

Zastosowanie narzędzi piezoelektrycznych w otorynolaryngologii

Application of piezoelectric instruments in otorhinolaryngology

Łukasz Skrzypiec, Kornel Szczygielski, Piotr Roś, Dariusz Jurkiewicz

Klinika Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej z Klinicznym Oddziałem Chirurgii Czaszkowo-Szczękowo-Twarzowej, Wojskowy Instytut Medyczny
Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Dariusz Jurkiewicz

Streszczenie:

Chirurgia piezoelektryczna jest relatywnie nową techniką osteotomii i osteoplastyki wykorzystującą mikrowibracje do selektywnego cięcia kości bez ryzyka uszkodzenia przylegających tkanek miękkich. Narzędzie stworzone głównie na potrzeby chirurgii szczękowo-twarzowej i implantologii stomatologicznej znajduje coraz szersze zastosowanie w otorynolaryngologii. W niniejszym opracowaniu opisano możliwości wykorzystania narzędzi piezoelektrycznych w operacjach z zakresu otorynolaryngologii takich jak operacje endoskopowe zatok przynosowych, a także rynoplastyki, septoplastyki, w plastyce małżowin nosowych dolnych, otosurgerii oraz chirurgii krtani. W niniejszym artykule przedstawiono zalety piezosurgerii, jak również jej ograniczenia w zakresie chirurgii otorynolaryngologicznej oraz dokonano porównania z tradycyjnymi metodami chirurgicznymi.

Abstract:

Piezoelectric surgery is a relatively new branch of medicine used for osteotomies and osteoplasties. It uses microvibrations to selective cutting of bones without damaging surrounding soft tissues. Created mainly for the purposes of maxillofacial surgery and dental implantology, it is increasingly used in otorhinolaryngology. This article describes the possibilities of using piezoelectric instruments in the field of otorhinolaryngology. It can be useful in surgeries such as: endoscopic sinus surgery, rhinoplasty, septoplasty, conchoplasty, otosurgery or laryngeal surgery. Piezosurgery has been compared with traditional surgical methods in several studies. Numerous advantages of this technique as well as its limitations in the field of otorhinolaryngological surgery have been presented. Concluding piezosurgery is promising surgical method in otorhinolaryngology area, although further investigation is needed.

Słowa kluczowe: chirurgia piezoelektryczna, chirurgia ultradźwiękowa, septoplastyka, konchoplastyka, rynoplastyka, FESS

Key words: piezoelectric surgery, ultrasonic aspirator, septoplasty, turbinoplasty, rhinoplasty, FESS

Wstęp

Od co najmniej kilku lat można zauważyć wzrost zainteresowania chirurgią piezoelektryczną jako precyzyjnym narzędziem do chirurgii kości. To zrozumiałe, technika ta bowiem pozwala na selektywne cięcie zminimalizowanej tkanki, przy jednoczesnym oszczędza-

niu tkanek miękkich. Zjawisko piezoelektryczne znane jest już od dawna. Zostało odkryte w 1880 r. przez braci Pierre'a i Jacques'a Curie. Zaobserwowali oni, że na ścisłanej mechanicznie powierzchni specjalnie przygotowanych kryształów (kwarcu, topazu, cukru trzcinowego i innych) powstaje dość wysokie napięcie

