recommendation in nowadays prosthodontics.

We współczesnej protetyce stomatologicznej od wielu lat stosowane są różnego rodzaju rozwiązania oparte na wykorzystaniu precyzyjnych elementów retencyjnych, które mają na celu poprawę estetyki, funkcjonalności oraz komfortu użytkownika protez ruchomych. Ze względu na ich znaczną liczebność i różnorodność można wyodrębnić kilka kategorii w zależności od:

- miejsca położenia (zewnątrzkoronowe, wewnątrzkoronowe, międzykoronowe),
- mechanizmu retencji (siła tarcia, siła sprężystości, siła magnetyczna),
- możliwości regulacji siły retencji (z możliwością i bez takiej możliwości),
- rodzaju materiału z jakiego są wykonane (z metalu lub metalu i tworzywa sztucznego),

- sposobu przenoszenia sił żucia (zaczepy sztywne i zaczepy sprężyste),
- wykonawstwa technicznego (precyzyjne – gdy gotowe elementy metalowe zaczepu są dolutowywane do uzupełnienia protezy i semiprecyzyjne – gdy elementy zaczepu są odlewane na podstawie prefabrykowanych części wykonanych z tworzywa sztucznego).

Wśród głównych wskazań do stosowania elementów retencyjnych należy wymienić względy estetyczne, gdy zastosowanie tradycyjnych elementów w postaci klamer i cierni pogorszyłoby znacznie wygląd uzębienia. Do innych wskazań należą przypadki braku możliwości zastosowania tradycyjnych elementów retencyjnych w postaci klamer ze względów anatomicznych czy topograficznych, poprawa stabilizacji protezy, korzystniejszy bardziej fizjologiczny sposób przenoszenia pionowych i poziomych sił żucia na zęby filarowe oraz względy higieniczne.

Ten rodzaj elementów retencyjnych posiada też szereg wad: konieczność opracowania zębów filarowych, szybsze zużywanie się elementów retencyjnych niż tradycyjnych klamer, skomplikowane wykonawstwo kliniczne i laboratoryjne oraz niełatwa wymiana i naprawa uzupełnień zaopatrzonych w zaczepy. Ponadto należy wymienić ograniczoną możliwość zastosowania niektórych elementów retencyjnych, takich jak zasuwki czy korony teleskopowe ze względu na wymaganą długą powierzchnię kontaktu i wysoki koszt wykonania. Według *Zitzmann* i wsp. po 8 latach od wykonania prac kombinowanych 40% z nich wymagało przebudowy lub dużych napraw, było to związane z utratą retencji na elementach cementowanych wynikających ze struktury, złamań zębów lub próchnicy.¹

Elementy precyzyjne mają zastosowanie w wykonawstwie konstrukcji protez szkieletowych, częściowych osiadających, całkowitych i częściowych typu overdenture, a także

mostów okrężnych jako łamacze sił pomiędzy odcinkami bocznymi i przednim oraz przy nierównoległości filarów. Dla satysfakcjonującego utrzymania protezy dolnej na podłożu, powinna być wywierana średnia siła retencji 0,8-3,0 N, a stabilizacji 2,8-7,2 N. Natomiast połączenia typu kładkowego powinny charakteryzować się siłą retencji rzędu 15,3- 8,6 N, a zaczepy kulkowe około 13,34 N.² W porównaniu z powyższymi magnetyczne zaczepy precyzyjne wykazują najniższe wartości siły utrzymania, i tak stopy glinowo-niklowo-kobaltowe (AlNiCo) około 2 N, samarowo-kobaltowe (Sm-Co) oraz neodymowo-żelazowo-barowe (Nd-Fe-B) od 4 do 12 N.

