

Zjawisko osteopercepcji u pacjentów zaopatrzonych w implantoprotezy zębowe – przegląd piśmiennictwa

Osteoperception in patients with implant-supported dental prostheses – a literature review

¹ Specjalistyczne Gabinety Stomatologiczne LRM w Poznaniu

² Klinika Gerostomatologii, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Streszczenie

Celem pracy jest prezentacja przeglądu piśmiennictwa w zakresie percepcji wrażeń mechanicznych i transmisji perceptywnej u pacjentów po rekonstrukcji narządu żucia za pomocą implantoprotez zębowych. Odmienna od naturalnego uzębienia percepcja odbioru bodźców zewnętrznych w jamie ustnej zaopatrzonej w śródkostne implanty związana jest z innymi strukturami neuronalnymi i inną formą transmisji wrażeń zewnętrznych. Autorzy opisują reakcje czucia somatycznego u implantowanych pacjentów na mechaniczne bodźce i ich wpływ na motorykę w narządzie żucia. Zjawisko osteopercepcji jest istotną, choć niecałkowicie poznaną, formą reakcji na obciążenia i ruchy żuchwy związaną z receptorami I, II i III rzędu i ciągle pozostaje w sferze zainteresowań naukowców i klinicystów. Kontrola czuciowo-ruchowa u pacjentów zaopatrzonych w implanty zębowe zapewnia naturalną funkcję układu stomatognatycznego poprzez fizjologiczną i psychofizyczną integrację z organizmem człowieka.

Słowa kluczowe: osteopercepcja, czucie somatyczne, mechanoreceptory, wszczepy śródkostne, kontrola czuciowo-ruchowa.

Abstract

The aim of this paper is a review of the literature on the perception of mechanical stimuli and perceptive transmission in patients after restorations of the masticatory organ with implant-supported dental prostheses. The difference between the perception of external stimuli in the oral cavity with natural teeth and that which occurs in the presence of intraosseous implants results from different neuronal structures and the manner of transmitting those stimuli. The reactions of patients with dental implants to mechanical stimuli and their effect on the motor activity of the stomatognathic system are discussed. Osteoperception is an important yet not completely explained form of response to the loading and movements of the mandible linked to type I, II and III receptors, which continues to interest researchers and practitioners. Sensory and motor control in patients with intraosseous implants enables the natural function of the stomatognathic system due to its physiological and psychophysical intergration with the body.

Keywords: osteoperception, somatic feeling, mechanoreceptors, intraosseous implants, sensory and motor control.

Dynamika rozwoju implantologii umożliwiła wykorzystanie wszczepów śródkostnych jako filarów zarówno w rekonstrukcjach protezami stałymi, jak i ruchomymi. Implanty śródkostne jako sztuczne filary umieszczone w kości są alternatywnym dla zębów naturalnych elementem narządu żucia, najbardziej zbliżonym, choć nie całkowicie odzwierciedlającym warunki fizjologii narządu żucia. Ta wyjątkowa forma podparcia uzupełnień protezycznych wymaga określonego podejścia ukierunkowanego na indywidualnego pacjenta w aspekcie morfologicznym i czynnościowym. Odmienna percepcja odbioru bodźców zewnętrznych w jamie ustnej zaopatrzonej w implanty związana jest z innymi strukturami neuronalnymi, zwanymi receptorami lub organami czuciowymi. Potrzebne jest rozróżnienie pomiędzy nociceptorami, termoi mechanoreceptorami. Zasadnicza funkcja w odczuciu somatycznym jest powiązana z precyzyj-

nym ruchem, a „funkcja czuciowa zębów” wpływa na motoryczną kontrolę ruchu żuchwy. Wiądadło przyzębne, którego brakuje przy implantach śródkostnych spełnia w narządzie żucia istotną motoryczną funkcję z uwagi na zawartość nociceptorów i mechanoreceptorów.

Celem pracy jest prezentacja transmisji perceptywnej w narządzie żucia pacjentów ze zrekonstruowanym uzębieniem przy użyciu implantowanych filarów w aspekcie neuroanatomicznym, histologicznym i psychofizycznym, w oparciu o doniesienia z piśmiennictwa.

