

# Nadgarstek geometrycznie zmienny

Nadgarstek składa się z **ośmiu kości**, z których **siedem wpływa na jego geometrię**, tworząc układ w rodzaju „**kolumny nadgarstkowej**”. Od jakichś 30 lat nie traktuje się go już jako monolitycznego kompleksu, ponieważ zidentyfikowane zostały skomplikowane ruchy elementarne determinujące jego strukturę. O nadgarstku można myśleć jak o **worku z orzechami (ryc. 80)**, których układ zmienia się na skutek oddziaływania sił generowanych przy ruchach, jednak zmiany te nie są przypadkowe, dokładnie tak, jak w przypadku prawdziwych orzechów. Są one **zorganizowane**, a ich przemieszczenia **logicznie wytłumaczalne**, ponieważ **pozycja każdej kości** jest modyfikowana przez jej ruchy, którymi kierują **więzadła międzyczostne**.

## Odwodzenie i przywodzenie

Właśnie przy ruchach odwodzenia–przywodzenia zmiany układu kości nadgarstka są najwyraźniejsze, co udowodniono w dokładnym studium radiogramów przednio-tylnych.

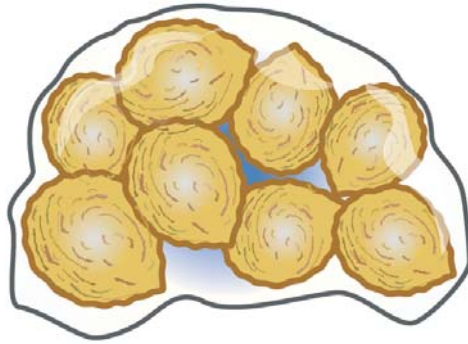
W trakcie odwodzenia (**ryc. 81**) cały nadgarstek ulega rotacji wokół osi obrotu przechodzącej przez główkę kości główkowej. Bliższy szereg kości (**strzałka 1**) przemieszcza się dogłowowo oraz dośrodkowo tak, że połowa kości księżycowatej przesuwa się poza linię stawu promieniowo-łokciowego dalszego, a kość trójgraniasta zajmuje pozycję dystalną w stosunku do księżycowatej. To przesunięcie kości trójgraniastej zostaje zatrzymane przez więzadło poboczne przyśrodkowe (**I**) stawu promieniowo-nadgarstkowego, a przede wszystkim przez „taśmę trójgraniastą” (**F**). Zablokowana kość trójgraniasta zaczyna służyć jako punkt oparcia dla kości haczykowej. Jeśli odwodzenie jest kontynuowane, przemieszczać może się już tylko dalszy szereg kości:

- **Kości czworoboczne** kierują się dogłowowo (**ryc. 81, strzałka 2**), zmniejszając efektywny dystans pomiędzy kością czworoboczną większą a kością promieniową. Kość łódeczkowata (**ryc. 83**), wklonowana pomiędzy kość czworoboczną większą i kość promieniową, „skraca się”, zmierzając w stawie promieniowo-łokciowym do ustawienia zgięciowego (**f**), a w stawie śród nadgarstkowym – wyprostnego (**e**);
- **Kość główkowa** przesuwa się odgłowowo (**ryc. 81, strzałka 4**), zwiększając dostępną przestrzeń dla kości księżycowatej, stabilizowanej w odpowiedniej pozycji przez przednie więzadło promieniowo-księżycowate. Ta ostatnia pochyla się ku tyłowi (**ryc. 84**) do pozycji zgięciowej (**f**), w stawie promieniowo-nadgarstkowym wykorzystując przekrój o największym wymiarze. W tym samym czasie kość główkowa przemieszcza się ku tyłowi do pozycji wyprostnej (**e**) w stawie śród nadgarstkowym. „Skró-

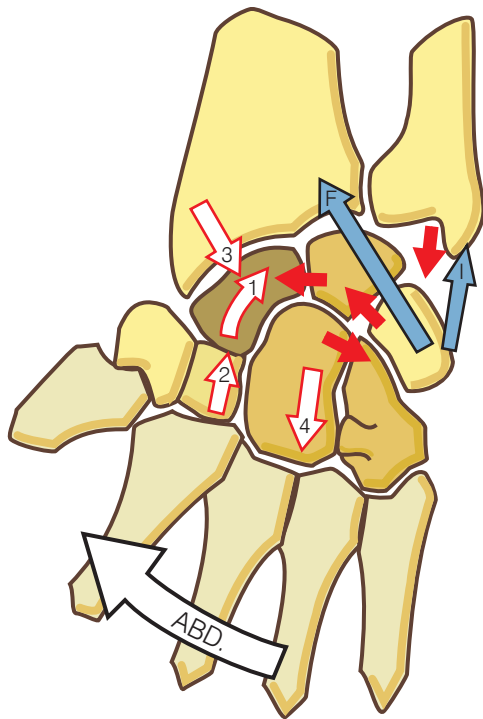
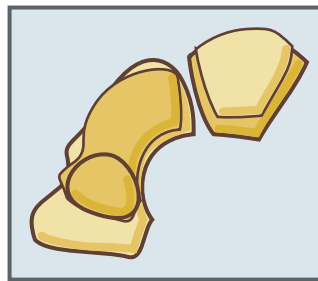
cenie” kości łódeczkowatej umożliwia kościom główkowej i haczykowej wykonanie ślizgu w kierunku odgłowym w stosunku do kości szeregu bliższego (**ryc. 81, czerwone strzałki**). Kość haczykowata „ześlizguje się” z kontrolowanej przez swe trzy więzadła kości trójgraniastej, oddalając się do kości księżycowatej. Kiedy kości przestają się przemieszczać względem siebie, w ruchu odwodzenia osiągnięta zostaje **pozycja zaryglowana**.