Celem niniejszej pracy jest przegląd kierunków rozwoju i możliwości zastosowania magnetycznych zaczepów retencyjnych we współczesnej protetyce stomatologicznej. Zaczepy magnetyczne mogą być stosowane zarówno w wykonawstwie protez typu overdenture wspartych na własnych zębach pacjenta, jak i implantach. Występują w dwóch systemach: *duomagnetic* składających się z dwóch magnesów (np. Steco Titanmagnetics, Germany, MicroPlant, Germany) lub *monomagnetic* złożone z magnesu i materiału ferromagnetycznego (np. Dyna Direct System, Holland, Magna Cap System, USA).³ Z tego ostatniego może być odlany cały wkład lub częściej gotowy element, który jest montowany na powierzchni koronowej wkładu. Magnes jest zbudowany z rdzenia wykonanego ze stopu samarowo-kobaltowego (Sm-Co) lub neodymowo-żelazowo-barowego (Nd-Fe-B) i nosidła.⁴⁻⁸ Związek Nd-Fe-B dostarcza o 20% silniejsze wiązanie magnetyczne na jednostkę objętości niż Sm-Co.^{9,10} Oba stopy są wrażliwe na wysoką temperaturę.¹¹ T_{max} dla Sm-Co wynosi 220-350°C i odpowiednio dla Nd-Fe-B 100 - 200°C. Przekroczenie tej granicy skutkuje stałym rozmagnesowaniem, w związku z powyższym magnesy nie powinny być wklejane do protezy przy użyciu akrylu szybko polimeryzującego.¹¹

Obecnie są produkowane dwa typy magnesów: *closed-field* (Hyper slim5513, Hicorex slim 3513; Hitachi Metals, Japan), gdzie rdzeń jest umieszczony w hermetycznie zamkniętym nosidle z ferromagnetycznej stali nierdzewnej lub tytanu oraz *open-field* (Dyna500; Dyna Dental Engineering, Holland; Steco-Teleskop Titanmagnetics, Steco-system-technic, Germany) gdy rdzeń także jest umieszczony w nosidle, jednak z wkładem łączy się bezpośrednio. Pierwszy typ wykorzystuje oba bieguny w swoim działaniu, a drugi tylko jeden. System *closed-field* wykazuje większą odporność na wahania temperatury, korozję i posiada silniejsze właściwości magnetyczne w porównaniu do systemów *open-field*.^{4,12} Nowa technologia wykorzystująca laser do hermetycznego zamknięcia rdzenia w kapsule z ferromagnetyku powoduje, że staje się on przewodnikiem energii do wkładu, rozproszenie pola magnetycznego ulega zmniejszeniu, a siła wiązania wzrasta.^{5,9} W badaniu laboratoryjnym magnesów: Hilop 5513 (Nd-Fe-B, Closed field Hitachi Metals, Tokyo, Japan), Hicorex 3513 (Nd-Fe-B, Closed field, Hitachi Metals, Japan), Dyna 500 (Nd-Fe-B, Open field, Dyna Dental Engineering, Bergen, Holland), Steco U.00.01. T570-titanmagnetics (Sm-Co, Open field, Steco-system-technic GmbH, Hamburg, Germany) stwierdzono, że siła wiązania jest średnio o 10-20% niższa niż podana przez producenta, produkty systemu *closed-field*, jak i magnesy Nd-Fe-B charakteryzowały się większą siłą wiązania. Największą siłą wiązania wykazywał Hilop uzyskując wartości rzędu 9,2 N. Hicorex i Dyna osiągnęły około 4 N i też mogą być dobrym rozwiązaniem praktycznym, zwłaszcza ze względu na mniejsze rozmiary.⁴

Gotowy element ferromagnetyczny zwany keeperem, jest wykonywany głównie ze stali nierdzewnej, ma postać krążka i jest montowany na wkładzie.¹³ Osadzenie keepera możliwe jest na dwa sposoby. W pierwszym modeluje się wkład z wosku, umieszcza na nim krążek

ze stali i odlewa całość, w drugim do gotowego wkładu przyspawany zostaje keeper z użyciem lasera. W pierwszym przypadku powierzchnia krążka jest chropowata, pokryta warstwą tlenków i nawet po polerowaniu nie odzyskuje wyjściowej gładkości. Powoduje to zwiększenie przestrzeni pomiędzy magnesem a keeperem, a tym samym zmniejszenie siły oddziaływania. W drugiej sytuacji, gładkość krążka jest porównywalna do pierwotnej, jednak fuzja między elementami jest niepełna.²