Percepcja jest uświadomioną reakcją czucia somatycznego narządu zmysłu na bodziec zewnętrzny. Różne systemy percepcyjne człowieka umożliwiają mu widzenie, słyszenie, odbiór smaku, zapachu, dotyku i zmiany temperatury. We wszystkich tych czuciowych reakcjach początkowy kontakt ze światem zewnętrznym jest możliwy

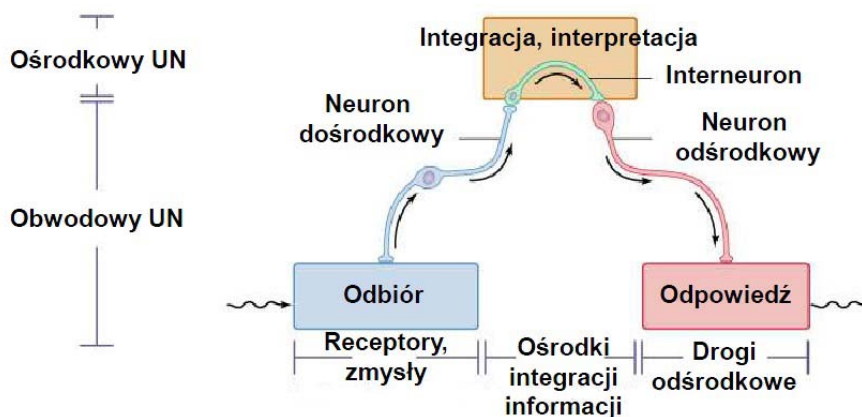
dzięki istnieniu struktur neuronowych zwanych receptorami, zakończeniami nerwowymi lub organami (**Rycina 1**).

W jamie ustnej dominującą rolę odgrywa narząd zmysłu odbierający smak oraz somatyczny układ czuciowy. Pierwszy, wrażliwy jest na odbiór bodźców chemicznych w postaci cząsteczek rozpuszczonych w płynie, działających na komórki chemoreceptorowe, zlokalizowane w obrębie jamy ustnej głównie w kubkach smakowych brodawek okolonych i liściastych języka. Drugi natomiast odpowiada na bodźce mechaniczne, termiczne i nociceptywne za pośrednictwem eksteroreceptorów [1]. Eksteroreceptory pełnią ważną rolę w percepcji sensorycznej i reakcji zwrotnej odpowiedzialnej za kontrolę motoryczną w narządzie żucia, a więc ruchu z udziałem zębów, implantów, mięśni, stawów skroniowo-żuchwowych oraz miękkich tkanek wewnątrznych. Przekazywana informacja czuciowa wykorzystywana jest dla celów ochronnych, poprawy motoryki i precyzyjnego gryzienia oraz żucia [2]. Przyzębne więzadła szczytowe, policzkowe i językowe są obficie zaopatrzone w nerwy czuciowe zakończone w postaci wolnych periferalnych zakończeń nerwowych, zakończeń podobnych do Ruffiniego oraz ciałek blaszkowatych [3]. W obrębie mechanoreceptorów znajdowane są 4 struktury receptorów obwodowych, takich jak ciałka Meissnera, ciałka Pacciniego, komórki Merkela i zakończenia Ruffiniego [4]. Wyróżnia się dwa rodzaje tych receptorów: typ I – o małym, ale wyraźnie zaznaczonym polu odczuwania oraz typ II – o dużym rozproszonym polu czucia [5]. Ponadto podział receptorów uwzględnia szybko adaptujące się receptory tzw. RA (Rapidly Adapting), reagujące podczas dynamicznej fazy wystąpienia bodźca oraz receptory o powolnym procesie adaptacyjnym tzw. SA (Slowly Adapting), które odpowiadają zarówno na dynamiczne, jak i statyczne działanie bodźca.

Receptory przyzębia zlokalizowane w dziąśle, kości wyrostka zębodołowego, okostnej oraz

ozębnej, posiadające cechy mechanoreceptorów uczestniczą w eksteroreptywnej funkcji dotykowej. Około 75% mechanoreceptorów znajdujących się w ozębnej ma swoje komórki w zwoju nerwu trójdzielnego (zwoju Gassera), natomiast pozostałe 25% w jądrze śródmózgowia. Bodźce przebiegające przez zwój nerwu trójdzielnego ku jądru czuciowemu nerwu trójdzielnego w ośrodkowym układzie nerwowym wywołują reakcje uświadomione. Odruchy nieuświadomione natomiast przebiegają po dotarciu bodźców do czuciowych neuronów śródmózgowia [6].

