



# Rola współpracy elektroradiologa i ortopedy w planowaniu przedoperacyjnym endoprotezoplastyki stawu kolanowego i biodrowego

The role of cooperation between an electroradiologist and an orthopaedist in preoperative planning of knee and hip arthroplasty

Jarostaw Jabłoński<sup>1, 2</sup>, Damian Filip<sup>1, 2</sup>, Paweł Jarmuziewicz<sup>2</sup>, Karolina Jabłońska<sup>1</sup>, Adrian Truskiewicz<sup>2, 3</sup>, Stawomir Snela<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski, Aleja T. Rejtana 16c, 35-326 Rzeszów, tel. +48 603 690 611, e-mail: ortopik@poczta.onet.pl

<sup>2</sup>Kliniczny Szpital Wojewódzki nr 2 im. św. Jadwigi Królowej w Rzeszowie, ul. Lwowska 60, 35-301 Rzeszów

<sup>3</sup>Zakład Fotomedycyny i Chemii Fizycznej, Uniwersytet Rzeszowski, Al. mjr. W. Kopisto 2 a, 35-959 Rzeszów

## Wprowadzenie

Planowanie zabiegu na podstawie profesjonalnie wykonanych radiogramów jest początkowym etapem leczenia, jednakże niezwykle istotnym dla dalszego postępowania chirurgicznego w ortopedii zabiegowej. Na tym etapie kluczowa jest właściwa współpraca ortopedy i elektroradiologa. Ta praca zespołowa jest niezwykle istotnym momentem składającym się na sukces końcowego wyniku leczenia szczególnie zabiegów z wykorzystaniem współczesnych implantów zastępujących zniszczone zaawansowanym zwyrodnieniem stawu kolanowe i biodrowe.

Podstawą relacji ortopeda – elektroradiolog jest dwustronna komunikacja między lekarzem zlecającym badanie a elektroradiologiem technicznie realizującym to zlecenie.

Aby zapewnić właściwe wykonanie badania po stronie ortopedy, po zbadaniu pacjenta zgodnie ze sztuką lekarską powinno zostać wypisane zlecenie na odpowiednie projekcje radiologiczne w formie właściwie i czytelnie wypełnionego skierowania z określeniem rozpoznania, celu wykonania oraz rodzaju projekcji. Ważne jest także wpisanie formy szybkiego i bezpośredniego kontaktu do lekarza zlecającego, aby umożliwić wyjaśnienie na bieżąco ewentualnych wątpliwości elektroradiologa

166

## Streszczenie

Praca zespołowa jest bardzo ważna – szczególnie w medycynie. Planowanie zabiegu na podstawie profesjonalnie wykonanych radiogramów jest początkowym etapem leczenia, jednakże niezwykle istotnym dla dalszego postępowania chirurgicznego w ortopedii. Sukces końcowego wyniku leczenia jest dziełem całego zespołu.

Dzięki właściwej współpracy ortopedów i elektroradiologów w naszym ośrodku na bieżąco monitorujemy wykonanie właściwych projekcji radiologicznych, niezbędnych do indywidualnego planowania operacyjnej metody leczenia pacjenta szczególnie z zaawansowanym zwyrodnieniem stawu biodrowego i kolanowego.

**Słowa kluczowe:** planowanie przedoperacyjne ortopedyczne, endoprotezoplastyka stawu kolanowego i biodrowego, elektroradiolog

## Abstract

The teamwork is very important – especially in medicine. Planning the procedure based on professionally made radiographs is the initial stage of treatment, however, it is extremely important for further surgical procedures in orthopedics. Thus, the success of the outcome of the treatment is therefore the work of the entire team.

Thanks to the proper cooperation of orthopedists and radiology technologists in our center, we monitor the performance of appropriate radiological projections on an ongoing basis, necessary for individual planning of the surgical method of treatment of a patient, especially with advanced degeneration of the hip and knee joints.

**Key words:** orthopedic preoperative planning, knee, and hip arthroplasty, radiology technologist (radiographer, X-ray technician, radiologic technologist)

otrzymano / received:

28.03.2023

poprawiono / corrected:

02.04.2023

zaakceptowano / accepted:

10.04.2023

dotyczących danego badania póki chory jest jeszcze w pracowni rentgenowskiej. Dobór odpowiednich projekcji jest niezbędny do właściwego planowania przedoperacyjnego celem możliwości dopasowania wzorników implantów do wielkości i deformacji stawowej. Po stronie elektroradiologa na podstawie właściwie opisanego zlecenia jest możliwie najlepsze wykonanie badania zgodnie z zasadami wykonywania zdjęć rentgenowskich poprzez odpowiednie dostosowanie parametrów technicznych oraz właściwego ułożenia kończyn. W razie wątpliwości powinna być możliwa bezpośrednia konsultacja z ortopedą zlecającym badanie, ponieważ powodzenie dalszego leczenia jest obecnie w znacznym stopniu oparte na jakości przed- i pooperacyjnych właściwie wykonanych radiogramów. Relacja ortopeda – elektroradiolog jest kształtowana i rozwijana poprzez zawodowe spotkania warsztatowe oraz wymiany poglądów i doświadczeń medycznych. Spotkania te obejmują merytorycznie i praktycznie określenia możliwości technicznych wykonania konkretnych projekcji, przekazywanie informacji o wprowadzanych nowych projekcjach dostosowanych do potrzeb nowych technik operacyjnych np. po konferencjach, kursach ortopedycznych. Istotna jest także wymiana poglądów i spostrzeżeń na podstawie przeprowadzonych już badań, aby kształtować prawidłowe nawyki technicznego wykonywania projekcji oraz unikania błędów technicznych podczas realizacji badania radiologicznego.