Magnetyczne zaczepy retencyjne są najczęściej polecane w wykonawstwie protez typu overdenture oraz epitez.^{14,15} Ze względu na stosunkowo niską siłę retencji, nieobciążającą nadmiernie filarów protetycznych są one wykorzystywane w przypadku krótkich implantów, uzębienia resztkowego z obniżoną wydolnością, pacjentów z przewlekłą chorobą przyzębia, gdy zastosowanie innego rodzaju zaczepu mogłoby spowodować utratę słabo osadzonego korzenia.^{9,14,16,17} Działanie magnesów ujawnia się w chwili gdy zaczynają się od siebie odsuwać w pionie. Natomiast przy przesuwaniu ich względem siebie działanie jest znacznie ograniczone.⁵ Przy małym bocznym przesunięciu protezy przyciąganie magnetyczne może ją zrepozycjonować.¹⁰ Wśród zalet tego rodzaju rozwiązań należy wymienić ich niewielką objętość, która pozwala na zastosowanie przy małym wymiarze pionowym przestrzeni międzywyrostkowej.^{7,8,10,14} Z kolei różnorodność rozmiarów i typów pozwala na dostosowanie do przekroju poprzecznego korzenia¹³ i możliwość kontroli wytwarzanej siły.⁹ Ze względu na łatwość w oczyszczaniu, prostotę w obsłudze, poprawę stosunku długości klinicznej korony do korzenia, a także wywieranie mniejszych sił w kierunku pionowym i poziomym na ząb filarowy niż inne zaczepy precyzyjne, są zalecane w przypadku zębów z niewydolnym przyzęciem.^{9,15,16,18,19} Nawet wśród pacjentów z ograniczonymi zdolnościami manualnymi nie nasręczają problemów z ich użytkowaniem.

Nieskomplikowany sposób montowania magnesu w protezie umożliwia jego wielokrotne repozycjonowanie.⁹ Niewątpliwą zaletą tego rodzaju rozwiązania jest minimalny spadek siły utrzymania w czasie, co ma miejsce w przypadku innych mechanicznych rozwiązań.

Magnetyczne elementy retencyjne nie są jednak pozbawione wad. Wśród największych należy wymienić możliwość występowania korozji elektrochemicznej w przypadku obecności w jamie ustnej innych uzupełnień na bazie stopów metali. Korozja postępuje w wyniku dwóch mechanizmów: zniszczenia kapsuły lub dyfuzji wilgoci i jonów przez żywicę epoksydową łączącą jej metalowe elementy.^{4,10} Celem zwiększenia odporności na korozję, rdzeń magnetyczny zamyka się laserowo w nosidle wykonanym ze stali nierdzewnej lub tytanu.^{10,14} Przeprowadzone badania nad odpornością magnesów Magfit DX800 (Aichi Steel, Nagoya, Japan), Gigauss D800 (GC, Tokyo, Japan), Hyper Slim 4013 i Hicorex Slim 4013 (Hitachi Metals, Tokyo, Japan) na korozję, a dokładniej ich części ze stali nierdzewnej osłaniającej magnetyczny rdzeń wykazały, że większa zawartość Cr obniża potencjał antykorozyjny. Stal nierdzewna osłaniająca magnetyczny rdzeń ma większy potencjał antykorozyjny niż stopy stosowane do wykonywania wkładów, dlatego powinna być stabilna w środowisku jamy ustnej.²⁰ Niektóre badania wskazują, że magnesy w zastosowaniu klinicznym nie powinny być polerowane, ponieważ usuwa się w ten sposób zewnętrzną warstwę ochronną, obniżając tym ich odporność na korozję.²⁰ Niekiedy może również dochodzić do przebarwiania płyty i zębów umieszczonych w protezie na skutek powstawania ogniwa elektrochemicznego pomiędzy różnymi metalami w jamie ustnej.^{3,16} Wraz z postępującym zużyciem materiału postępuje spadek siły wiązania²¹⁻²³ i wzrasta rozproszenie strumienia magnetycznego. Może to być wynikiem zauważanego w badaniach mikroskopowych starcia powierzchni magnesu i