elektryczne. Odkrycie to zostało nazwane efektem piezoelektrycznym. Już rok później, dzięki analizie matematycznej Gabriela Lippmanna, bracia Curie doświadczalnie potwierdzili istnienie odwrotnego zjawiska piezoelektrycznego – napięcie elektryczne przyłożone do ścian kryształu powodowało jego deformację. Dziś zjawisko to ma wiele praktycznych zastosowań – od bardzo prostych urządzeń, takich jak zapalniczka czy zegarki kwarcowe, po urządzenia USG pomocne w diagnostyce. Odwrotny efekt piezoelektryczny jest również podstawą działania instrumentów chirurgii ultradźwiękowej. W 1953 r. Catuna jako pierwszy opublikował pracę na temat wpływu ultradźwięków na twarde tkanki zęba [1]. W 1988 r. Vercellotti stworzył piezochirurgię na potrzeby implantologii stomatologicznej, co skutkowało wprowadzeniem w 2002 r. pierwszego narzędzia piezoelektrycznego do użytku komercyjnego [2]. Od tego czasu pojawiają się różne doniesienia ukazujące szerokie możliwości wykorzystania noża piezoelektrycznego w chirurgii stomatologicznej oraz innych dziedzinach medycyny.

Podstawy działania urządzeń piezoelektrycznych

Narzędzie piezochirurgiczne składa się z jednostki głównej z przetwornikiem piezoceramicznym, który przekazuje drgania na wymienne końcówki robocze umieszczone na metalowej rękojeści wyposażonej w wewnętrzny system irygacji, co poprawia widoczność w polu operacyjnym i umożliwia chłodzenie kości oraz narzędzia. Sterownik nożny pozwala chirurgowi kontrolować wszystkie parametry (moc, tryb, przepływ wody). Piezoelektryczne urządzenie minimalizuje uszkodzenie tkanek miękkich, ponieważ do cięcia kości wykorzystywana jest niska częstotliwość (25–30 kHz), mniejsza niż 50 kHz, którą to wartość uznaje się za niezbędną do przecięcia miękkich struktur nerwowych i naczyniowych. Mikrowibracje powstałe na końcu narzędzia powodują drgania liniowe w zakresie od 60 do 210 μm , umożliwiając bardzo precyzyjne cięcie kości. Moc narzędzia może być modulowana w zakresie od 2,8 do 16 W, zgodnie z gęstością kości. Chirurg ma do dyspozycji wiele typów końcówek o różnych rozmiarach i kształtach [2, 3].

Chirurgia piezoelektryczna została wprowadzona w celu zwiększenia precyzji i bezpieczeństwa w chirurgii kostnej, która nie zawsze jest możliwa przy użyciu tradycyjnych instrumentów obrotowych lub oscylacyjnych. Poniżej opisano postępy w chirurgii piezoelektrycznej w ciągu ostatnich 30 lat ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania jej w obszarze otorynolaryngologii.