Planowanie przedoperacyjne pomaga jasno zdefiniować cel, do którego się dąży i tym samym sprawia, że łatwiej go osiągnąć, ponieważ chirurgia urazowo-ortopedyczna to profesja „wysokiego ryzyka” i nie ma w niej miejsca na improwizację i nonszalancję.

Planowanie na podstawie właściwie dobranych i wykonanych radiogramów daje możliwość doboru typu i położenia przestrzennego implantu przy pomocy odpowiednich szablonów oraz wcześniejszą sposobność do korekcy własnych błędów przed rozpoczęciem operacji, w tym uniknięcie wielu przykrych „niespodzianek” śródoperacyjnych. Umożliwia również przygotowanie wszystkich niezbędnych elementów do przeprowadzenia zabiegu oraz skrócenie czasu operacji (eliminacja niepotrzebnych czynności okołoperacyjnych). Nie mniej ważne dla operatora jest wówczas poczucie pewności siebie, zmniejszenie stresu oraz lepsza komunikacja z personelem bloku operacyjnego.

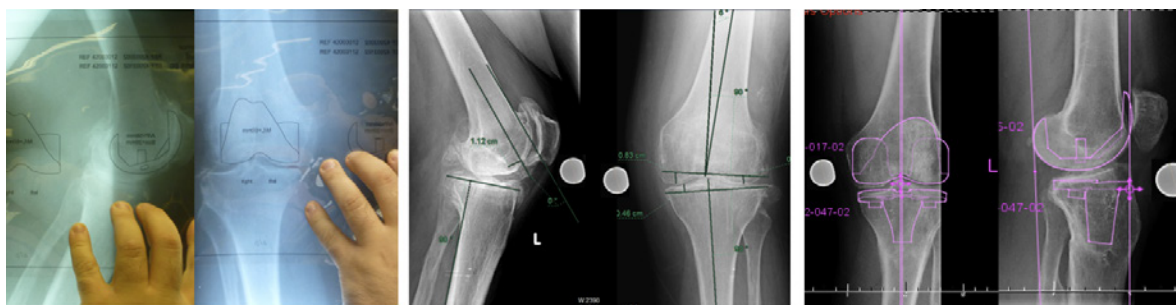
Zgodnie z postępem technicznym i technologicznym klisze rentgenowskie stawów do alloplastyki i ręczne przymierzanie foliogramów z szablonami protez obecnie schodzi do lamusa, ustępując miejsca nowoczesnym programom komputerowym z mniej lub bardziej zaawansowanym przetwarzaniem graficznym. Współczesne planowanie umożliwia nakładanie na ekranie komputerowym odpowiednich przymiarów implantów na wykonane w znakomitej jakości odpowiednie projekcje radiologiczne stawów.

## Podstawy i znaczenie skalowania radiogramów dla potrzeb endoprotezoplastyki

Celem dobrania właściwego rozmiaru endoprotezy, podstawą współczesnego właściwego ortopedycznego planowania przedoperacyjnego w programie z zaawansowanym przetwarzaniem graficznym (np. MediCAD, OrthoView, TraumaCad) jest określenie prawidłowego wymiaru szkieletu w odpowiednich punktach anatomicznych na postawie elementu o znanej długości lub średnicy, w pobliżu kości, czyli tzw. skalowanie (Ryc. 1).

Prawidłowe skalowanie radiogramów przedoperacyjnych ma sens jedynie przy właściwie wykonanych projekcjach. W przypadku planowanej endoprotezoplastyki stawu kolanowego obecnym standardem są wykonane na specjalnej platformie projekcje sylwetkowe na stojąco przednio-tylnie (A-P) i boczne oraz osiowe rzepek, natomiast w przypadku endoprotezoplastyki stawu biodrowego projekcja przednio-tylna na stojąco oraz osiowa bioder. Ostatnio coraz częściej do endoprotezoplastyki stawu biodrowego przygotowanie uzupełnione jest o boczne projekcje kręgosłupa lędźwiowego na siedząco i stojąco, szczególnie u osób po stabilizacjach operacyjnych kręgosłupa lub planowanych w przyszłości stabilizacjach ze względu na progresujące bólowo dyskopatie predysponujące do zaopatrzenia operacyjnego z usztywnieniem segmentów ruchowych kręgosłupa (ocena balansu strzałkowego).

Ważnym elementem współpracy na tym etapie jest umowa dotycząca rozmiaru elementu skalowania (np. kulki o średnicy 25 lub 28 mm), który elektroradiolog umieszcza na radiogramie, aby planując operację chirurg wiedział, jak ma przekalibrować rozmiar kości w oparciu o znaną wartość tego elementu (Ryc. 2) [1–5].