mikropęknięć, co doprowadza do zwiększenia przestrzeni pomiędzy magnesem i keeperem.⁵ Wśród innych czynników wpływających na siłę wiązania można wymienić objętość wkładu, czy rodzaj montażu. Dla przykładu proteza szkieletowa może pochłaniać część strumienia magnetycznego.²⁴

Pole magnetyczne wytwarzane przez zaczep magnetyczny oddziałuje nie tylko na uzupełnienie protetyczne, część jego energii jest tracona do otoczenia w około 10 mT (militesli), a wraz z jego zużyciem ulega ona zwiększeniu. Światowa Organizacja Zdrowia (the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection-ICNIRP) wydała oświadczenie w 2006r, dotyczące dziennej dawki statycznego pola magnetycznego dla zwykłego człowieka, niepracującego w warunkach zwiększonego ryzyka, ustalonej na 40 mT. Pacjentom korzystającym ze wszczepionych urządzeń elektromagnetycznych, np. stymulator serca lub zawierających ferromagnetyki obniżono dawkę do 0,5 mT.^{5,9,25} Dla porównania pole magnetyczne ziemi wynosi od 0,024 do 0,66 mT, jednak w związku z postępującym rozwojem technologicznym stale rośnie.⁹ Podczas wykonywania badania rezonansem magnetycznym (MRI), konieczne jest usunięcie z jamy ustnej magnesów, stanowi to pewien kłopot w przypadku systemów duomagnetic, ze względu na konieczność usunięcia wkładu. Na czas badania proteza, jak i elementy magnetyczne łączników implantologicznych powinny być usunięte z jamy ustnej.^{6,26} Pod wpływem pola magnetycznego MRI magnes ulega rozmagnesowaniu, a keeper delikatnemu namagnesowaniu.⁶ W trakcie badania temperatura keepera wzrasta nieznacznie o 0,8°C, nie stanowi to jednak ryzyka dla pacjenta. Przy badaniu MRI polem o wartości 3.0 T i niższym istnieje małe ryzyko przesunięcia lub utraty keepera jeśli był prawidłowo osadzony.^{6,27}

Planując wykonanie zaczepów magnetycznych należy brać pod uwagę te filary zębowe,

które wykazują znaczną ruchomość i są wątpliwe do wykorzystania przy innym rodzaju retencji dla wykonania protezy typu overdenture. Najkorzystniejsze jest symetryczne rozmieszczenie filarów zębowych a ilość zastosowanych magnesów wpływa na siłę retencji przyszłej protezy. W zastosowaniu klinicznym przy wykonywaniu protez całkowitych zadawalające efekty uzyskuje się stosując magnesy o sile wiązania około 5N (jeden), choć przy zastosowaniu 4 pacjent może mieć problemy z wyjęciem uzupełnienia.⁴ Postępowanie kliniczne podczas wykonywania wkładów korzeniowych nie odbiega zasadniczo od standardowego postępowania przy wykonywaniu innych rodzajów wkładów korzeniowych. Montaż elementów magnetycznych w płycie protezy odbywa się w laboratorium protetycznym.

