

Klucze dynamometryczne w implantoprotetyce – typy i weryfikacja wskazań

Torque controllers for implant prosthodontics – types and reading verification

Piotr Stendera

Katedra Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Department of Prosthodontics, Medical University of Warsaw
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jolanta Kostrzeva-Janicka

HASŁA INDEKSOWE:

klucze dynamometryczne, kontrola momentu siły, weryfikacja wskazań momentu siły

KEY WORDS:

torque wrenches, torque control, torque verification

Streszczenie

Zastosowanie odpowiedniego momentu siły ma w implantoprotetyce z klinicznego punktu widzenia bardzo ważne znaczenie. Użycie zbyt niskich wartości momentu siły może prowadzić do niekontrolowanego, samoistnego luzowania się śruby mocującej uzupełnienie. Dokręcanie śruby zbyt dużym momentem siły może skutkować uszkodzeniem mechanicznym (złamaniem) śruby lub implantu. W implantoprotetyce stosowane są trzy podstawowe typy kluczy dynamometrycznych – sprężynowe, łamane i kątnicowe. W piśmiennictwie niewiele jest doniesień dotyczących możliwości kontrolowania momentu obrotowego generowanego przez klucz. Ponadto, zgodnie z powszechną opinią, po wielokrotnym użyciu i sterylizacji klucze mogą ulec rozkalibrowaniu, a ich odczyty stają się niewiarygodne. Ponadto producenci implantów nie zapewniają serwisu sprzedawanych przez siebie kluczy dynamometrycznych. W artykule przedstawiono własną metodę konstrukcji prostych urządzeń umożliwiających weryfikację wskazań kluczy dynamometrycznych metodą grawitacyjną, z uwzględnieniem specyfiki pomiarów dla każdej grupy kluczy. Obliczenie momentu siły było możliwe za pomocą znanego równania, w którym moment siły jest iloczynem zmierzonej długości ramienia dźwigni i masy

Summary

Application of the appropriate torque in implant prosthodontics is very important from the clinical point of view. The use of insufficient torque may result in uncontrolled, spontaneous loosening of the screw that fixes the restoration. Tightening the screw with the excessive torque can result in the mechanical damage (fracture) of the screw or implant. Three basic types of torque wrenches are used in implant prosthodontics: spring, toggle (friction) and contra-angle type. There are few reports in the literature regarding the possibility of controlling the torque generated by the wrench. Furthermore, according to the popular opinion, after multiple use and sterilization, the wrenches may become decalibrated and their readings unreliable. Also, the implant manufacturers do not provide service for mechanical torque wrenches they sell. This paper presents an original method of constructing simple devices enabling the verification of torque wrenches readings with the use of the gravity method, considering the specific measurements for each wrench group. Calculation of the torque was possible using a well-known equation. The torque is the product of the multiplication of the measured length of the lever arm and the mass of the weights used for loading. An important issue is the horizontal

odważników użytych do obciążenia. Ważnym elementem jest horyzontalne ustawienie klucza, które może być skontrolowane za pomocą poziomicy. Przedstawiona metodologia pozwala na kontrolę często stosowanych i wielokrotnie sterylizowanych kluczy.

Wstęp

Współczesna implantologia stomatologiczna oparta jest na mocowaniu śrubowym zarówno w przypadku uzupełnień przykręcanych, jak i cementowanych, gdzie łącznik jest mocowany śrubą. Z klinicznego punktu widzenia stabilność połączenia ma kluczowe znaczenie. Klucze dynamometryczne służą do prawidłowej kontroli momentu siły podczas dokręcania śruby uzupełnienia. Odpowiedni moment siły wynika z zaleceń producenta i zależy od różnych sytuacji klinicznych (rodzaju uzupełnienia, rodzaju śruby, materiału, powierzchni śruby, a nawet jej średnicy). Zastosowanie niewystarczającego momentu siły może spowodować niekontrolowane, samoistne poluzowanie śruby. Dokręcanie śruby z nadmiernym momentem może spowodować uszkodzenie mechaniczne (pęknięcie) zarówno śruby, jak i implantu.