Mechanoreceptory ozębnej kontrolują zmiany napięcia więzadeł przyzębnych i zwiększenie siły działającej na ozębną, pobudzając w ten sposób większą liczbę tych receptorów, a to z kolei powoduje wzrost liczby impulsów przechodzących przez nerwy czuciowe do jądra nerwu trójdzielnego. Wzrost ten generuje impulsy hamujące, przewodzone do jądra ruchowego i zmniejszające liczbę impulsów ruchowych przekazywanych włóknom mięśniowym, osłabiając w ten sposób siłę żucia. Analogiczny łuk odruchowy przechodzi od receptorów nacisku tzw. proprioreceptorów, zlokalizowanych w mięśniach i monitorujących napięcie mięśniowe [6]. Czynności fizjologiczne, takie jak żucie, połykanie i mówienie powodują powstawanie obciążeń różniących się zasadniczo pod względem częstości, liczby, czasu trwania i kierunku działania siły oraz w przypadku prawidłowych funkcji, a ozębna zazwyczaj stwarza możliwości ich absorbowania i przekazywania do kości podpierającej tkankę. Niski próg wrażliwości mechanoreceptorów sprawia, że nawet delikatny ucisk wywierany na koronę zęba jest znakomicie lokalizowany i analizowany pod względem siły i kierunku. Próg wrażliwości receptorów bólu, czyli wolnych zakończeń nerwowych jest z kolei wysoki, co powoduje, że dopiero silne bodźce bólowe wywołują reakcje odruchowe, prowadzące do rozluźnienia mięśni, np. po nagryzieniu twardego pokarmu. Bogate unerwienie czuciowe ozębnej



Rycina. 1. Schemat organizacji funkcjonalnej układu nerwowego i przekazywania sygnałów

Figure 1. Function of nervous system and signal transmission

umożliwia regulowanie nadmiernych i nierównomiernych obciążeń różnych elementów narządu żucia podczas czynności fizjologicznych i chroni ząb przed wtłoczeniem w głąb zębodołu, a wysoka wrażliwość ozębnej na zewnętrzne bodźce mechaniczne sprawia, że więzadła przyzębia stanowią swego rodzaju „zwornik” pomiędzy żuciem a innymi funkcjami motorycznymi narządu żucia [7]. Stąd też więzadło przyzębne może być uważane za kluczowe dla zachowań ruchowych i procesu żucia. Istnieje ściśle powiązanie pomiędzy ozębną oraz czynnością mięśni i dlatego u pacjentów bezzębnych zaopatrzonych w implanty nie ma bezpośredniej odpowiedzi odruchowej.

Fenomen osteopercepcji w oparciu o dowody neuroanatomiczne

Zarówno tkanki otaczające implanty, jak i rodzaj połączenia wszczepów z kością różnią się zasadniczo od tkanek otaczających i kotwiczących zęby w kości wyrostka zębodołowego. Implant umocowany jest w strukturze kości na zasadzie funkcjonalnej ankylozy, określonej przez Branemarka jako osteointegracja, czyli bezpośredni strukturalny i funkcjonalny kontakt pomiędzy kością a powierzchnią implantu [8]. Cechą różnicującą połączenie z kością śródkostnego wszczepu od zęba naturalnego jest brak ozębnej przyimplancie, a tkanki miękkie otaczające jego szyjkę zawierają włókna przyzębne w postaci nadzębodołowego aparatu więzadłowego, biegnącego równoległe do długiej osi implantu i tworzące nabłonkowy kołnierz. Przyczep nabłonkowy łączy się z powierzchnią wszczepów śródkostnych za pomocą hemidesmosomów i blaszki podstawnej podobnej do występującej przy zębach. Odmienna jest także architektura kości, w której pogrążony jest wszczep śródkostny, ze względu na brak łęgów zębodołowych bądź przegród międzyczębodołowych, które ulegają resorpcji po ekstrakcji zębów [9].

Pomimo tych wydawałoby się istotnych różnic, sprawność czynnościowa narządu żucia zrekonstruowanego przy użyciu wszczepów śródkostnych jest duża, a podłożem tego zjawiska jest tzw. fenomen osteopercepcji. Zjawisko to opisywane jest jako aktywacja zakończeń nerwowych w otoczeniu implantu śródkostnego, w wyniku transmitowanych przez uzupełnienie protetyczne bodźców zgryzowych na kość.