**Ryc. 1** Ewolucja planowania przedoperacyjnego (foliogramy nakładane na klisze, wyznaczanie kątów i wymiarów w programach do wyświetlania obrazów DICOM, specjalistyczne programy do planowania przedoperacyjnego z zaawansowanym przetwarzaniem graficznym)

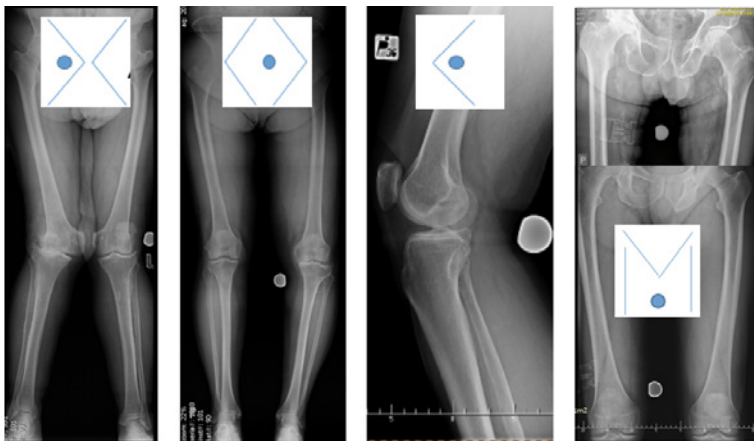
Źródło: Opracowanie własne.



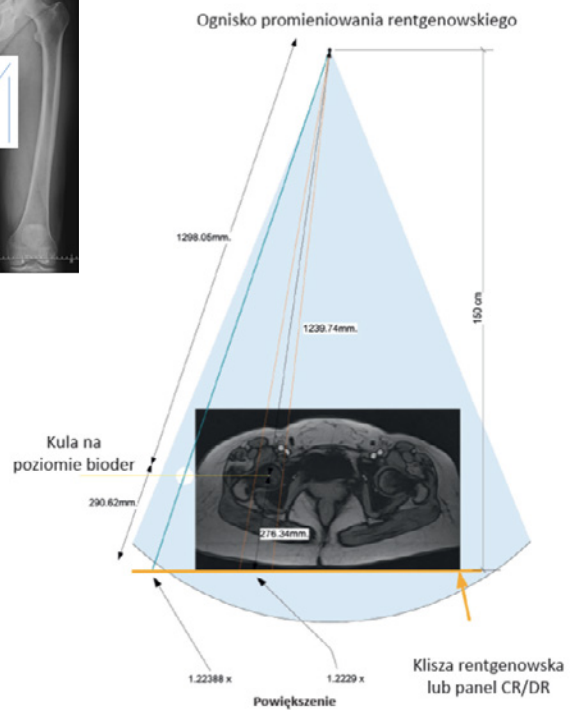
Ryc. 2 Platforma radiologiczna do projekcji sylwetkowych i sposoby mocowania kulki kalibracyjnej  
Źródło: Opracowanie własne.

W oparciu o doświadczenie i obraz kliniczny koniecznym jest również wcześniejsze ustalenie w danym ośrodku lokalizacji elementu kalibracyjnego. Zazwyczaj przyjmuje się w projekcjach przednio-tylnych stawów kolanowych lokalizowanie kulki kalibracyjnej w tej samej odległości od kliszy czy detektora, co środek szpary stawowej oraz po stronie bocznej w przypadku kolan koślawych i przyśrodkowo w przypadku kolan szpotawych. Natomiast w przypadku oceny stawów biodrowych w projekcjach przednio-tylnych między udami lub przy krętarzu większym w tej samej odległości od kliszy czy detektora, co środek grubości kości udowych (Ryc. 3) [6–8].

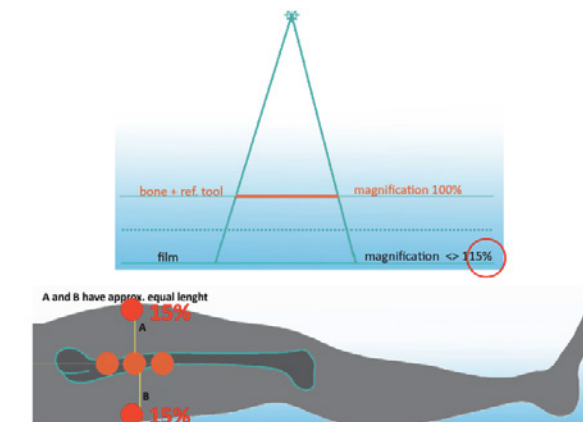
Zasady ogólne podstaw radiologicznych i fizycznych związanych z techniką planowania przedoperacyjnego są zawarte w instrukcjach postępowania z konkretnym programem do planowania. W ramach współpracy powinny być one udostępnione przez lekarzy wykonujących planowanie elektro radiologom w celu wspólnego omówienia i zrozumienia celu oraz zasad tej procedury przygotowawczej (Ryc. 4) [9, 10].