W trakcie **przywodzenia (ryc. 82)** cały nadgarstek wykonuje ruch rotacyjny, jednak teraz szereg bliższy kieruje się odgłowo i bocznie, kość księżycowata wsuwa się w całości pod kością promieniową, a kości czworoboczne (**ryc. 82, strzałka 1**) przesuwa się odgłowo, zwiększając przestrzeń dostępną dla kości łódeczkowatej. Kość ta, pociągana w kierunku dystalnym przez więzadło łódeczkowato-czworoboczne mniejsze, „prostuje się” (**ryc. 86**), zmierzając do ustawienia wyprostnego (**e**) w stawie promieniowo-nadgarstkowym i wypełniając pustą przestrzeń pod kością promieniową. Kość czworoboczna większa natomiast wsuwa się pod kość łódeczkowatą, zmierzając do ustawienia zgięciowego (**f**) w stawie śród nadgarstkowym. Przesunięcie odgłowe kości łódeczkowatej (**ryc. 82, strzałka 2**) jest kontrolowane przez więzadło poboczne boczne stawu promieniowo-nadgarstkowego (**E**). Po jego pełnym napięciu ruch przywodzenia jest kontynuowany przez kości szeregu dalszego, które względem szeregu bliższego poruszają się w następujący sposób (czerwone strzałki):

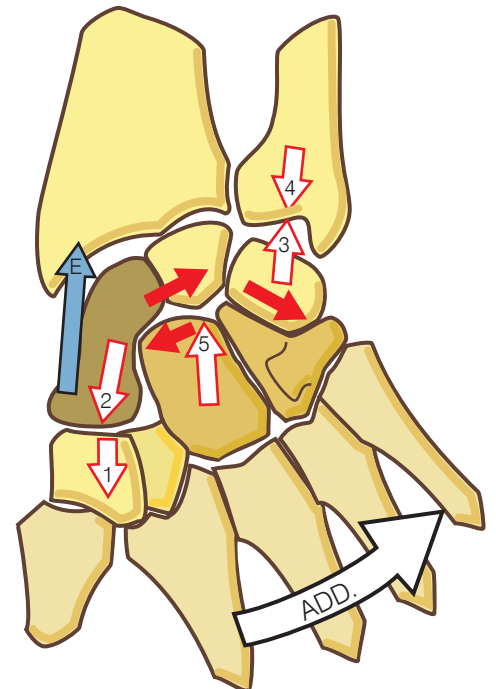
- Główka kości główkowej wślizguje się pod wklęsłą powierzchnię stawową kości łódeczkowatej, kość księżycowata przemieszcza się na powierzchni główki, by zetknąć się z kością haczykową, a ta ostatnia wślizguje się pod kość trójgraniastą;
- W tym samym czasie kość trójgraniasta zbliża się do kości łokciowej (**ryc. 82, strzałka 3**) i uderza w nią (**strzałka 4**) jednak powstające siły są amortyzowane przez krążek stawowy, uczestniczący w transmisji obciążeń pomiędzy ręką i przedramieniem;
- Kość główkowa przesuwa się dogłowowo (**ryc. 82, strzałka 5**), zmniejszając przestrzeń dostępną dla kości księżycowatej, która ze względu na zmniejszenie napięcia przedniego więzadła promieniowo-księżycowatego może pochylić się ku przodowi (**ryc. 85**) do pozycji wyprostnej (**e**) w stawie promieniowo-nadgarstkowym, wykorzystując przekrój o najmniejszym wymiarze. Kość główkowa przemieszcza się w kierunku przednim do ustawienia zgięciowego (**f**) w stawie śród nadgarstkowym. Kiedy kości przestają się przemieszczać względem siebie, w ruchu przywodzenia osiągnięta zostaje **pozycja zaryglowana**.



Ryc. 80



Ryc. 81



Ryc. 82

### **Dynamiczne właściwości szeregu bliższego**

Jeśli porównane zostaną położenia pary kości łódeczkowata-księżycowata (s. 177, środkowa wstawka) w odwiedzeniu (ciemne kształty) oraz przywodzeniu (jasne kształty), widać wyraźnie, iż zmiany ich pozycji są przeciwne. W trakcie odwodzenia użyteczna powierzchnia kości łódeczkowatej zmniejsza się, natomiast użyteczna powierzchnia kości księżycowatej ulega zwiększeniu. Przeciwne zjawiska mają miejsce podczas przywodzenia. Zmiany te są wynikiem przemieszczeń zgięcio-wo-wyprostnych w stawach nadgarstka:

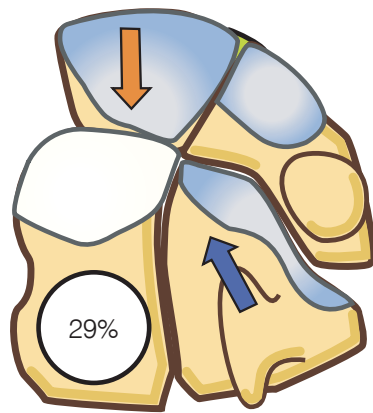
- W **trakcie odwodzenia (ryc. 83–84)** zgięcie w stawie promieniowo-nadgarstkowym jest niwelowane przez wyprost w stawie śródnadgarstkowym;
- W **trakcie przywodzenia (ryc. 85–86)** przeciwnie – wyprost w stawie promieniowo-nadgarstkowym jest niwelowany przez zgięcie w stawie śródnadgarstkowym.