Wszelkie ingerencje w uzębionym narzędzie żucia (ekstrakcje, przeciążenia, wyłamania itp.) naruszają mechanoreceptory ozębnej zmieniając tym samym czuciową reakcję zwrotną, oraz modyfikują funkcje dotykowe i motorykę narządu żucia. Jakikolwiek stan wpływający na mechanoreceptory przyzębia może zmieniać ścieżkę czuciowego sprzężenia zwrotnego i w taki sposób wpływać na funkcję dotykową i precyzyjną regulację kontroli nad motoryką żuchwy. Najbardziej znacząca zmiana w przyzębiu zachodzi podczas ekstrak-

cji zębów, gdyż dochodzi do utraty dużej liczby eksteroreceptorów ozębnej, pełniących funkcję w percepcji sensorycznej i reakcji zwrotnej odpowiedzialnej za kontrolę czynności.

Po implantacji wszczepów śródkostnych, zjawisko funkcjonalnej reinerwacji, czyli ponownego unerwienia wynikającego z czynności nie zostało jak dotąd udowodnione. Zdolności funkcjonalne układu stomatognatycznego zaopatrzonego w implantoprotezy, jak podaje Abarca i wsp. [10], są duże, a stan ten związany jest z obecnością pewnej obwodowej ścieżki odpowiedzi zwrotnej do kory czuciowej na skutek aktywacji receptorów umiejscowionych w kości i okostnej otaczającej implant zębowy. Zjawisko to określone zostało jako osteopercepcja, jednakże mechanizm będący podłożem tego fenomenu pozostaje nadal w sferze badań.

Dzięki odpowiedzi receptorów umiejscowionych w okolicy implantu możliwe jest odtworzenie właściwej obwodowej efektywnej ścieżki odpowiedzi zwrotnej. Ta hipotetyczna integracja może prowadzić do lepszej akceptacji i bardziej naturalnego funkcjonowania protezy zębowej.

Psychofizyczne podłoże osteopercepcji

Zjawisko osteopercepcji pozostające w sferze badań rozważane jest na gruncie psychologicznym i psychofizycznym, a przewodnictwo bodźców dotykowych przez alloplastyczne filary śródkostne oceniane jest przy użyciu tzw. aktywnych i pasywnych testów.

W testach aktywnych z zastosowaniem folii aluminiowej o różnej grubości, umieszczonej pomiędzy powierzchniami żującymi zębów lub/i różnych konstrukcji implantoprotetycznych, określa się subiektywne odczucia badanego pacjenta. Badania przeprowadzone przez Batista i wsp. [11] wykazały, że istnieje zdolność odczuwania bodźców dotykowych przewodzonych przez protezy wsparte na implantach, a odczucie to różni się w zależności od konstrukcji i długości okresu adaptacji implantoprotezy. Niektórzy pacjenci w początkowym okresie użytkowania implantoprotez wykazują obniżoną zdolność odczuwania i rozpoznawania obciążeń zgryzowych. Wynika to z ograniczonego czucia zewnątrzustnego spowodowanego brakiem eksteroreceptorów i wpływa na obiektywne i/lub subiektywne odczucie „stukania” zębami oraz zmianą w zakresie artykulacji mowy, wynikającą ze zmienionego czucia gnostycznego (przewaga bodźców z receptorów językowych, mięśniowych nad bodźcami z receptorów okostnowych) [12].

Dowiedziano, że pacjenci ze zrekonstruowanymi łukami zębowymi za pomocą protez stałych lub całkowitych protez ruchomych z retencją na implantowanych filarach (overdenture) mogą odbierać bodźce dotykowe na poziomie zbliżonym do uzębienia naturalnego, co z kolei nie jest możliwe w przypadku konwencjonalnych protez cał-

kowitych opartych na śluzowo-kostnym podłożu. To dowodzi istnienia neurofizjologicznej integracji wszczepów śródkostnych z układem stomatognatycznym na różnych odcinkach odbioru bodźców.

Tabela 1 ilustruje różnice jakie istnieją pomiędzy zębami, protezami i śródkostnymi wszczepami w dwóch (czynnym i biernym) progach czuciowych.