Zalety i wady

Chirurgia ultradźwiękowa niskich częstotliwości niesie ze sobą wiele korzyści przy minimalnych działaniach niepożądanych. Pierwszą i najważniejszą zaletą jest możliwość selektywnego cięcia tkanek wysoko zmineralizowanych bez jednoczesnego cięcia tkanek miękkich. Pozwala to operatorowi poruszać się bezpieczniej na granicy struktur w okolicy naczyń i nerwów bez większego ryzyka ich przecięcia [4–6]. Schaeren i wsp. zaobserwowali, że nawet przy bezpośrednim kontakcie z nerwem nigdy nie dochodzi do jego przerwania, a jedynie do uszkodzenia jego wierzchnich warstw. Taki uraz może się wiązać z przejściowymi zaburzeniami przewodnictwa nerwowego [6]. Należy jednak pamiętać, że ostre elementy narzędzia przy nierozważnej manipulacji w okolicy wrażliwych struktur, np. naczyń, nerwów, mogą spowodować ich uszkodzenie trakcyjne. Linia cięcia wykonana dzięki tym narzędziom jest gładka, a histologicznie na jej brzegach nie zaobserwowano cech martwicy rozplywnej, co w konsekwencji jest czynnikiem prognostycznie korzystnym w gojeniu pooperacyjnym [2, 3]. Vercellotti i wsp. w badaniu *in vivo* na modelu zwierzęcym w trakcie 90-dniowej obserwacji zauważyli, że następuje zdecydowanie szybsze gojenie się rany pooperacyjnej kości [7]. Osteoidy w miejscu cięcia były obserwowane już w 3. dobie po operacji, natomiast w technikach konwencjonalnych podobne zjawiska zachodziły dopiero w 14. dobie [8]. Tak szybkie gojenie najprawdopodobniej jest spowodowane przekazaniem zdecydowanie mniejszej ilości energii cieplnej na opracowywany element tkanki. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu przez producentów bezpośredniej irygacji na końcówkę roboczą, a także odpowiednim działaniom chirurgów, którzy stosując nacisk na rękojeść rzędu 50–500 g, przy niewielkim kącie natarcia części tnącej zapewniają optymalne warunki pracy narzędzia. Przyłożenie większej siły spowoduje wolniejsze cięcie tkanki i przekazanie większej ilości energii w postaci ciepła. Jest to działanie odwrotne w porównaniu z instrumentami obrotowymi, gdzie przyłożona siła jest wprost proporcjonalna do efektywności cięcia. Do optymalnej pracy konwencjonalne wiertarki wymagają nacisku rzędu 2000–3000 g [9–11]. Wszystkie wymienione wcześniej zalety składają się na osiągnięcie wysokiej precyzji i łatwości cięcia. Dodatkową przewagą, którą oferują urządzenia do piezochirurgii, jest efekt „sterylizacji” i oczyszczania resztek materiału kostnego z pola operacyjnego osiągany za pomocą zjawiska kawitacji w płynie płuczaco-chłodzącym [9, 10]. Ma to szczególne znaczenie podczas pracy w pierwotnie skolonizowanym przez bakterie polu operacyjnym zło-

kalizowanym w obrębie górnych dróg oddechowych. Korzyści z zastosowania narzędzi ultradźwiękowych dotyczą również operatora. Jest to związane ze zdecydowanie mniejszymi wibracjami rękojeści w porównaniu z narzędziami obrotowymi, co zmniejsza oddziaływanie na naczynia krwionośne kończyny górnej chirurga. Mniejsze makrowibracje instrumentu minimalizują ryzyko wystąpienia zespołu Raynauda. Dodatkowym atutem jest cicha praca narzędzia podczas opracowywania tkanek.

Pomimo wielu zalet urządzenia te nie są pozbawione wad. Najczęściej wymienianą niedogodnością jest konieczność robienia przerw przy głębokich cięciach grubych elementów kostnych oraz dłuższy czas cięcia tkanki w porównaniu z innymi narzędziami dostępnymi na rynku [12]. Niemniej jednak czas trwania zabiegu może być porównywalny dzięki zmniejszeniu krwawienia śródoperacyjnego i skróceniu wysiłków związanych z hemostazą. Kolejną wadą może się okazać niewystarczająca liczba specjalistycznych końcówek, w szczególności przeznaczonych do operacji endoskopowych nosa i zatok przynosowych. W tym miejscu należy również wspomnieć o wysokich kosztach zakupu narzędzia piezoelektrycznego, a także znacznych wydatkach na jego stosowanie związanych z koniecznością używania jednorazowych elementów. Zestawienie zalet i wad narzędzi ultradźwiękowych

i klasycznych narzędzi obrotowych przedstawiono w tabeli 1.