Moment siły jest wartością wektorową, będącą iloczynem siły i długości ramienia, czyli odległości od punktu przyłożenia siły do osi obrotu. Jednostką momentu siły w układzie SI jest Nm. 1 Nm to moment siły (moment obrotowy, moment skrętny) generowany w sytuacji, gdy siła o wartości 1 N jest przyłożona prostopadle do ramienia dźwigni w odległości 1 m od osi obrotu. Zmiany momentu siły można uzyskać poprzez zmianę siły lub zmianę długości ramienia.

W nowoczesnej implantoprotetyce stosuje się trzy podstawowe rodzaje kluczy dynamometrycznych: sprężynowy, łamany i kątnicowy (o wyglądzie podobnym do główki kątnicy klinicznej). Sprężynowe klucze dynamometryczne

position of the wrench, which can be checked using a water level.

With the presented methodology it is possible to control the wrenches that have been frequently utilized and sterilized.

są wyposażone w sztywne ramię ze skalą oraz ramię sprężyste.¹⁻³ Ugięcie ramienia sprężystego, powstałe w wyniku ręcznego przyłożenia siły, jest porównywane ze skalą i dostarcza informacji o aktualnie działającym momencie siły. Klucze łamane posiadają podziałkę, na której ustawiany jest maksymalny moment siły.^{4,5} Śledzenie aktualnego momentu siły nie jest możliwe. Wraz ze wzrostem ręcznego przyłożenia siły klucz „łamie się” po osiągnięciu ustawionej wartości, uniemożliwiając dalszy wzrost momentu siły. Klucze kątnicowe działają podobnie do kluczy łamanych. Posiadają skalę, na której ustawiany jest maksymalny moment obrotowy, ale śrubokręt jest zamontowany (jak wiertło) w główce, która jest podobna do wolnoobrotowej kątnicy klinicznej. Rotacja klucza odbywa się poprzez obrót pokrętła na końcówce. Po osiągnięciu ustawionego momentu siły słyszane jest kliknięcie i dalszy wzrost momentu siły nie jest możliwy.

Producenci implantów nie zapewniają serwisu kluczy dynamometrycznych, a w piśmiennictwie fachowym istnieje niewiele opisów urządzeń, które pozwoliłyby klinicystom sprawdzić dokładność ich wskazań.⁶⁻⁸

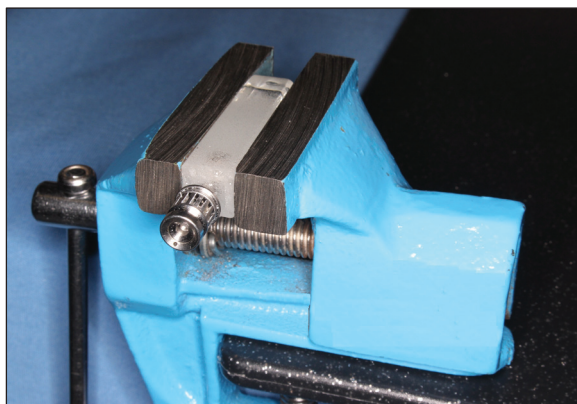
Dlatego autor postawił sobie za cel skonstruowanie, przetestowanie i opisanie prostych urządzeń, które pozwoliłyby każdemu użytkownikowi kontrolować klucze pozostające w jego codziennym użyciu.

Opis metody

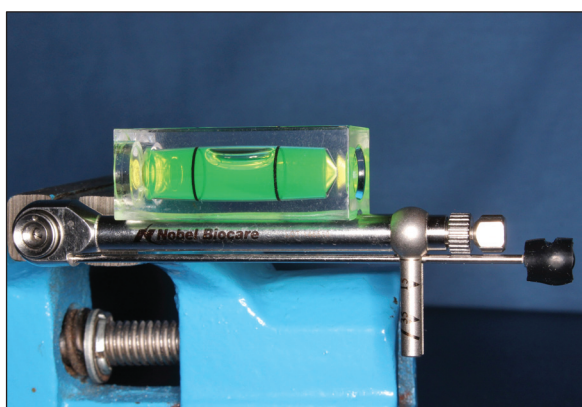
Wszystkie skonstruowane urządzenia opierały się na koncepcji obliczania momentu siły



Ryc. 1. Prostopadłościenny blok z żywicy epoksydowej i mandrynu gumki polerskiej.



Ryc. 2. Blok dokręcony w imadle wraz z kluczem i wkładką.