Podobne wyniki otrzymali w swoim badaniu Enkling i wsp. [13], stwierdzając, że odbieranie bodźców dotykowych przez implantowany wszczep, w sytuacji obecności przeciwstawnego zęba naturalnego, jest podobne jak w przypadku uzębienia własnego. Podkreślić należy natomiast, że obserwacje kliniczne wskazują na znacznie mniejszą zdolność wykrywania i adaptowania się do zaburzeń zwarcia u pacjentów z uzupełnieniami opartymi wyłącznie na implantach w odniesieniu do pacjentów z uzupełnieniami na zębach ze zdrowym przyzębiem [12]. Podkreślić należy także odmienną integralność sensoryczno-percepcyjną różnych rodzajów konstrukcji implantoprotetycznych. W przypadku całkowitych protez ruchomych opartych przynajmniej częściowo na błonie śluzowej wyrostka zębodołowego i/lub podniebienia zaobserwowano, przynajmniej w początkowym okresie użytkowania, lepszą transmisję bodźców z błony śluzowej i okostnej do ośrodkowego układu nerwowego, w stosunku do protez stałych opartych wyłącznie na wszczepach śródkostnych. Udowodniono także, że pacjenci zaopatrzeni protezami stałymi, które są oparte przynajmniej częściowo na zębach naturalnych, dzięki strukturze i funkcji tkanek przyzębia posiadają lepszy stopień sensoryczno-percepcyjnej integralności, warunkującej lepszą odpowiedź na różnorodne bodźce, w tym także na bodźce zwarciovo-zgryzowe, niż pacjenci z protezami opartymi wyłącznie na implantach. Istnieje bowiem szereg odruchów (np. Rubinowa) regulujących stopień napięcia mięśni żwaczowych w zależności od stopnia podrażnienia eksteroreceptorów przyzębia lub tkanek miękkich podłoża. Klinicznie wykazano, że protezy stałe, oparte zarówno na implantach, jak i zębach (tzw. filarach mieszanych), sprzyjają szybszej adaptacji i komfortowi żucia. [12]

W testach pasywnych wykorzystuje się aktywację filarów alloplastycznych prądem elektrycznym, a następnie określa się obecność trójdzielnych somatosensorycznych potencjałów wzbudzonych (TSEP – Trigeminal Somatosensory Evoked Potentials) przy użyciu elektroencefalogramu [14].

Pomimo trudności związanych z uzyskaniem ciszy tła i koniecznością zastosowania zaawansowanych analizatorów sygnału [15] zaobserwowano, że przewodzenie impulsów elektrycznych przez wszczepiony implant jest możliwe mimo braku ozębnej. Dzieje się tak dzięki obecności receptorów znajdujących się w okostnej i kości otaczającej zintegrowany implant.

Inną nieinwazyjną metodą, określającą funkcje dotykowe jest obrazowanie aktywności kory mózgowej poprzez zastosowanie funkcjonalnego magnetycznego rezonansu jądrowego (fMRI – Functional Magnetic Resonance Imaging) [16, 17], które w połączeniu z innymi technikami (np. TSEP) pozwala na precyzyjne określenie funkcji układu somatosensorycznego w obrębie jamy ustnej [16, 18]. Badania wykorzystujące metodę fMRI przeprowadzone przez Habre-Hallage i wsp. [19] wykazują, że punktowe mechaniczne pobudzenie implantów prowadzi do aktywacji somatosensorycznych obszarów korowych, a także wskazują na współistnienie plastyczności centralnego układu nerwowego, związanej z terapią implantoprotetyczną [20]. Na skutek ekstrakcji zębów i utraty ozębnej obszary kory mózgowej pozbawione organu docelowego zostają uwrażliwione na odbiór bodźców pochodzących z receptorów obwodowych zlokalizowanych w kości wyrostka zębodołowego, stawach skroniowo-żuchwowych, okolicznych mięśniach, błonie śluzowej i skórze. Stąd też wyróżnia się receptory I rzędu (w ozębnej), przesyłające bodźce w kierunku mięśni żwaczowych, z wykorzystaniem neuronów pośrednich OUN, wywierających wpływ na wzorzec ruchomości żuchwy, harmonię zwarciową, a nawet regulację sił żucia [12] oraz receptory II i III rzędu, oddalone od połączenia filaru z kością, co ogranicza czucie gnostyczne i wydłuża okres adaptacji do protez. Naukowcy sugerują, iż aktywacja kory mózgowej jest zasadniczym mechanizmem leżącym u podstaw osteopercepcji. Te badania pokazują, że punktowa stymulacja mechaniczna implantów stomatologicznych aktywuje zarówno pierwotne, jak i wtórne obszary korykalne somatocuciowe. Sugerowane jest także występowanie tzw. plastyczności mózgu, kiedy usunięte zęby są zastąpione implantami. Ta korykalna aktywacja może stanowić leżący u jej podstaw mechanizm osteopercepcji.