Można zatem logicznie dojść do następujących wniosków:

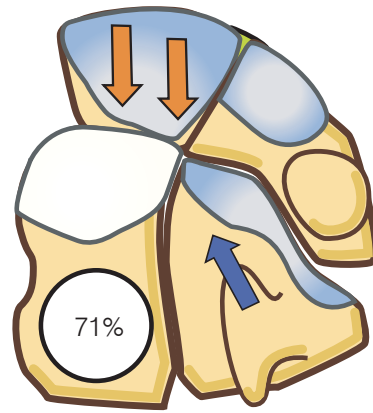
- **Zgięcie nadgarstka** jest sprzężone z **odwodzeniem w stawie promieniowo-nadgarstkowym oraz przywodzeniem w stawie śródnadgarstkowym**;
- **Wyprost nadgarstka** jest sprzężony z **przywodzeniem w stawie promieniowo-nadgarstkowym oraz odwodzeniem w stawie śródnadgarstkowym**.

Tym samym potwierdzony zostaje mechanizm Henkego.

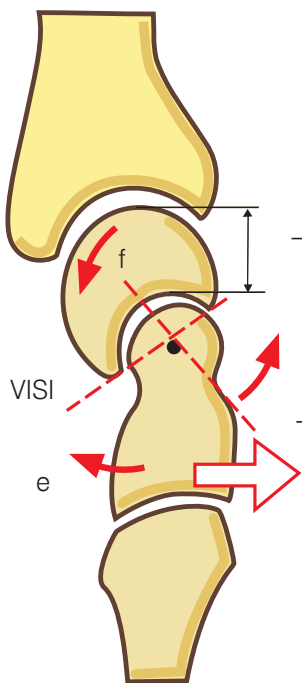
Jeśli chodzi o **bliższy biegun kości haczykowatej**, statystyczna analiza radiogramów wykazała, iż w większości przypadków (71%) posiada on małą powierzchnię stawową pozostającą nieprzerwanie w kontakcie z kością księżycowatą (**ryc. 87**), co poprawia warunki transmisji obciążeń, natomiast u mniejszej części populacji (29%) biegun bliższy jest zaostrowany (**ryc. 88**) i wchodzi w kontakt z kością księżycowatą tylko podczas przywodzenia.



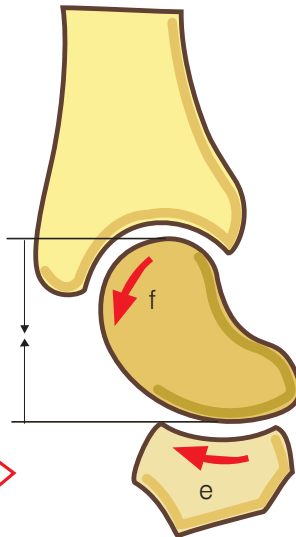
Ryc. 88



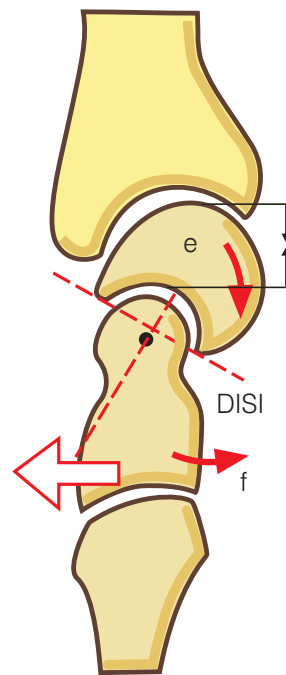
Ryc. 87



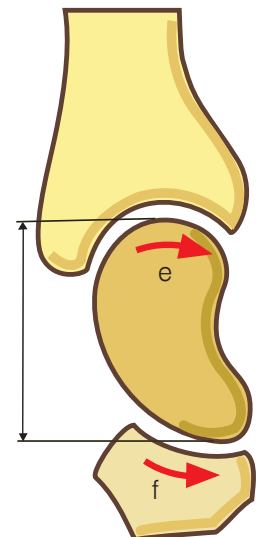
Ryc. 84



Ryc. 83



Ryc. 85



Ryc. 86

## Segment pośredni

Bliższy szereg kości nadgarstka jest bardziej mobilny niż szereg dalszy, który w praktyce może być traktowany jako niemal jednolita struktura. Szereg bliższy leży pomiędzy wklęsłą powierzchnią stawową kości promieniowej a szeregiem dalszym; stąd też jego nazwa **segment pośredni**. Szereg ten (**ryc. 89, widok z przodu**), nie posiadający przyczepów mięśniowych, jest utrzymywany w całości dzięki więzadłom międzykostnym. Oddziałują na niego siły generowane przez sąsiednie struktury. Kiedy wszystkie trzy kości podlegają działaniu siły kompresyjnej, ich dystalne bieguny pochylają się razem ku przodowi do pozycji zgięciowej (**ryc. 90, widok z boku**), napinając dłoniowe więzadła międzykostne (podwójna żółta strzałka) oraz grzbietowe więzadła promieniowo-nadgarstkowe (podwójna niebieska strzałka). Ponadto, ze względu na międzykostne powiązania łódeczkowato-księżycowate oraz trójgraniasto-księżycowate, zakres tego ruchu nie jest jednakowy w przypadku każdej z kości:

- Kość łódeczkowata leży nieco bardziej dystalnie niż kość księżycowata i oprócz pochylecia ku przodowi rotuje się nieco na główce kości główkowej w kierunku pronacji (**ryc. 89, niebieska strzałka**);
- Kość trójgraniasta ślizga się na bliższej powierzchni kości haczykowej po spiralnym torze i wykonuje lekką rotację w kierunku supinacji (niebieska strzałka).