Protezy typu overdenture wsparte na implantach są alternatywnym rozwiązaniem dla zaopatrzenia bezzębnej szczęki lub żuchwy z zastosowaniem tradycyjnych protez całkowitych. Zaczep magnetyczny składa się z dwóch elementów montowanych zarówno w płycie protezy, jak i w łączniku implantologicznym. Podobnie jak w przypadku zaczepów magnetycznych opartych na uzębieniu własnym tu również występują dwa systemy: monomagnetyczny (system Dyna, Dyna Direct, Magna Cap, Holland) oraz duomagnetyczny (System Titanmagnetics, Germany; System Micro Plant, USA). Wykonując uzupełnienia na implantach, nie jest wymagana bezwzględna równoległość wszczepów,³ za to istotne jest równoległe pozycjonowanie względem siebie składowych zaczepu, co można osiągnąć stosując odpowiednie łączniki, ponieważ tylko bezpośrednie i centralne przyleganie elementów zapewni wysoką siłę oddziaływania.^{2,6,28} Kolejną zaletą zaczepów magnetycznych jest brak przenoszenia bezpośrednio na implanty bocznych sił wywarzających,¹⁹ co ogranicza zanik kości wokół wszczepów. W badaniach porównawczych zaczepów magnetycznych

(Steco Titanmagnetics, Germany) i elementów retencyjnych typu locator (TioLogic Dentaurum, Germany) po rocznej obserwacji stwierdzono mniejszy ubytek kości przy magnesach ale także większy wskaźnik płytki i zapalenia dziąseł.²⁹ W literaturze fachowej spotyka się często opinię, iż wytwarzane pole magnetyczne może być powodem zwiększonego odkładania się płytki nazębnej na powierzchni łączników.²⁹⁻³¹ Część badań opisuje również wyższy odsetek przetrwałych implantów zaopatrzonych w zaczepy kulowe i zespolenia kładkowe w okresie obserwacji od 1 do 10 lat.²⁸ Wielu autorów wskazuje także na trudniejsze technicznie do wykonania lub naprawy protezy osadzone na belkach, kulkach i lokatorach niż w przypadku magnesów, jednak zauważają częstszą potrzebę wymiany elementów magnetycznych ze względu na korozję i zużycie (dotyczy to głównie dawnych magnesów AlNiCo).²⁸

Przeprowadzone badania retrospektywne w Korei Południowej w 2016r, dotyczące utrzymania uzupełnień ruchomych całkowitych i częściowych wspartych na uzębieniu własnym lub implantach zaopatrzonych w magnesy (Magfit IP-B Flat, Magfit DX400, Magfit DX600 i Magfit DX800, Japan), w przeciągu 9 lat, wykazały spadek siły wiązania średnio o 21,49% oraz utratę 16,39% zaczepów. Nie stwierdzono korelacji z płcią, lokalizacją zaczepu, typem uzupełnienia ruchomego, typem magnesu, rodzajem filaru (zab/implant) oraz rodzajem uzupełnienia w łuku przeciwstawnym.⁵ Z kolei 5-letnie obserwacje 131 osobowej grupy zaopatrzonej w magnesy (Magfit 400 lub 600; Aichi Steel co., Japan) na Uniwersytecie w Tajwanie ujawniły występowanie u 52% pogłębionych kieszonek, w 29% zapalenia dziąseł, w 27% wzrost ruchomości filaru. Ponadto utracono 19 magnesów z 211 zamontowanych, nie odnotowano żadnych widocznych śladów korozji. Aż 97% pacjentów było zadowolonych z retencji i stabilizacji protez.³²

Obecnie opracowano nowy typ magnesu, który ma za zadanie skompensować część pionowych, a zwłaszcza rotacyjnych ruchów protezy w trakcie użytkowania. Magnes typu SA (Magfit SX2, Japan) posiada ruchome nosidło, które umożliwia w trakcie pracy ruch pionowy do 0,4 mm i rotacyjny o 8 stopni. Pięcioletnie obserwacje prowadzone w Osace w Japonii w 2014 r. przyniosły zadawalające rezultaty jego zastosowania.³³