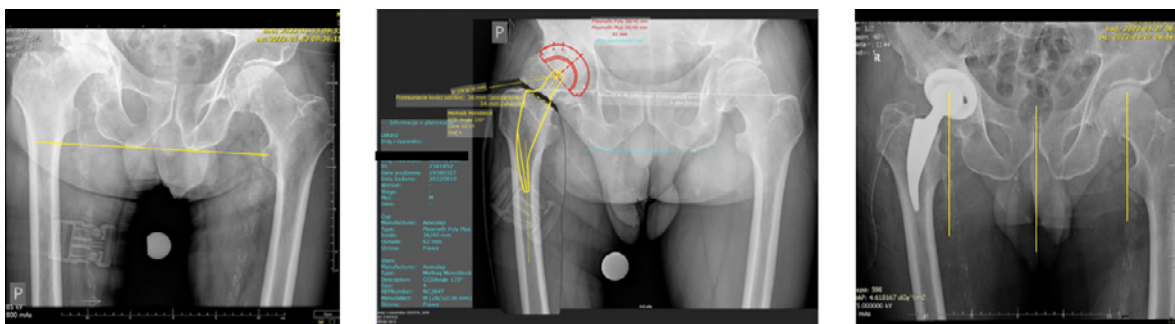


Ryc. 3 Zasady umieszczania kulki kalibracyjnej przy ocenie stawów kolanowych i biodrowych  
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 4 Zasady ogólne podstaw radiologicznych i fizycznych związanych z techniką planowania przedoperacyjnego  
Źródło: MediCad manual.





**Ryc. 5.** Planowanie endoprotezoplastyki w zaawansowanym zwyrodnieniu stawu biodrowego prawego  
 Źródło: Opracowanie własne.

## Planowanie endoprotezoplastyki (alloplastyki) w zaawansowanym zwyrodnieniu stawu biodrowego i kolanowego

**Podstawą badania przy planowanej protezoplastyce biodra dla elektroradiologa** jest właściwie wykonany radiogram w oparciu o następujące kryteria:

- symetryczne położenie bioder,
- neutralna pozycja stawów biodrowych,
- rzełka w pozycji zerowej,
- promień centralny na środek głowy kości biodrowej lub na spojenie tonowe.

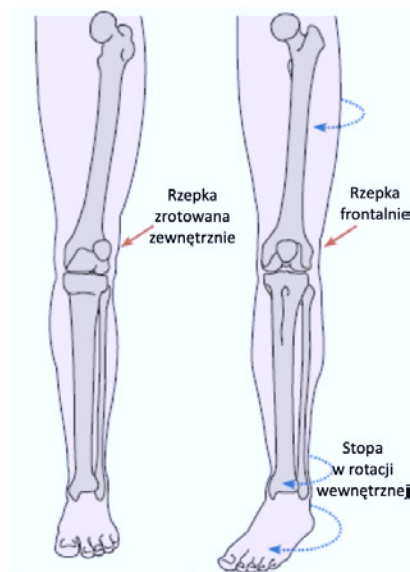
**Celem planowania w protezoplastyce stawu biodrowego dla ortopedy** jest:

- ustalenie właściwego rozmiaru i orientacji przestrzennej implantu w części udowej, jak i panewki miednicy,
- wyrównanie długości kończyn dolnych,
- ustawienie właściwego offsetu, czyli symetrycznej odległości od osi ciała obu kończyn po endoprotezoplastyce.

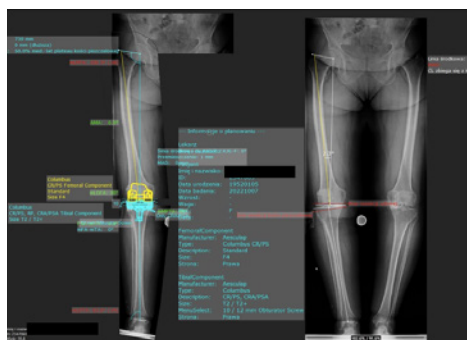
Podczas wykonywania zdjęcia elektroradiolog musi uważać, aby unikać nierównego ułożenia, pozycji abdukcyjnych i pozycji zewnętrznego obrotu kończyn, ponieważ wówczas wykonujący planowanie ortopeda nie ma możliwości precyzyjnego ustalenia optymalnego centrum obrotu endoprotezy biodra (Ryc. 5).

**Podstawą badania przy planowanej protezoplastyce kolana dla elektroradiologa** jest właściwie wykonany radiogram w oparciu o następujące kryteria:

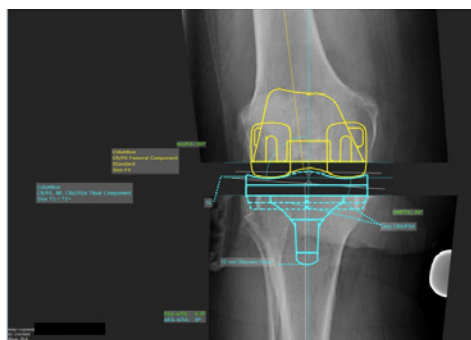
- w projekcji przednio-tylnej zdjęcie obu kończyn dolnych w całości z symetrycznym obciążeniem i frontalnym ustawieniem rzełki (Ryc. 6),
- ujęcie w całości stawu biodrowego i skokowego,
- gdy brak możliwości ujęcia obu bioder na jednej kliszy, należy wykonać projekcje sylwetkowe dla każdej kończyny oddzielnie, umieszczając kulkę kalibracyjną na każdym z nich.