Podczas wykonywania tych ruchów kość trójgraniasta jest częściowo kontrolowana przez więzadła położone po stronie dłoniowej (**ryc. 91**):

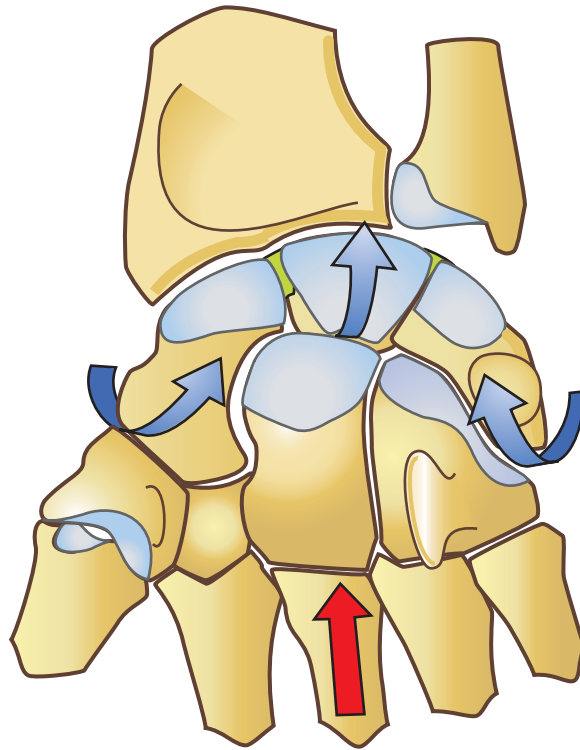
- Więzadło główkowato-trójgraniaste, tworzące przysrodkowe ramię V-kształtnej przestrzeni Poiriera (**1**);
- Więzadło trójgraniasto-główkowe (**2**);
- Więzadło haczykowato-trójgraniaste (**3**).

Poza tym stabilizację tej kości zapewnia „**taśma trójgraniasta**” (Kuhlmann), której przednie (**4**) i tylne pasmo (**5**) uwiadczenia się na schemacie (po usunięciu kości promieniowej). Taśma prowadzi kość trójgraniastą (**Tri**) na powierzchni kości haczykowej (**Ham**) po spiralnym torze (**ryc. 92, widok z boku po usunięciu kości główkowej**) łączącym w sobie element zgięcia i supinacji (niebieska strzałka).

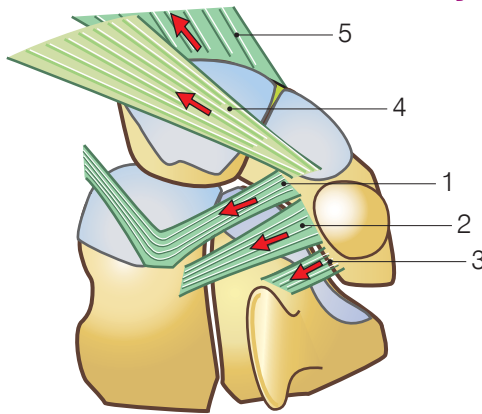
Ruch ten jest nawet bardziej ewidentny w trakcie przywodzenia nadgarstka (**ryc. 93**), kiedy to kość trójgraniasta zostaje pociągnięta w kierunku supinacji przez jej więzadła dłoniowe, w szczególności przysrodkowe ramię V-kształtnej przestrzeni Poiriera (czerwona strzałka). W tym samym czasie, na skutek odchylenia dołokciowego całego stawu, odległości pomiędzy głową kości łokciowej a kością trójgraniastą oraz pomiędzy kością trójgraniastą a haczykową zmniejszają się. Zatem wysokość przysrodkowej części nadgarstka zostaje zredukowana.