Piezochirurgia zatok przynosowych

W literaturze światowej można odnaleźć doniesienia o przydatności noża piezoelektrycznego w operacjach endoskopowych zatok przynosowych. Pagella i wsp. opisali zastosowanie tego narzędzia do usuwania kostniaków położonych w sitowiu przednim i w okolicy ujścia zatoki czołowej. Po wykonaniu procedury operacyjnej Daff IIa za pomocą dostępnych końcówek noża piezoelektrycznego w optyce 70° uwidoczniono i usunięto patologiczne masy kostne [13]. Podobne doświadczenia opisywali Gotlib i Niemczyk po usunięciu kostniaków typu IV po wcześniejszym wykonaniu dojścia typu Draff IIb z usunięciem dzioba czołowego i przegrody międzysiatkowej [14]. Żaden z badaczy nie podaje istotnych klinicznie komplikacji śródoperacyjnych i pooperacyjnych. Obaj uzyskali minimalną destrukcję otaczających tkanek miękkich, przypuszczają również, że technika ultradźwiękowa obarczona jest mniejszym ryzykiem wycieku płynu mózgowo-rdzeniowego, ponieważ nie dochodzi do uszkodzenia opony twardej. Potwierdzeniem tych teorii są doniesienia Bolzoni Vilaret i wsp., którzy po przeprowadzeniu operacji tą metodą doszli do podob-

Tabela 1. Porównanie narzędzi piezoelektrycznych z narzędziami obrotowymi.

| | Narzędzia piezoelektryczne | Narzędzia obrotowe |
|--|----------------------------|---------------------|
| Selektywne cięcie tkanek twardych | tak | nie |
| Możliwość niekontrolowanych ruchów, duża bezwładność | niewielka | duża |
| Krzywa uczenia | krótka i łatwo | dłużej i trudniej |
| Gładka linia cięcia | tak | nie |
| Możliwość wystąpienia martwicy rozplywnej na brzegach ciętej tkanki | mała | duża |
| Efekt dodatkowej sterylizacji pola operacyjnego | znaczny | znikomy |
| Widoczność w polu operacyjnym | bardzo dobra | dobra |
| Różnorodność końcówek roboczych | mała | duża |
| Chłodzenie elementu tnącego | tak | tak |
| Regeneracja kości, gojenie rany pooperacyjnej | szybko | wolno |
| Precyzja cięcia | duża | mała |
| Makrowibracje → ryzyko wystąpienia zespołu Raynauda | małe | duże |
| Koszty operacji | duże | małe |
| Czas cięcia tkanki/czas zabiegu | długi/porównywalny | krótki/porównywalny |
| Krwawienie śródoperacyjne | małe | duże |
| Konieczność robienia przerw podczas cięcia, szczególnie przy głębokich rzeźach | tak | nie |

nych wniosków jak poprzednicy [15]. Podjęte zostały również próby podśluzówkowego otwarcia zatoki szczękowej, korekcji małżowiny puszkiowej i otwarcia puszki sitowej u chorych z bólami głowy bez zmian polipowatych w jamach nosa. We wstępnych doniesieniach Mancini i wsp. podają ustąpienie bólów głowy po operacji oraz zauważają minimalne uszkodzenia błony śluzowej. Przełożyło się to na lepszą funkcjonalność błony śluzowej i utrzymanie drożności ujść zatok szczękowych [16].

Mimo pozytywnych pojedynczych doniesień brak kontrolowanych i randomizowanych badań opisujących efekty zastosowania piezochirurgii w obrębie zatok przynosowych. Ponadto biorąc pod uwagę skomplikowaną i niejednokrotnie trudno dostępną anatomie chirurgiczną w tym rejonie, konieczne są dalsze ulepszenia techniczne końcówek roboczych.