**Ryc. 6.** Frontalizacja rzełki wymusza rotację wewnętrzną stopy przy prawidłowym radiogramie sylwetkowym w przebiegu zwyrodnienia kolana  
 Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 7** Przykład planowania przedoperacyjnego endoprotezoplastyki stawu kolanowego  
 Źródło: Opracowanie własne.





### Celem planowania w protezoplastyce stawu kolanowego dla ortopedy jest:

- ustalenie właściwego rozmiaru i orientacji przestrzennej implantu,
- uzyskanie pooperacyjnej osi mechanicznej kończyny,
- równości szpary stawowej w zgięciu i na wyproście (Ryc. 7).

W przypadku pozycji na dwóch kończynach dolnych stawy kolanowe muszą znajdować się na tej samej wysokości, a ewentualną różnicę w długości kończyn należy wyrównać przez podłożenie przez elektrodiagnostyka odpowiedniej podkładki.

Warunkowo można wykonać zdjęcie celowane dotyczące jedynie stawu kolanowego (bez stawów biodrowych i skokowych), ale wówczas nie można prawidłowo ustalić linii środkowej oraz osi mechanicznych do korekty tych osi podczas endoprotezoplastyki. Nie można wówczas również określić przyczyny bólu kolana oraz skrócenia kończyny wynikających ze współistnienia zwyrodnienia stawu biodrowego.

## Sytuacje wymagające szczególnej uwagi i czujności ze strony elektrodiagnostyka i chirurga ortopedycznego

Zasady planowania przedoperacyjnego w endoprotezoplastykach stawu biodrowego i kolanowego powinny być znane

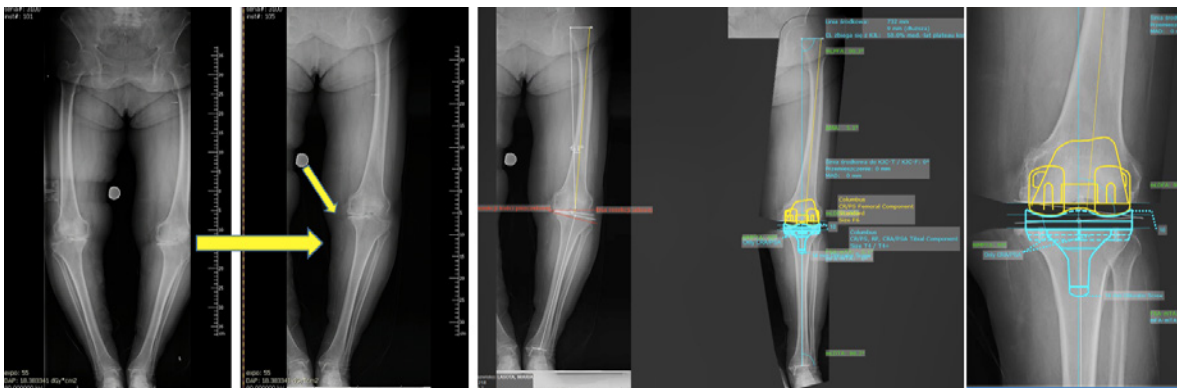
ortopedę. Nieprawidłowe ustawienie radiologiczne może uniemożliwić wykonanie planowania lub prowadzić do wyliczenia nieprawidłowych parametrów, co może wpływać na przebieg lub wynik operacji. Wymaga to nawet powtórzenia badania radiologicznego celem poprawy ustawienia kończyny lub umieszczenia elementów pomiarowych we właściwym miejscu [11–14].

### Przykład 1.

#### Przycięcie elementów anatomicznych

W przypadku przycięcia kłycki kończyny planowanej do endoprotezoplastyki stawu kolanowego wskutek deformacji przekraczającej techniczne możliwości zmieszczenia obu kończyn w całości na jednym zdjęciu wskazane jest wykonanie przez elektrodiagnostyka osobno całej kończyny. Program pozwala na wykonanie planowania na jednej kończynie (Ryc. 8).