Porównując magnesy do innych zaczepów precyzyjnych należy zwrócić uwagę nie tylko na wyzwalanie mniejszych sił retencyjnych ale też na wyraźne korzyści w postaci delikatniejszego obciążania zębów filarowych, bardziej stałą w czasie siłę wiązania, mniejszą podatność materiału na zużycie.^{12,24} Małe wymiary i gładkość są wygodniejsze dla pacjentów w przerwie w użytkowaniu protez, a także umożliwiają łatwiejsze oczyszczanie i dlatego mogą stanowić lepsze rozwiązanie dla pacjentów mniej sprawnych fizycznie lub obciążonych chorobami ogólnymi np. chorobą Parkinsona.²⁶ W Polsce obserwuje się stale rosnący odsetek ludzi w wieku starszym, w związku z tym wzrasta liczba pacjentów gerostomatologicznych, charakteryzujących się obniżoną wydolnością fizyczną, często też psychiczną, brakiem chęci lub cierpliwości do nauki posługiwania się skomplikowanym instrumentarium. Zwłaszcza w tej grupie wiekowej, zaczepy magnetyczne są polecanym rozwiązaniem ze względu na opisane zalety. Ten rodzaj elementów precyzyjnych jest również wskazany u pacjentów z częściowymi brakami uzębienia i współistniejącą chorobą przyzębia.

Piśmiennictwo

1. *Zitzmann NU, Rohner U, Weiger R, Krastl G*: When to choose which retention element to use for removable dental prostheses. *J Prosthodont* 2009; 22(2): 161-167.
2. *Chao Y, Du L, Yang L*: Comparative study of the surface characteristics, microstructure, and magnetic retentive forces of laser-welded dowel-keepers and cast dowel-keepers for use with magnetic attachments. *J Prosthet Dent* 2005; 93(5): 473-477.
3. *Koczorowski R, Brożek R, Hemerling M*: Wykorzystanie elementów precyzyjnych w leczeniu implantoprotetycznym. *Dent Med Probl* 2006; 43, 3: 421-428.
4. *Akin H, Ozdemir AK*: Effect of corrosive environments and thermocycling on the attractive force of four types of dental magnetic attachments. *J Dent Scien* 2013; 8: 184-188.
5. *Leem HW, Cho IH, Lee JH, Choi YS*: A study on the changes in attractive force of magnetic attachments for overdenture. *J Adv Prosthodont* 2016; 8(1): 9-15.
6. *Hayashi N, Ogura A, Tsuchihashi T, Takahashi D, Matsuda T, Seino S, et al.*: Magnetization and demagnetization of magnetic dental attachments in a 3-T MRI system. *Radiol Phys Technol* 2017; 10: 294-300.
7. *Krysiński Z*: Magnesy jako elementy retencyjne protez stomatologicznych. *Pozn Stomat* 1992; 20: 141-146.
8. *Stendera P*: Zastosowanie magnesów w protetyce stomatologicznej – część I: Przegląd piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 1996; 46: 160-165.
9. *Hasegawa M, Umekawa Y, Nagai E, Ishigami T*: Retentive force and magnetic flux leakage of magnetic attachment in various keeper and magnetic assembly combinations. *J Prosthet Dent* 2011; 105(4): 266-271.
10. *Riley MA, Walmsley AD, Harris IR*: Magnets in prosthetic dentistry. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 137-142.
11. *Boeckler AF, Morton D, Ehring C, Setz JM*: Influence of sterilization on the retention properties of magnetic attachments for dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 1206-1211.
12. *Akin H, Coskun ME, Akin EG, Ozdemir AK*:

- Evaluation of the attractive force of different types of new-generation magnetic attachment systems. *J Prosthet Dent* 2011; 105(3): 203-7.
13. *Maeda Y, Nakao K, Yagi K, Matsuda S*: Composite resin root coping with a keeper for magnetic attachment for replacing the missing coronal portion of a removable partial denture abutment. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 139-142.
 14. *Honkura Y*: New generation of magnetic attachment for implants: developments and improvements. In: *Maeda Y, Walmsley AD*, eds. *Implant dentistry with new generation of magnetic attachments*. Tokyo: Quintessence; 2005: 18-31.
 15. *Hasegawa M, Umekawa Y, Nagai E, Ishigami T*: Retentive force and magnetic flux leakage of magnetic attachment in various keeper and magnetic assembly combinations. *J Prosthet Dent* 2011; 105(4): 266-271.
 16. *Makacewicz S, Panek H*: 10-year Clinical Observation of Dyna Magnetic Precision Attachments – Case Report. *Dent Med Probl* 2007; 44, 1: 87-91.
 17. *Kubiak W, Grodecki P*: Niektóre elementy precyzyjne stosowane w protetyce stomatologicznej – przegląd piśmiennictwa – część I. *Protet Stomatol* 1998; 48: 11-18.
 18. *Anupam P, Anandakrishna GN, Vibha S, Suma J, Shally K*: Mandibular Overdenture Retained by Magnetic Assembly: A Clinical tip. *J Indian Prosthodont Soc* 2014; 14: 328-333.
 19. *Chung KH, Chung CY, Cagna DR, Cronin RJ Jr*: Retention characteristics of attachment systems for implant overdentures. *J Prosthodont* 2004; 13: 221-226.
 20. *Takada Y, Takahashi M, Kikuchi A, Tenkumo T*: Electrochemical evaluation of the corrosion resistance of cup-yoke-type dental magnetic attachments. *Dent Mater J* 2014; 33(6): 859-864.
 21. *Naert I, Quirynen M, Hooghe M, van Steenberghe D*: A comparative prospective study of splinted and unsplinted Branemark implants in mandibular overdenture therapy: a preliminary report. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 486-492.
 22. *Naert IE, Gizani S, Vuylsteke M, van Steenberghe D*: A randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants in mandibular overdenture therapy. A 3-year report. *Clin Oral Investig* 1997; 1: 81-88.
 23. *van Kampen F, Cune M, van der Bilt A, Bosman F*: Retention and post insertion maintenance of bar-clip, ball and magnet attachments in mandibular implant overdenture treatment: an in vivo comparison after 3 months of function. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14: 720-726.
 24. *Ciaputa T, Ciaputa A*: Podstawy wykonawstwa prac protetycznych 2009; 9: 162-163.
 25. <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs299/en/>
 26. *Rzędzek-Grzelczak K, Sporny S*: Precyzyjne elementy retencyjne stosowane w protezach overdentures w żuchwie wspartych na śródkostnych wszczepach dentystycznych. *Folia Medica Lodziensia* 2012; 39(1): 51-69.
 27. *Miyata K, Hasegawa M, Abe Y, Tabuchi T, Namiki T, Ishigami T*: Radiofrequency heating and magnetically induced displacement of dental magnetic attachments during 3.0 T MRI. *Dentomaxillofac Radiol* 2012; 41(8): 668-674.
 28. *Kim HY, Lee JY, Shin SW, Bryant SR*: Attachment systems for mandibular implant overdentures: a systematic review. *J Adv Prosthodont* 2012; 4: 197-203.
 29. *Elsyad MA, Mahanna FF, Elshahat MA, Elshoukouki AH*: Locators versus magnetic attachment effect on peri-implant tissue health of immediate loaded two implants retaining a mandibular overdenture: a 1-year randomised trial. *J Oral Rehabil* 2016; 43(4): 297-305.
 30. *Assad AS, Abd El-Dayem MA, Badawy MM*: Comparison between mainly mucosa-supported and combined mucosaimplant-supported mandibular overdentures. *Implant*

- Dent 2004; 13: 386-394.
31. *Ceruti P, Bryant R, Lee JH, MacEntee MI*: Magnet-Retained Implant-Supported Overdentures: Review and 1-Year Clinical Report. *J Can Dent Assoc* 2010; 76: 52.
32. *Gonda T, Yang TC, Maeda Y*: Five-year multi-center study of magnetic attachments used for natural overdenture abutments. *J Oral Rehabil* 2013; 40(4): 258-262.
33. *Yang TC, Maeda Y, Gonda T*: Clinical performance and satisfaction of removable prostheses with self-adjusting magnetic attachments. *J Prosthet Dent* 2014; 111(2): 131-135.

Zaakceptowano do druku: 7.06.2018 r.

Adres autorów: 02-006 Warszawa, ul. Nowogrodzka 59.

© Zarząd Główny PTS 2018.