Uważa się, że aktywność określonych obszarów kory mózgowej koreluje z protokołem implantacyjnym, zależnym od czasu wprowadzenia implantów. Należy wziąć pod uwagę, że ekstrakcja

Tabela 1. Różnice progów czuciowych pacjentów z zębami, protezami i implantami

Table 1. Differences in sensitivity thresholds in patients with teeth, dentures and implants

Rodzaj podparcia	Próg czynny (wykrywanie grubości)	Próg bierny (wykrywanie obciążenia)
Ząb naturalny (żywy lub leczony endodontycznie)	20 μm	2 g
Proteza ruchoma	150 μm	150 g
Implant podpierający protezę	50 μm	100 g

zębów i natychmiastowa implantacja może wywoływać różne kortykalne przemodelowanie, odmienne od zastosowania tradycyjnych dwufazowych rehabilitacji jakie mają miejsce w implantacji późnej [7]. Ponadto natychmiastowa implantacja pozwala na zachowanie większej liczby wolnych zakończeń nerwowych w tkankach otaczających wszczep śródkostny [21, 22]. Optymalizacja wyników rehabilitacji implantoprotetycznej jest wieloczynnikowym procesem, w zakres którego wchodzi właściwe zaplanowanie i precyzyjne przeprowadzenie zabiegu implantacji, uwzględniające zjawisko neuroplastyczności kory mózgowej skorelowanej z formą protokołu implantacyjnego [23]. Zastosowanie natychmiastowych wszczepów śródkostnych jako metody odtwórczej utraconych zębów wymaga ukierunkowanego na implantoprotetykę badania i właściwej kategoryzacji oraz kwalifikacji pacjenta do terapii zabiegowej. Należy jednoznacznie określić czynniki, które mogą ograniczyć jej skuteczność lub nawet dyskwalifikować zastosowanie tych inwazyjnych procedur [24].

Parafunkcje, takie jak zgrzytanie, zaciskanie zębów, bruksizm, stanowią przeciwwskazanie dla natychmiastowej formy implantacji wszczepów śródkostnych, ze względu na negatywny wpływ nadmiernych sił zgryzowych w fazie gojenia i ryzyko związanych z tym przeciążeń zgryzowych [25].

Histologiczny aspekt zjawiska osteopercepcji

Badania Haesmana [26] dowodzą, iż ekstrakcja zębów skutkująca utratą ogromnej liczby czuciowych włókien nerwowych wiąże się z około 20% redukcją mielinowych włókien z nerwu zębodołowego dolnego. W obrębie tego nerwu włókna nerwowe zaopatrujące zęby oraz przyzębie pozostają zatem częściowo zachowane utrzymując swoją funkcję. Niemniej jednak większość zachowanych mechanoreceptywnych neuronów w jądrze śródmózgowia traci niektóre funkcje [27]. Badania histologiczne nad obecnością i sprawnością czynnościową nerwów czuciowych w tkankach otaczających implant wykazują, iż istnieje pewien sposób ponownego unerwienia (reinnervation) tkanki znajdującej się w okolicy implantu (tkanki periimplantowe) [22, 28].

Mimo, iż ingerencja chirurgiczna związana z wprowadzeniem wszczepu śródkostnego prowadzi do degeneracji włókien nerwowych znajdujących się w obrębie pola operacyjnego, zaobserwowano pojawianie się nowych włókien i wolnych zakończeń nerwowych już w ciągu pierwszego tygodnia procesu gojenia się tkanek po zabiegu chirurgicznym [29]. Jahangiri i wsp. [30], w badaniach przeprowadzonych w 2005 r. na psach, wskazują na możliwość istnienia zjawiska częściowej regeneracji więzadeł przyzębnych (ozębnej) na powierzchni implantu, jednak powiązanie tego zjawiska z odtworzeniem obwodowego szlaku

odpowiedzi zwrotnej wymaga dalszych analiz doświadczalnych.