Rynoplastyki

Operacje nosa zewnętrznego są zabiegami z ogranicza chirurgii czynnościowej nosa oraz chirurgii plastycznej. Zazwyczaj w tego rodzaju zabiegach konieczne jest wykonanie osteotomii bocznej lub środkowej przeprowadzonej w celu zmobilizowania kości nosa. Tradycyjne osteotomy stosowane są najczęściej bez kontroli wzroku. Przenoszą one dużą siłę na kości, co nierzadko skutkuje niekontrolowanymi pęknięciami. W czasie tej procedury może także dojść do uszkodzenia naczyń krwionośnych, a w konsekwencji do intensywnego krwawienia śródoperacyjnego, obrzęku i wybroczyn w okresie gojenia. Dlatego ważne jest stosowanie narzędzi, które wiążą się z przewidywalnymi efektami. Nóż ultradźwiękowy wykorzystywany w tym celu pozwala precyzyjnie przeprowadzić osteotomię, minimalizując ryzyko powikłań. Może być również użyty do znoszenia wyniosłości grzbietu nosa. Jednak wskazanie to nie jest pozbawione wad. Najważniejszą z nich jest konieczność wykonania szerokiego dojsścia, co może się wiązać z późniejszymi zaburzeniami ukrwienia prowadzącymi do resorpcji kości, a w skrajnych przypadkach do martwicy tkanek [17]. Robiony i wsp., wykorzystując dostęp zewnętrzny, zminimalizowali te niekorzystne działania [18]. Kolejny problem może wynikać z utraty długości ciętych elementów, co utrudnia rekonstrukcję i wpływa na nadmierną niestabilność.

Septoplastyka

Operacje przegrody nosa najczęściej są wykonywane z dostępu wewnątrznosowego konwencjonalnymi narzędziami z dobrym efektem czynnościowym. Trudności mogą się pojawić u chorych z masywnym

skrzywieniem przegrody nosa. Deformacje te nierzadko spowodowane są urazami mechanicznymi twarzoczaszki. W takich przypadkach pomocne wydają się instrumenty, które do cięcia tkanek twardych wykorzystują ultradźwięki. Ich przewagą jest mniejsze ryzyko uszkodzenia błony śluzowej podczas odwarstwiania i usuwania elementów kostnych przegrody nosa. W 2013 r. opublikowano pracę przedstawiającą efekty użycia noża piezoelektrycznego w plastikach przegrody nosa. Zestawiając je z konwencjonalnymi narzędziami, badacze zauważyli działanie ochronne w stosunku do tkanek miękkich, natomiast w 6-miesięcznej obserwacji oceniającej drożność nosa nie odnotowali przewagi w żadnej z grup [19].

Plastyka małżowin nosowych dolnych

Operację zmniejszenia małżowin nosowych dolnych można wykonać na wiele różnych sposobów, od klasycznych metod operacyjnych przez metody wykorzystujące plazmę argonową i koagulację bipolarną po zastosowanie laserów CO₂ lub Nd:YAG. W 2010 r. Greywoode i wsp. pokazali, że do szerokiej gamy instrumentów operacyjnych wykorzystywanych do konchoplastyki dolnej można wykorzystać narzędzia ultradźwiękowe. Z grupy 81 chorych, u których przeprowadzono podśluzówkową resekcję blaszki pionowej małżowiny nosowej dolnej, 7 pacjentów zaobserwowało długofalowe efekty tej procedury pod postacią braku uczucia zatkania nosa. Wyniki te mogą nie odzwierciedlać wszystkich korzyści, ponieważ wykonane przez autorów zabiegi były łączone z innymi procedurami, takimi jak: septoplastyka, plastyka nosa zewnętrznego, czynnościowa operacja zatok czy operacja dróg łzowych DCR [20]. Należałoby przeprowadzić odrębne badanie, skupiając się wyłącznie na operacji małżowin nosowych dolnych w celu dokładnej oceny skuteczności tej metody.

Otochirurgia

W chirurgii ucha niezwykle ważne jest precyzyjne cięcie kości w istotnych klinicznie obszarach anatomicznych. Instrumenty ultradźwiękowe mogą być przydatne do wykonania mastoidektomii, antrotomii, tympanotomii tylnej i dekompresji nerwu twarzowego [21]. Korzystne właściwości noża piezoelektrycznego potwierdzono również w leczeniu otosklerozy oraz guzów jamy bębnekowej [22]. W wielu opracowaniach autorzy podkreślają niezwykle możliwości kontroli urządzenia, co daje wysoką precyzję cięcia bez ryzyka uszkodzeń otaczających struktur miękkich. Podnoszą

również pilną potrzebę opracowania nowych końcówek tnących dostosowanych do operacji w obrębie ucha [23].