Ryc. 3. Horyzontalne położenie ramienia klucza monitorowane za pomocą poziomicy.

z wykorzystaniem metody grawitacyjnej. Dla każdego typu klucza konieczne było uwzględnienie specyficznej konstrukcji i funkcjonowania urządzenia.

W przypadku grupy kluczy sprężynowych metodologia pomiaru polegała na skonstruowaniu prostopadłościennego bloku z żywicy epoksydowej, w którym umieszczono uchwyt (mandryn) na gumkę polerską (ryc. 1). Część uchwytu, wystająca z bloku, umożliwiała montaż wkładki i klucza dynamometrycznego (wszystkie maszynowe klucze implantologiczne mają taką samą konstrukcję jak wiertła montowane w kątnicy – średnicę 2,35 mm i płaskie ścięcie zakończenia). Usytuowany poziomo blok dokręcano w imadle (ryc. 2), a horyzontalne położenie klucza monitorowano za pomocą poziomicy (ryc. 3). Długość ramienia



Ryc. 4. Ramię sprężyste po obciążeniu.



Ryc. 5. Odczyty na skali sprężynowego klucza dynamometrycznego.

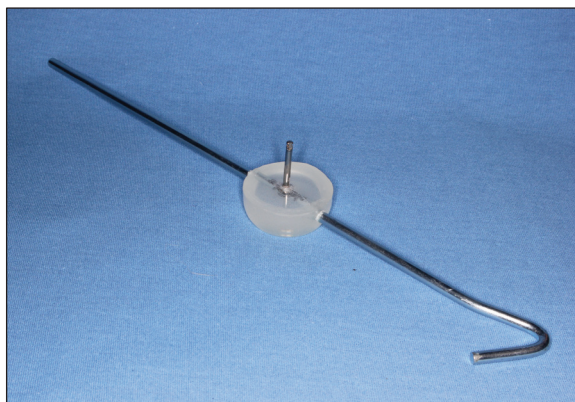


Ryc. 6. Obciążenie klucza łamanego.

sprężyny mierzono suwmiarką. Na końcu ramienia sprężyny umieszczono woreczek z ciężarkami (ryc. 4). Masę ciężarków stopniowo zwiększano (o 1g), aż do osiągnięcia odpowiednich odczytów momentu obrotowego na skali klucza (ryc. 5). Następnie cały worek z ciężarkami ważono na wadze laboratoryjnej (+/- 1 g).

W przypadku kluczy łamanych metodologia testu była podobna. Klucz z wkładką umieszczono na bloku zamocowanym w zacisku. Mierzono długość ramienia klucza, sprawdzono jego poziome położenie, zwiększano obciążenie aż do momentu zerwania klucza (ryc. 6), a następnie worek z ciężarkami ważono na wadze laboratoryjnej (+/- 1 g).

W przypadku kluczy kątnicowych metodologia testu musiała być zupełnie inna. Używając uchwytu do gumki polerskiej, metalowego pręta z hakiem i żywicy epoksydowej, skonstruowano dwustronną dźwignię (ryc. 7). Element ten wyważano, aby wyeliminować wpływ ciężaru ramienia. Mierzono długość ramienia. Kątnicowy klucz dynamometryczny



Ryc. 7. Dwustronna dźwignia wykonana z mandryny gumki polerskiej, metalowego pręta z hakiem i żywicy epoksydowej.



Ryc. 8. Klucz typu kątnicowego przymocowany do płytki za pomocą uchwytu.



Ryc. 9. Manualny test podnoszenia.

mocowano do płytki za pomocą klipsa (ryc. 8), a obciążenie umieszczono na haku. Zwiększano masę odważników i przeprowadzono ręczny test unoszenia (ryc. 9). Za pomocą wagi laboratoryjnej (+/-1 g) określono masę, która

powodowała kliknięcie klucza po podniesieniu ramienia do pozycji poziomej.

Aktualny moment obrotowy wyliczano przy użyciu następującego wzoru (opartego na definicji momentu siły):

$$T [\text{Ncm}] = r [\text{cm}] \times m [\text{kg}] \times 9,81 \text{m/s}^2 \times \cos \alpha$$

gdzie:

T – moment siły

r – długość ramienia (promień) – odległość między osią obrotu a punktem obciążenia
m – masa odważników (wraz z workiem lub szalką)

9,81 m/s² – standardowe przyspieszenie ziemskie, które pozwala na przeliczenie masy na ciężar

α – kąt między ramieniem klucza a płaszczyzną poziomą

Ramię klucza było poziomowane, aby wyeliminować wpływ ostatniego czynnika w tym równaniu. Wartość funkcji cosinus dla 0 stopni wynosi bowiem 1.