Jest bezsporne, iż ze względu na brak elastycznych włókien ozębnej sztywne zakotwiczenie wszczepów śródkostnych w kości wyrostka zębodołowego powoduje, iż uzupełnienia protezy oparte na implantach przenoszą siły żujące bezpośrednio na struktury kostne narządu żucia. A zatem, siły wywierane na zintegrowane implanty śródkostne przenoszone bezpośrednio na kość wyrostka zębodołowego i powodujące odkształcenia kości prowadzą do aktywacji receptorów znajdujących w tkankach periimplantu, tj. kości i okostnej. Mechanoreceptory znajdujące się w okostnej biorą więc udział w odbiorze bodźców dotykowych.

Odnotować należy, że wzrost w poziomie progu czucia (im wyższy próg czucia, tym gorsza percepcja) sugerujący zmniejszenie funkcji dotykowej i pogorszenie odpowiedzi odnotowuje się przy: znieczuleniu, zapaleniu przyzębia, ekstrakcji, reimplantacji, starzeniu się, polineuropatii.

Podsumowanie

Terapia implantoprotetyczna, mająca na celu rekonstrukcję różnego rodzaju braków zębowych, jest obecnie powszechnie stosowaną metodą, a coraz nowsze systemy implantologiczne pozwalają na udoskonalenie efektów rehabilitacji protetycznej, zapewniając pacjentom psychosomatyczny komfort. Pomimo, iż leczenie implantoprotetyczne wyszło poza sferę analiz eksperymentalnych, ciągle prowadzone są dalsze badania i obserwacje naukowe w celu uzyskania optymalnego efektu terapii, maksymalnie zbliżonego do sytuacji jaka występuje w jamie ustnej z uzębieniem naturalnym. Szereg dostępnych na rynku narzędzi pozwala skutecznie monitorować uzupełnienia protetyczne oparte na śródkostnych wszczepach, które w sposób zbliżony do fizjologii pozwalają przenosić siły żujące bezpośrednio na struktury kostne narządu żucia i wykorzystują zjawisko osteopercepcji. Choć istnieją histologiczne, neurofizjologiczne i psychofizyczne dowody na występowanie osteopercepcji, wyjaśnienie wszystkich mechanizmów leżących u podłoża tego fenomenu, wpływającego na czynność układu stomatognatycznego odtworzonego za pomocą wszczepów śródkostnych, pozostaje przedmiotem dyskusji i wymaga dalszych badań naukowych. Odpowiedź zmysłowa pełni zasadniczą rolę w precyzyjnej kontroli motoryki w narządzie żucia. Brak ozębnej przy śródkostnych implantach zapewnia aktywację mechanoreceptorów w okolicy implantowej kości oraz sąsiadującej okostnej i zdaje się zastępować brak fizjologicznego aparatu zawieszniowego. Sprzyja to odbudowaniu właściwej ścieżki odpowiedzi układu nerwowego na lokalne wewnętrzne bodźce. Kontrola czuciowo-ruchowa u pacjentów zaopatrzonych w im-

plenty zębów zapewnią naturalną funkcję układu stomatognatycznego poprzez fizjologiczną i psychofizyczną integrację z organizmem człowieka na wielu płaszczyznach adaptacyjnych.