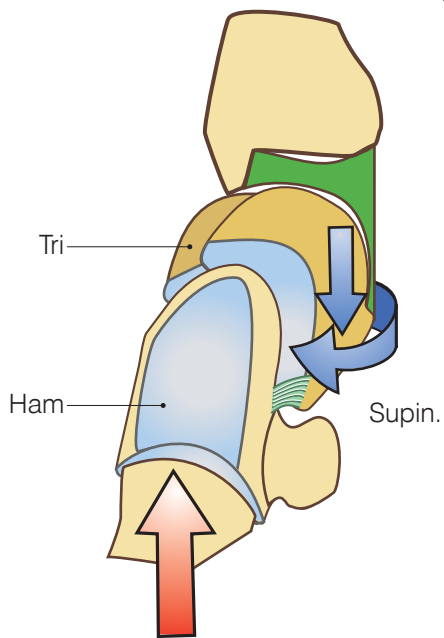
Ryc. 90



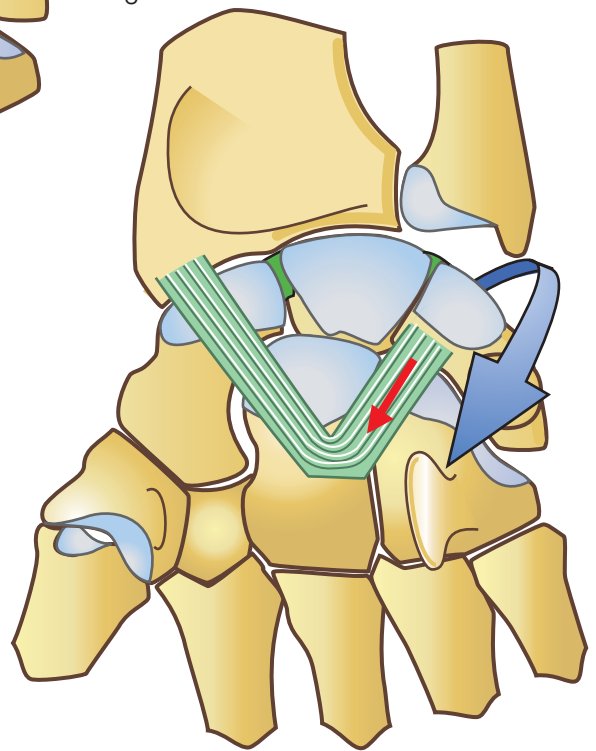
Ryc. 89



Ryc. 91



Ryc. 92



Ryc. 93



### Dynamika ruchu odwodzenia–przywodzenia

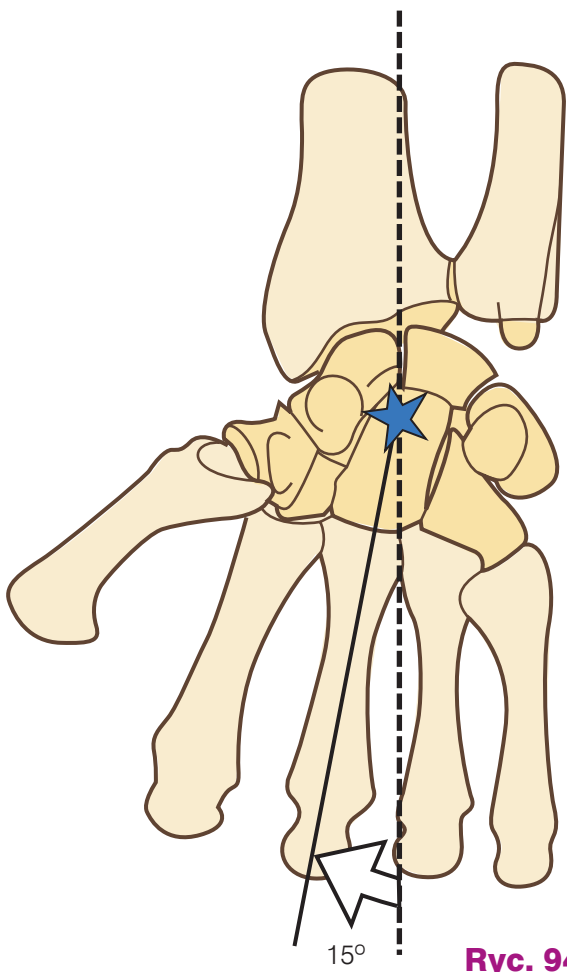
W trakcie odwodzenia (ryc. 94) radiogramy wykonane w projekcji przednio-tylnej wskazują, iż przesunięcia powierzchni stawowych stawu promieniowo-nadgarstkowego odbywają się wokół osi obrotu położonej mniej więcej pomiędzy kością księżycową a główkowatą (gwiazdka). Kość główkowata pochyla się wtedy w kierunku bocznym, kość księżycowata pochyla się w kierunku dośrodkowym i zajmuje położenie dystalne w stosunku do dalszego stawu promieniowo-łokciowego. W bocznej części stawu kość łódeczkowata pochyla się ku przodowi, przyjmując pozycję zgięciową i „zmniejszając” tak swą wysokość; znika pod kością promieniową, wystawiając jedynie swój **okrągły guzek**. W rzeczywistości opisany ruch rotacyjny odbywa się wokół ruchomej osi obrotu, ponieważ nadgarstek jako całość ulega przemieszczeniu w kierunku bocznym, nim kość łódeczkowata zetknie się z promieniowym wyrostkiem rylcowatym, który wystaje dystalnie nieco bardziej niż jego łokciowy odpowiednik. W rezultacie ruch odwodzenia posiada mniejszy zakres niż przywodzenie. W przyśrodkowej części stawu kość trójgraniasta odsuwa się od głowy kości łokciowej na odległość około 15 mm. Zakres **ruchu odwodzenia**, mierzonego z wykorzystaniem osi trzeciej kości śródreżca, wynosi 15°.

**Podczas przywodzenia (ryc. 95)** kość główkowata pochyla się w kierunku dośrodkowym, a kość księżycowata przemieszcza się bocznie, by zająć pozycję na przedłużeniu kości promieniowej i zetknąć się z odpowiednią częścią powierzchni stawowej na jej dystalnym końcu. Kość łódeczkowata przesuwa się w tył, do ustawienia wyprostnego, uwidaczniając całą swą wysokość. Bliższy biegun kości haczykowatej wchodzi w kontakt z kością księżycową, a cały nadgarstek przyjmuje elegancką pozycję, wycelowany na przedłużeniu kości promieniowej. Zakres **ruchu przywodzenia**, mierzonego z wykorzystaniem osi trzeciej kości śródreżca, wynosi 30–45°.