Podsumowanie

Wszystkie opisane urządzenia działały zgodnie z założeniami leżącymi u podstaw ich konstrukcji. Pewne wątpliwości mogą wynikać z subiektywności odczytów na skali klucza (co dotyczy w tym samym stopniu również warunków klinicznych). Przykładowo, w kluczach sprężynowych na ustalenie czy położenie ramienia sprężyny odpowiada podziałce skali, może mieć wpływ kąt obserwacji klucza.⁹

Z kolei w przypadku kluczy ciernych, zerwanie klucza wraz ze wzrostem obciążenia nie jest konkretnym momentem, lecz procesem polegającym na stopniowym otwieraniu przegubu aż do jego zerwania.^{10,11} Wydaje się, że z klinicznego punktu widzenia to obciążenie, które ostatecznie przełamie klucz powinno być uznane za wiarygodne, jednak jego obserwacja w praktyce jest trudna. Wydaje się, że pomimo

pewnej subiektywności pomiarów, zastosowanie opisanej metody pozwala na kontrolę kluczy z klinicznie akceptowalną dokładnością.

Istotne jest, że opisane urządzenia może przygotować każdy klinicysta w celu kontroli używanych przez siebie kluczy dynamometrycznych.

Piśmiennictwo

1. Britton-Vidal E, Baker P, Mettenburg D, Pannu DS, Looney SW, Londono J, Rueggeberg FA: Accuracy and precision of as-received implant torque wrenches. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 811-816. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.06.002
2. Wadhvani CPK, O'Brien RT, Rosen PS, Chung KH: A technique to validate the accuracy of a beam-type mechanical torque limiting device. *J Prosthet Dent* 2020; 124: 647-652. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.12.019
3. O'Brien R, Wadhvani CPK, Rosen PS, Chung KH: Validating implant torque limiting devices with a custom tool: A dental technique. *J Prosthet Dent* 2021; 125: 407-410. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.03.003
4. L'Homme-Langlois E, Yilmaz B, Chien HH, McGlumphy E: Accuracy of mechanical torque-limiting devices for dental implants. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 524-528. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.11.017
5. Neugebauer J, Petermüller S, Scheer M, Happe A, Faber FJ, Zoeller JE: Comparison of design and torque measurements of various manual wrenches. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015; 30: 526-533. doi: 10.11607/jomi.3733
6. Wang YS, Lee CT, Kandaswamy E, Theodorou K, Chien HH: Accuracy of mechanical torque-limiting devices for implant screw tightening: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2024; 132: 536-545. doi: 10.1016/j.prosdent.2022.08.013
7. Albayrak H, Gumus HO, Tursun F, Kocaagaoglu HH, Kilinc HI: Accuracy

- of torque-limiting devices: A comparative evaluation. *J Prosthet Dent* 2017; 117: 81-86. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.07.005
8. *Vallee MC, Conrad HJ, Basu S, Seong WJ*: Accuracy of friction-style and spring-style mechanical torque limiting devices for dental implants. *J Prosthet Dent* 2008; 100: 86-92. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60154-7
9. *Wadhvani CPK, O'Brien R, Rosen PS, Chung KH*: Effect of viewing angles on measurement errors when using an implant cantilever beam torque-limiting device. *J Prosthet Dent* 2023; 130: 597-601. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.11.022
10. *Wadhvani CPK, O'Brien R, Rosen PS, Chung KH*: Testing and calibrating the mechanical-type toggle torque wrenches used in implant dentistry: A dental technique. *J Prosthet Dent* 2020; 123: 403-407. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.04.021
11. *Wood JS, Marlow NM, Cayouette MJ*: Accuracy of dental torque wrenches. *Gen Dent* 2015; 63: e20-2. PMID: 26545283.

Zaakceptowano do druku: 5.06.2026 r.

Adres autora: 02-097 Warszawa, ul. Binieckiego 6.

© Zarząd Główny PTS 2026.