Piśmiennictwo

- [1] Kmieć Z. Histologia i cytofizjologia zęba i jamy ustnej. Błona śluzowa jamy ustnej. Elsevier Urban & Partner. Wrocław. 2007:114–123. Polski
- [2] Trulsson M. Sensory-motor function of human periodontal mechanoreceptors. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2006;33(4):262–273.
- [3] Lambrichts I, Creemers J, Van-Steenberghe D. Morphology of neural endings in the human periodontal ligament: An electron microscopic study. *J Period Res*. 1992;27:191–196.
- [4] Martin Jessel. 1992.
- [5] Iggo. 1985.
- [6] Eley BM, Soory M, Manson JD. Wyd. I polskie red. M. Ziętek. *Periodontologia. Tkanki przyzębia*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław. 2011:1–19.
- [7] Lindhe J, Lang NP, Karring T. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry. Periodontal Tactile Perception and Peri-Implant Osseoperception*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. 2008:108–125.
- [8] Branemark PI, Adell R, Albrektsson T, Lekholm U, Lundkvist S, Rockler B. Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulousness. *Biomaterials*. 1983;1;4:1:25–28.
- [9] Pietruska M, Pietruski J. *Periodontologiczno-implantologiczna chirurgia plastyczna. Wybrane zagadnienia z anatomii przyzębia i tkanek otaczających implanty*. Czelej, Lublin. 2010:22–44.
- [10] Abarca M, Van Steenberghe D, Malevez C, Jacobs R. The neurophysiology of osseointegrated oral implants. A clinically underestimated aspect. *J Oral Rehab*. 2006;33:161–169.
- [11] Batista M, Wellington B, Soares J. Progressive recovery of osseoperception as a function of the combination of implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(6):565–569.
- [12] Koczorowski RW. *Prosthodontics for geriatric patient. Conventional and implant prosthetic restorative methods*. Publishing House of Poznan University of Medical Sciences, Poznan. 2011;142–151.
- [13] Enkling N, Utz KH, Bayer S, Stern RM. Osseoperception: active tactile sensibility of osseointegrated dental implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 2010;11–12;25(6):1159–1167.
- [14] Van Loven K, Jacobs R, Swinnen A, van Huffel S, van Hees J, van Steenberghe D. Sensations and trigeminal somatosensory-evoked potentials elicited by electrical stimulation of endosseous oral implants in humans. *Archives of Oral Biology*. 2000;45(12):1083–1090.
- [15] Swinnen A, Van Huffel S, Van Loven K, Jacobs R. Detection and multichannel SVD based filtering of trigeminal somatosensory evoked potentials. *Med Biol Eng Comput*. 2000;38(3):297–305.
- [16] Lundborg G, Waites A, Bjorkmann A, Rosen B, Larsson EM. Functional magnetic resonance imaging shows cortical activation on sensory stimulation of an osseointegrated prosthetic thumb. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*. 2006:234–239.
- [17] Miyamoto J, Honda M, Saito DN, Okada T, Ono T, Ohyama K, Sadato N. The representation of the human oral area in somatosensory cortex: a functional MRI study. *Cerebral Cortex*. 2006;16(5):669–675.
- [18] Ducreux D, Attal N, Parker F, Bouhassira D. Mechanisms of central neuropathic pain a combined psychophysical and fMRI study in syringomyelia. *Brain*. 2006:936–976.
- [19] Habre-Hallage i wsp. Perceptual changes in the peri-implant soft tissues assessed by directional cutaneous kinaesthesia and graphaesthesia: a prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2011;12;13(4):296–304.
- [20] Kumar L. i wsp. Osseoperception in implants supported prosthesis- a review. *J Med Sci Res*. 2012;4(1):1–4.
- [21] Wang YH. Histological study of nerve distribution around different implant materials in dogs. *J Kyushu Dent Soc*. 1997;51:521–542.
- [22] Wang YH, i wsp. Nerve regeneration after implantation in peri-implant area – a histological study on different implant materials in dogs. *Osseoperception*. Leuven: Catholic University Leuven. 1998:75–88.
- [23] Feine J, Jacobs R, Lobbezoo F, Sessle BJ, Van Steenberghe D, Trulsson M, Fejerskov O, Svensson P. A functional perspective on oral implants – state-of-the science and future recommendations. *J Oral Rehab*. 2006;33:309–312.
- [24] Jakubowski M. Przygotowanie pacjenta do leczenia implantoprotetycznego. *Mag Stomat*. 2008;2:10.
- [25] Glauser R, Ree A, Lundgren A, Gottlow J, Hammerle CH, Scharer P. Immediate occlusal loading of Branemark implants applied in various jawbone regions: a prospective 1-year clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2001;3:204–213.
- [26] Haesman PA. The myelinated fibre content of human inferior nerves from dentate and edentulous subjects. *Journal of Dentistry*. 1984:283–286.
- [27] Linden RW, Scott BJ. The effect of tooth extraction on periodontal ligament mechanoreceptors represented in mesencephalic nucleus of the cat. *Archives of Oral Biology*. 1989;34(12):937–941.
- [28] Lambrichts I. Histological and ultrastructural aspects of bone innervation. In Jacobs R, *Osseoperception*. Leuven: Department of Periodontology, KU Leuven. 1998.
- [29] Wada S, Kojo T, Wang YH, Ando H, Nakanishi E, Zhang M, Fukuyama H, Uchida Y. Effect of loading on the development of nerve fibers around oral implants in the dog mandible. *Clin Oral Impl Research*. 2001;12(3):219–224.
- [30] Jahangiri L, Hessamfar R, Ricci. Partial generation of periodontal ligament on endosseous dental implants in dogs. *Clin Oral Impl Research*. 2005;16(4):396–401.