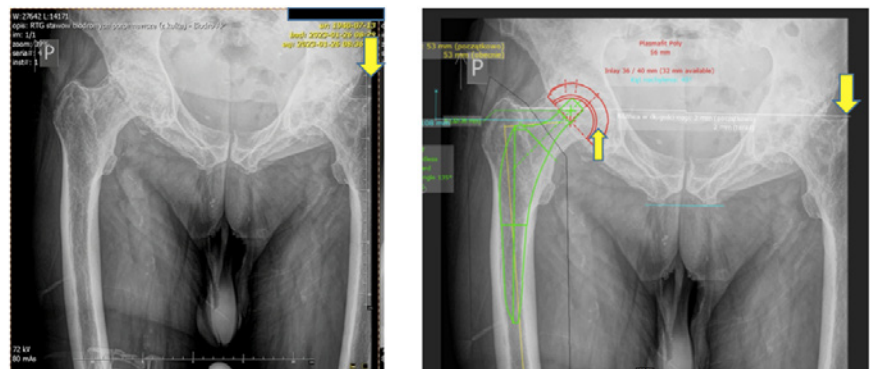
W przypadku przycięcia wymaganych punktów anatomicznych na radiogramie planowanie komputerowe może być niewykonalne lub zatrzymać się na pewnym etapie. Powyższy przykład radiogramu stawów biodrowych w zaawansowanym zwyrodnieniu ilustruje brak możliwości wykonania odpowiedniej korekty długości kończyn po określeniu wielkości elementów endoprotezy ze względu na brak widocznego szczytu krętarza kończyny po przeciwnej stronie do planowanej operacji (Ryc. 9).



Ryc. 8 Przykład postępowania przy przycięciu częściowym radiogramu

Źródło: Opracowanie własne.

zarówno przez elektrodiagnostyka wykonującego projekcje radiologiczne, jak i ortopedę wykonującego to planowanie. Przeznaczenie danej projekcji powinno być wyraźnie określone na skierowaniu wypisanym przez ortopedę, aby elektrodiagnostyka szczególnie uczulić na właściwe ujęcie odpowiednich elementów anatomicznych, niezbędnych do prawidłowego przeprowadzenia procedury planowania w programie komputerowym. Uniknięcie przez elektrodiagnostyka przytoczonych poniżej przykładów techniki wykonania radiogramów ułatwi właściwe wykonanie planowania przez



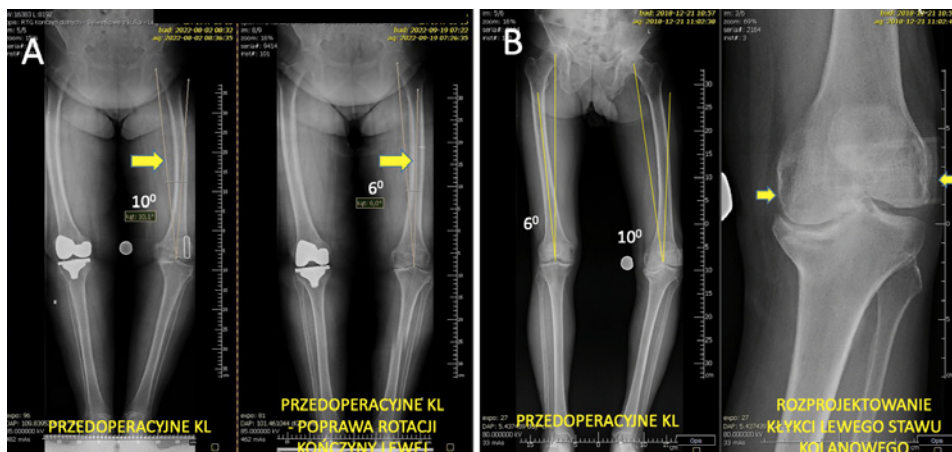
Ryc. 9 Przykład konsekwencji przycięcia częściowego radiogramu

Źródło: Opracowanie własne.

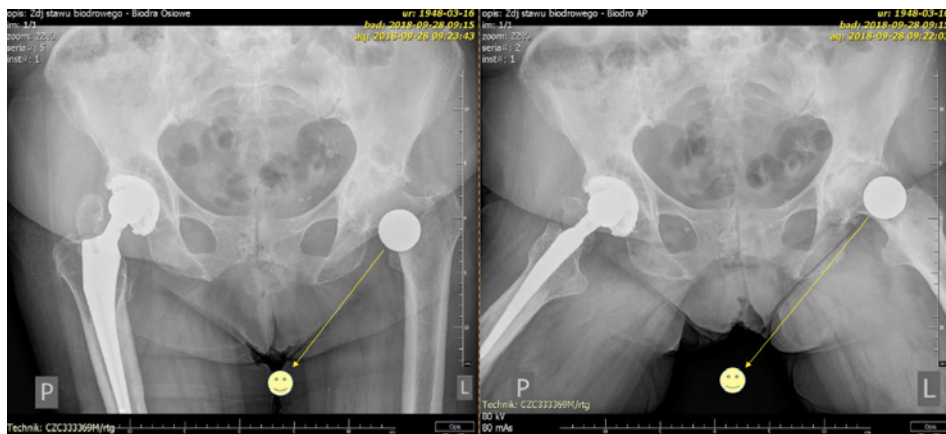
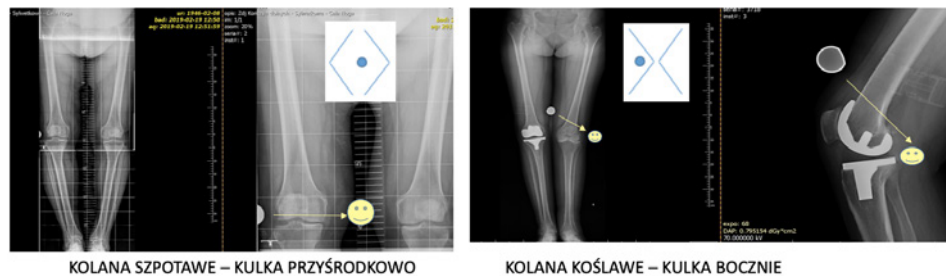
## Przykład 2. Nadmierna rotacja zewnętrzna trzonu i nasady dalszej kości udowej