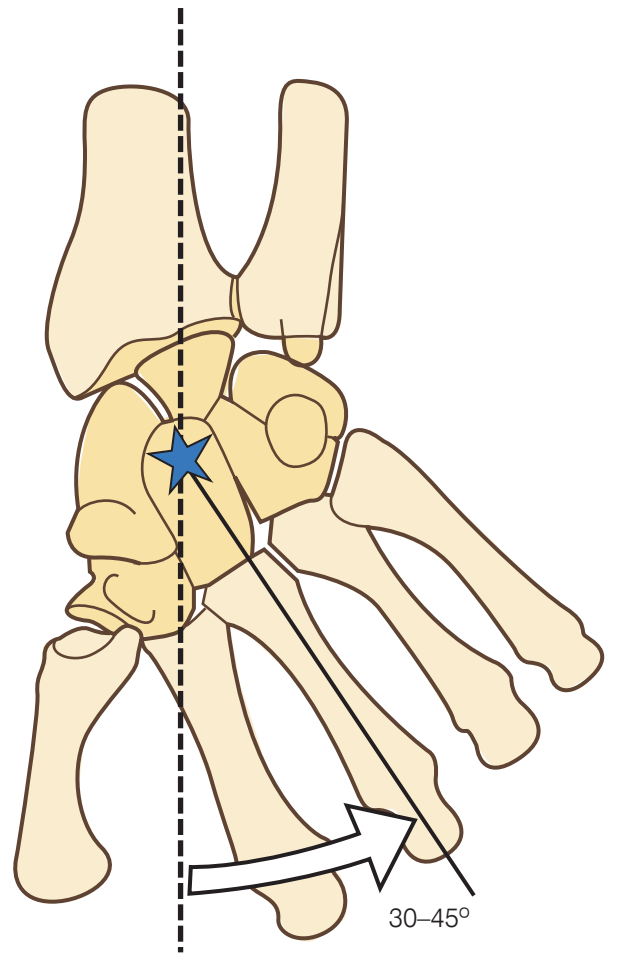
W opisanych ruchach uczestniczy również **staw śródnadgarstkowy (ryc. 96–97, widok z przodu)**:

- Z jednej strony umożliwia on zwiększenie zakresu ruchów odwodzenia i przywodzenia. W pełnym odwiedzeniu wynoszącym 15° odpowiada on za 8° zakresu; w pełnym przywiedzeniu wynoszącym 45° odpowiada za 15° zakresu. Jego udział w ruchach w płaszczyźnie czołowej wynosi zatem około 23° (Sterling Bunnell);
- Z drugiej strony w stawie śródnadgarstkowym dwa szeregi kości nadgarstka wykonują ruchy wokół osi podłużnej:
  - W trakcie odwodzenia (ryc. 96) szereg bliższy wykonuje sprzężony ruch **pronacji i zgięcia (strzałka PF)**, natomiast szereg dalszy przeciwnie, łączy ruchy **supinacji i wyprostnu (strzałka SE)**, równoważąc przemieszczenie szeregu bliższego. W trakcie ruchu szeregu bliższego kość łódeczkowata przemieszcza się nieznacznie i w ten sposób opóźnia swój kontakt z promieniowym wyrostkiem rylcowatym, co powoduje zwiększenie zakresu ruchu;
  - W trakcie przywodzenia (ryc. 97) zachodzą przeciwne ruchy. Szereg bliższy wykonuje sprzężony ruch **supinacji i wyprostnu (strzałka SE)**, a szereg dalszy – sprzężony ruch **pronacji i zgięcia (strzałka PF)**, równoważąc przemieszczenie szeregu bliższego.

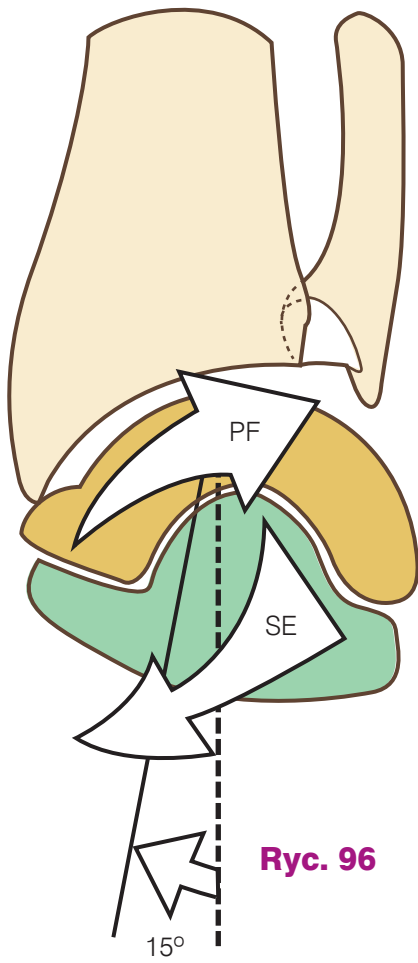
Przedstawione tutaj ruchy posiadają bardzo małe zakresy i mogą zostać zidentyfikowane jedynie na drodze dokładnej obserwacji radiogramów wykonanych w skrajnych ustawieniach.



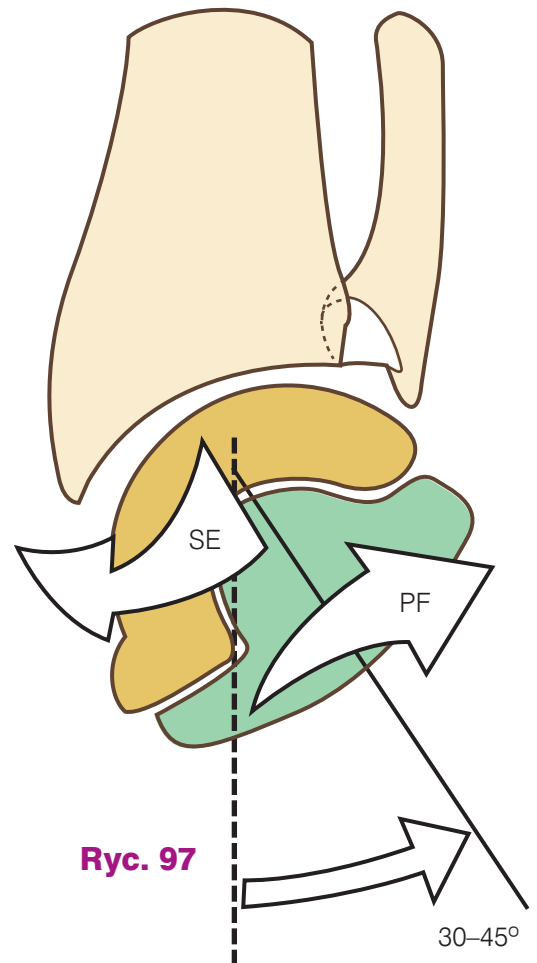
**Ryc. 94**



**Ryc. 95**



**Ryc. 96**



**Ryc. 97**



## Dynamika ruchu zgięcia-wyprostu

Z poprzednich opisów wynika wyraźnie, iż stawy promieniowo-nadgarstkowy oraz śródnadgarstkowy **wykazują wzajemne powiązania** przy wszystkich ruchach nadgarstka.