Chirurgia krtani

Narzędzia piezoelektryczne, najczęściej wykorzystywane do cięcia tkanki kostnej, w przypadku chirurgii krtani z powodzeniem znalazły zastosowanie do cięcia chrząstki tarczowatej. Użyto ich do leczenia zwężeń krtani. Natomiast u chorych z rakiem krtani wykonywano laryngektomie częściowe z dostępu zewnętrznego. Narzędzia te dawały możliwość zarówno cięć liniowych w poziomie i pionie, jak i cięć różnokształtnych. Chirurgi podkreślają łatwość użycia oraz dobre efekty gojenia. Jak dotąd brak doniesień oceniających czystość onkologiczną wykonanych resekcji oraz długofalowych obserwacji chorych onkologicznych [24].

Podsumowanie

Chirurgia piezoelektryczna jest innowacyjną techniką przeznaczoną do cięcia zarówno tkanki kostnej, jak i chrzęstnej. Wykorzystywana początkowo w chirurgii stomatologicznej i implantologii, obecnie z powodzeniem jest stosowana w innych dziedzinach medycyny, takich jak: otorynolaryngologia, neurochirurgia, okulistyka czy ortopedia. Głównymi zaletami tych urządzeń podkreślanymi w większości opracowań są: selektywność, precyzja cięcia oraz doskonała widoczność w polu operacyjnym. Niewątpliwym plusem tej metody są również dobre efekty gojenia i formowania nowej kości. Powyższe cechy czynią chirurgię piezoelektryczną niezwykle atrakcyjną dla chirurga endoskopowego – jest to bowiem procedura bezpieczna, małoinwazyjna, cechująca się dużą skutecznością i niskim odsetkiem powikłań. Jednakże nie możemy być wobec niej zupełnie bezkrytyczni.

Najczęściej wymienianą niedogodnością piezochirurgii jest konieczność robienia przerw przy głębokich cięciach grubych elementów kostnych, aby nie doprowadzić do przegrzewania tkanek. Należy również pamiętać o stosunkowo wysokich kosztach zakupu i użytkowania narzędzia oraz o ograniczonej gamie wysoko specjalistycznych końcówek tnących. Jak każda procedura zabiegowa piezochirurgia wymaga od operatora zdobycia doświadczenia w posługiwaniu się nowym sprzętem, a czas nauki zależy głównie od indywidualnych predyspozycji.

Piezochirurgia z łatwością wpisuje się w obecne trendy medycyny dążące do zmniejszania inwazyjno-

ści i rozwoju technik endoskopowych. Choć wymaga jeszcze ulepszeń oraz dalszych obserwacji, zdecydowanie jest ona metodą przyszłościową.

Piśmiennictwo:

1. Catuna M.C.: *Sonic surgery*. *Ann. Dent.* 1953,12: 100.
2. Vercellotti T.: *Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery*. *Minerva Stomatol.* 2004, 53: 207-214.
3. Vercellotti T.: *Podstawy chirurgii piezoelektrycznej. Kwintesencja*, Warszawa 2010.
4. Pavlikova G., Foltan R., Horka M. et al.: *Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery*. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2011, 40: 451-457.
5. Kotrikova B., Wirtz R., Krempien R. et al.: *Piezosurgery – a new safe technique in cranial osteoplasty?* *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2006, 35: 461-465.
6. Schaeren S., Jaquier C., Heberer M. et al.: *Assessment of nerve damage using a novel ultrasonic device for bone cutting*. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2008, 66: 593-596.
7. Vercellotti T., Nevins M.L., Kim D.M. et al.: *Osseous response following respective therapy with piezosurgery*. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.* 2005, 25: 543-549.
8. Horton J.E., Tarpley T.M., Wood L.D.: *The healing of surgical defects in alveolar bone produced with ultrasonic instrumentation, chisel, and rotary bur*. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1975, 39: 536-546.
9. Schlee M., Steigmann M., Bratu E. et al.: *Piezosurgery: basics and possibilities*. *Impl. Dent.* 2006, 15: 334-337.
10. Stübinger S., Landes C., Seitz O. et al.: *Ultrasonic bone cutting in oral surgery: a review of 60 cases*. *Ultraschall Med.* 2008, 29: 66-71.
11. Troiani C., Russo C., Ballarani G. et al.: *Piezoelectric surgery: a new reality to cut and manage bone in maxillo-odontostomatology*. *Int. J. Maxillo Odontostomatology* 2005, 4: 23-28.
12. Rahnema M., Czupkalto Ł., Czajkowski L. et al.: *The use of piezosurgery as an alternative method of minimally invasive surgery in the authors' experience*. *Videosurgery and other Miniinvasive Techniques* 2013, 8(4): 321-326.
13. Pagella F., Giourgos G., Matti E. et al.: *Removal of a fronto-ethmoidal osteoma using sonopet omni ultrasonic bone curette: first impressions*. *Laryngoscope* 2008, 118: 307-309.
14. Gotlib T., Niemczyk K.: *Transnasal endoscopic piezoelectric assisted removal of frontal sinus osteoma*. *Laryngoscope* 2013, 123: 588-590.
15. Bolzoni Villaret A., Schreiber A., Esposito I. et al.: *Endoscopic ultrasonic curette-assisted removal of frontal osteomas*. *Acta Otorhinolaryngologica Italica.* 2014, 34(3): 205-208.

16. Mancini G., Buonaccorsi S., Reale G. et al.: Application of piezoelectric device in endoscopic sinus surgery. *J. Craniofac. Surg.* 2012, 23: 1736-1740.
17. Gerbault O., Daniel R.K., Kosins A.M.: The role of piezoelectric instrumentation in rhinoplasty surgery. *Aesthet. Surg. J.* 2016, 36: 21-34.
18. Robiony M., Polini F., Costa F. et al.: Ultrasound piezoelectric vibrations to perform osteotomies in rhinoplasty. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2007, 65: 1035-1038.
19. Kim J.Y., Choi G., Kwon J.H.: The application of an ultrasonic bone aspirator for septoturbinoplasty. *J. Craniofac. Surg.* 2015, 26: 893-896.
20. Greywoode J.D., Van Abel K., Pribitkin E.A.: Ultrasonic bone aspirator turbinoplasty: a novel approach for management of inferior turbinate hypertrophy. *Laryngoscope* 2010, 120: 239.
21. Sami R., Krishnamoorthy K., Pensak M.: Use of a novel ultrasonic surgical system for decompression of the facial nerve. *Laryngoscope* 2007, 117: 872-875.
22. Salami A., Mora R., Dellepiane M. et al.: Results of revision mastoidectomy with piezosurgery. *Acta Otolaryngol.* 2010, 130: 1119-1124.
23. Dellepiane M., Mora R., Salzano F. et al.: Clinical evaluation of piezoelectric ear surgery. *Ear Nose Throat J.* 2008, 87: 212-216.
24. Jurek O., Wójtowicz P., Krzeski A.: Usage of piezoelectric instruments in larynx surgery. *Otolaryngol. Pol.* 2017, 71: 1-4.

Wkład autorów/Authors' contributions: Według kolejności.

Konflikt interesów/Conflict of interests:

Nie występuje.

Finansowanie/Financial support:

Nie występuje.

Etyka/Ethics:

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.

Adres do korespondencji:

lek. Łukasz Skrzypiec

Klinika Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej z Kliniką Oddziałem Chirurgii Czaszkowo-Szczękowo-Twarzowej, Wojskowy Instytut Medyczny 04-141 Warszawa, ul. Szaserów 128

tel.: 261-817-469

e-mail: lskrzypiec@wim.mil.pl