Nadmierna rotacja zewnętrzna trzonu i nasady dalszej k. udowej (częsta w zaawansowanym zwyrodnieniu) powoduje:

- falszywe zwiększenie kąta między osią anatomiczną a mechaniczną kości udowej – brak korekcji takiego kąta skutkowałoby nadmierną pooperacyjną koślawością kolana,
- falszywe zwiększenie wymiaru poprzecznego kłykci, co spowoduje znaczne przewymiarowanie rozmiaru protezy – realnie rozmiar protezy przy operacji będzie znacznie mniejszy niż wyjdzie w planowaniu.



Ryc. 10 Przykład nadmiernej rotacji zewnętrznej kości udowej na radiogramie sylwetkowym  
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 11 Przykład nieprawidłowego ustawienia elementu kalibracyjnego  
Źródło: Opracowanie własne.

W takim przypadku wymagane jest powtórzenie radiogramów z korektą ustawienia kończyny ze zwróceniem szczególnej uwagi na ustawienie rzepki na wprost (Ryc. 10).

## Przykład 3. Nieprawidłowe ustawienie elementu pomiarowego (kalibracyjnego)

W przypadku braku lub nieprawidłowego umieszczenia elementu pomiarowego nie ma możliwości właściwego skalibrowania radiogramu przez ortopedę, a co za tym idzie – wyznaczenia właściwego rozmiaru endoprotezy (Ryc. 11).

## Przykład 4. Rozprojektowanie boczne kłykci udowych

Przy wykonywaniu projekcji bocznej stawu kolanowego promień rentgenowski powinien być równoległy do płaszczyzny szpary stawowej stawu i prostopadły do kasy RTG, aby uniknąć rozchodzenia się obrysów kłykci udowych i piszczelowych.

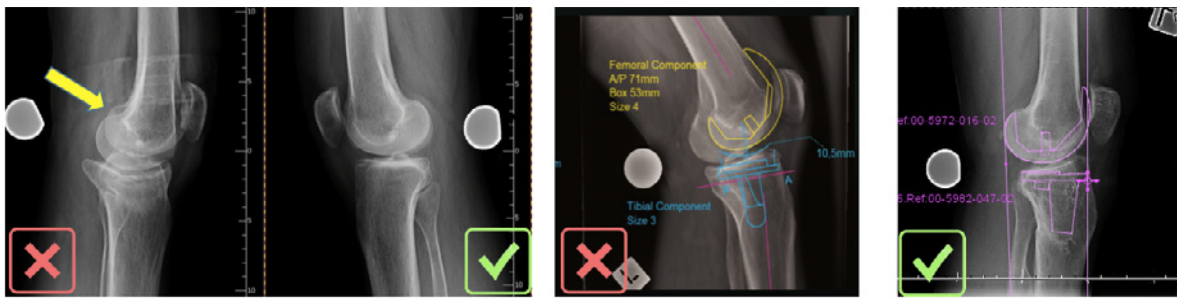
Rozprojektowanie boczne kłykci udowych i piszczelowych utrudnia lub uniemożliwia planowanie przedoperacyjne – dobranie właściwego rozmiaru elementu udowego i piszczelowego endoprotezy (Ryc. 12).

Podobna sytuacja ma miejsce w ocenie pooperacyjnej – rozprojektowanie elementów endoprotezy uniemożliwia bardzo ważną z punktu widzenia klinicznego właściwą ocenę osadzenia elementów protezy (Ryc. 13).

## Wnioski

Podstawą prawidłowo wykonanego planowania w endoprotezoplastyce stawu kolanowego i biodrowego są właściwie wykonane przez elektro radiologa zgodnie z zasadami i wytycznymi do wykonywania badań radiologicznych specjalne projekcje, które we właściwy sposób zostały określone i opisane w skierowaniu wystawionym przez ortopedę.

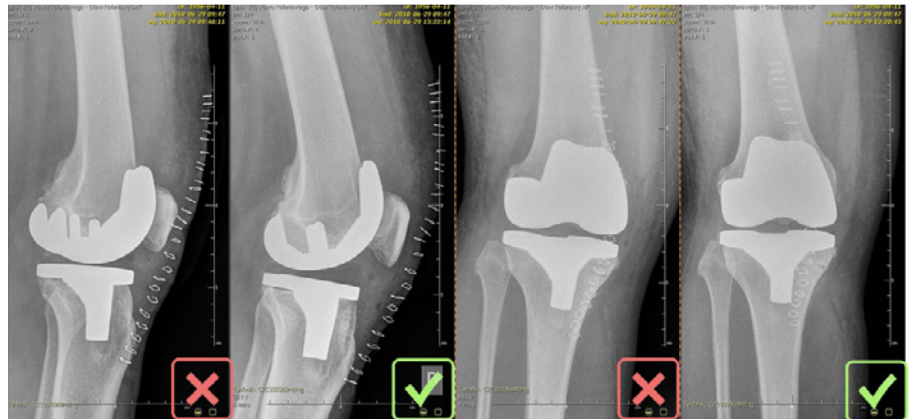
Obecnym standardem są projekcje 2D, często wymagające specjalistycznego sprzętu radiologicznego, którego zastosowanie jest niezbędne do wykonania danych projekcji przez elektro radiologa, a następnie do opracowania na dedykowanych




Ryc. 12 Przykład rozkalibrowanego i prawidłowego ustawienia kłykci na radiogramie bocznym  
Źródło: Opracowanie własne.

do planowania przedoperacyjnego programach komputerowych przez ortopedę. W związku z tym wymagana jest ścisła dwukierunkowa współpraca między elektrodziagnostą a ortopedą, aby do minimum ograniczyć momenty, w których mogą generować się techniczne błędy na linii radiogram- planowanie przedoperacyjne.

Prawdopodobnie gdy standardem badania przedoperacyjnego i pooperacyjnego staną się projekcje przestrzenne (3D), większość z przedstawionych powyżej problemów technicznych nie będzie miało już istotnego znaczenia, a wykonanie projekcji i planowanie będzie na znacznie dokładniejszym poziomie. W podsumowaniu na zakończenie tej pracy sformułowaliśmy następujące wnioski:



Ryc. 13 Przykład rozkalibrowanego i poprawionego prawidłowego pooperacyjnego radiogramu bocznego u tej samej osoby  
Źródło: Opracowanie własne.

1. Rozwój współczesnej ortopedii jest ściśle związany z nowocześniejszymi technologiami i technikami radiologicznymi.
2. Niezwykle istotna dla planowania przed endoprotezoplastyką stawu kolanowego i biodrowego w ortopedii jest dwukierunkowa komunikacja między ortopedą kierującym a elektrodziagnostą wykonującym badanie celem uzyskania właściwych projekcji narządu ruchu.
3. Precyzja technicznego wykonania odpowiedniej projekcji radiologicznej ma istotny wpływ na właściwe zaplanowanie operacji, ograniczenie problemów śródoperacyjnych i pooperacyjny odległy wynik operacji. 

## Piśmiennictwo

1. J.G. Wright, N. Treble, A.R. Feinstein: *Measurement of lower limb alignment using long radiographs*, J Bone Joint Surg Br., 73(5), 1991, 721.
2. T.D. Cooke, D. Siu, J.T. Bryant, R.A. Scudamore: *Standardisation of long radiographs*, J Bone Joint Surg Br., 75(1), 1993, 164.
3. T.D. Cooke, E.A. Sled, R.A. Scudamore: *Frontal plane knee alignment: a call for standardized measurement*, J Rheumatol., 34(9), 2007, 1796.
4. K.R. Math, V. Merunka: *Imaging of the Knee. In: The Knee: A Comprehensive Review*. World Scientific, 2010.
5. R.M. Meneghini, M.A. Mont, D.B. Backstein, R.B. Bourne, D.A. Dennis, G.R. Scuderi: *Development of a Modern Knee Society Radiographic Evaluation System and Methodology for Total Knee Arthroplasty*, J Arthroplasty, 30(12), 2015, 2311.
6. J. Kowalczeński: *Pierwotna endoprotezoplastyka stawu kolanowego*, Medisfera, 2014.
7. J. Bellemans, M.D. Ries, J.M.K. Victor: *Total Knee Arthroplasty: A Guide to Get Better Performance*, Springer Berlin Heidelberg, 2005.
8. W.N. Scott: *Insall & Scott Surgery of the Knee*, Elsevier Health Sciences, 2011.
9. D. Paley, K. Tetsworth: *Mechanical axis deviation of the lower limbs. Preoperative planning of multiapical frontal plane angular and bowing deformities of the femur and tibia*, Clin Orthop Relat Res., 280, 1992, 65.
10. D. Paley, J. Pfeil: *Principles of deformity correction around the knee*, Orthopade, 29(1), 2000, 18.
11. C.C. Jiang, J.N. Insall: *Effect of Rotation on the Axial Alignment of the Femur - Pitfalls in the Use of Femoral Intramedullary Guides in Total Knee Arthroplasty*, Clin Orthop Relat Res., 248, 1989, 50.
12. T. Viel, C. Casin, F. Ducellier, V. Steiger, N. Bigorre, P. Bizot: *Is radiographic measurement of distal femoral torsion reliable?*, Orthopaedics & Traumatology-Surgery & Research, 99(5), 2013, 517.
13. J. Victor: *Rotational alignment of the distal femur: a literature review*, Orthop Traumatol Surg Res, 95(5), 2009, 365.
14. J.Z. Timsans: *Effect of preoperative flexion contracture in the knee joint on the accuracy of digital templating before knee replacement surgery*, Polish Annals of Medicine, 23(1), 2016, 26.