W **pozycji neutralnej (ryc. 98, widok z boku)** kość promieniowa (1), księżycowata (2), główkowata (3) oraz trzecia kość śródreżcza (4) są ułożone liniowo **wzdłuż osi długiej kości promieniowej**. Tylne krawędzie powierzchni stawowej kości promieniowej sięga dalej w kierunku odgłowym niż krawędź przednia.

Kolejne schematy umożliwiają pełniejsze zrozumienie **indywidualnego udziału obydwu stawów** w poszczególnych ruchach:

- **Podczas ruchu zgięcia (ryc. 99)** zakres uzyskiwany w stawie promieniowo-nadgarstkowym ( $50^\circ$ ) jest większy niż w stawie śródnadgarstkowym ( $35^\circ$ );
- **Podczas ruchu wyprostu (ryc. 100)** sytuacja się zmienia, ponieważ tylna krawędź kości promieniowej szybciej wchodzi w kontakt z kośćmi nadgarstka. Zakres ruchu w stawie śródnadgarstkowym wynosi  $50^\circ$ , natomiast w stawie promieniowo-nadgarstkowym  $35^\circ$ .

Całkowity zakres obydwu ruchów w obydwu stawach wynosi zatem  $85^\circ$ , jednak maksymalne zakresy poszczególnych ruchów każdego ze stawów łączy odwrotna zależność. Dobrym sposobem na utrwalenie tych informacji jest zapamiętanie, iż ruch wyprostu stawu promieniowo-nadgarstkowego jest zatrzymywany szybciej, ponieważ tylna krawędź kości promieniowej wystaje bardziej w kierunku odgłowym niż przednia.

## Mechanizm Henkego

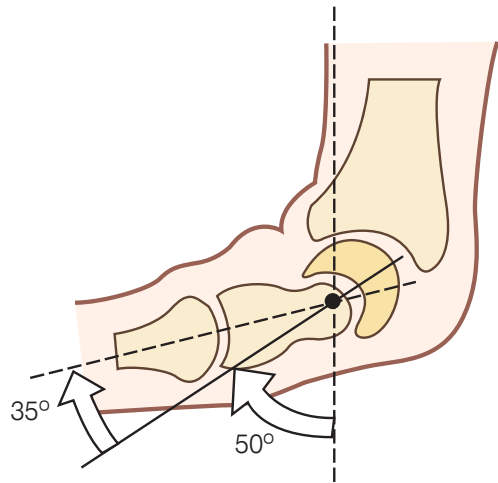
W swoich wyjaśnieniach dotyczących ruchów nadgarstka niemiecki anatom Henke zaproponował teorię, którą wydatą się wspierać ostatnie obserwacje. Należy przypomnieć tutaj, iż w realnej biomechanice żadna z osi ruchu nie zawiera się wyłącznie w jednej płaszczyźnie, oraz że żadna oś nie jest stabilna. Innymi słowy, **wszelkie osie są mobilne**.

Henke zdefiniował **dwie ukośne osie obrotu nadgarstka** w następujący sposób (ryc. 101):

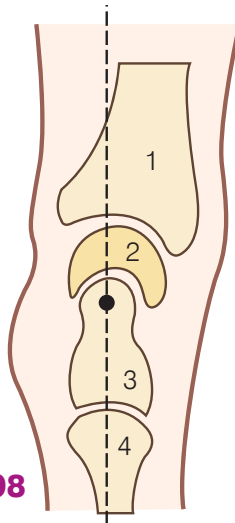
- **Oś bliższa (1, czerwona)** jest osią ukośną stawu promieniowo-nadgarstkowego, biegnącą od tyłu ku przodowi i od części bocznej dośrodkowo;
- **Oś dalsza (2, niebieska)** jest osią ukośną stawu śródnadgarstkowego, biegnącą od tyłu ku przodowi i od części przyśrodkowej bocznie.

Wyjaśnia to, z jakiego powodu ruchy zgięcia i wyprostu są zawsze powiązane z innymi ruchami, jak np. rotacjami osiowymi, tj. pronacją i supinacją, które wzajemnie się znoszą w następujący sposób:

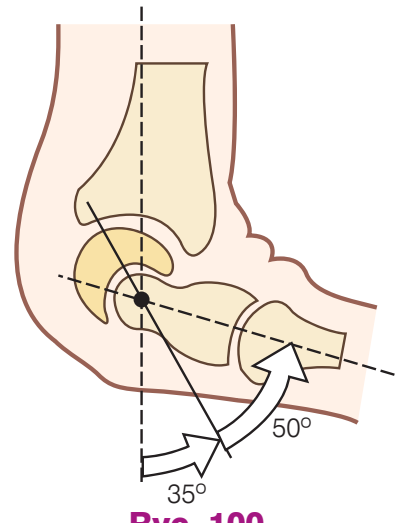
- W **trakcie zgięcia (ryc. 102, widok przednio-boczny z perspektywą)** szereg bliższy rotuje się w kierunku pronacji, co daje w efekcie złożony ruch **zgięcia/odwodzenia/pronacji**; natomiast szereg dalszy rotuje się w kierunku supinacji, co daje w efekcie złożony ruch **zgięcia/przywodzenia/supinacji**. Komponenty zgięciowe sumują się, natomiast przywodzenie/odwodzenie oraz pronacja/supinacja znoszą się wzajemnie.
- W **trakcie wyprostu (ryc. 103, widok jw.)** szereg bliższy rotuje się w kierunku supinacji, co daje w efekcie złożony ruch **wyprostu/przywodzenia/supinacji**; natomiast szereg dalszy rotuje się w kierunku pronacji, co daje w efekcie złożony ruch **wyprostu/odwodzenia/pronacji**. Komponenty wyprostne sumują się, natomiast przywodzenie/odwodzenie oraz pronacja/supinacja znoszą się wzajemnie.



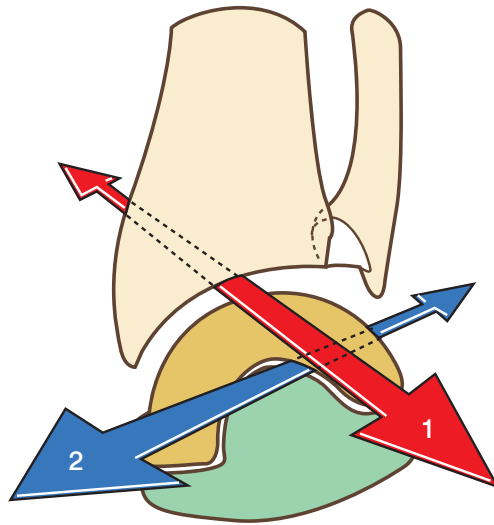
Ryc. 99



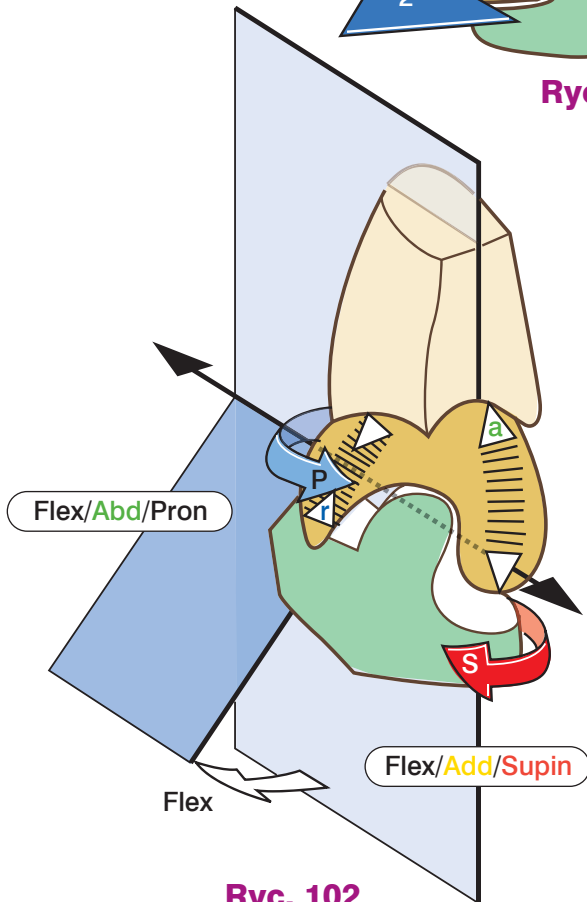
Ryc. 98



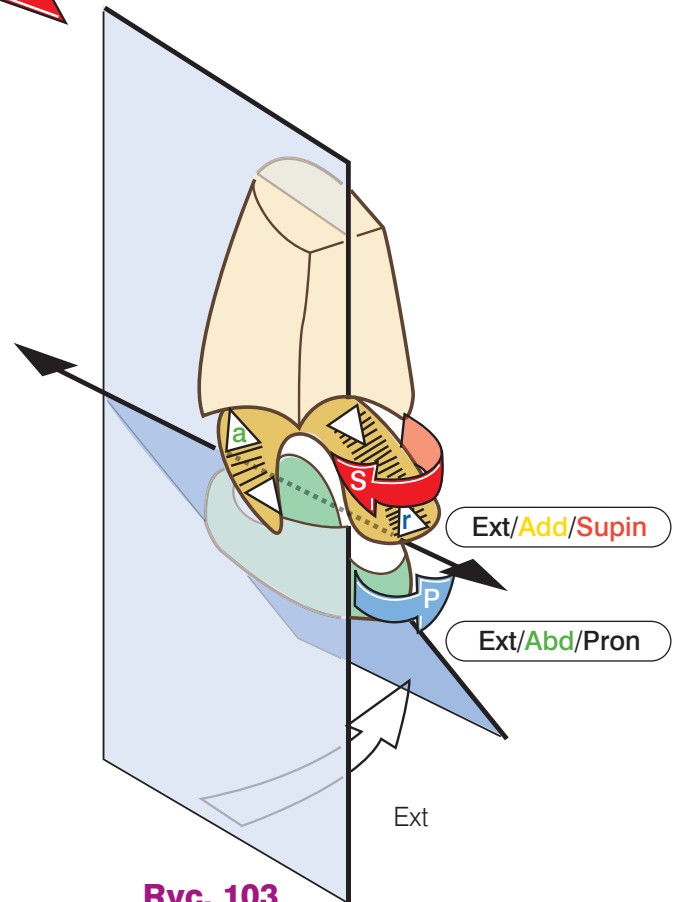
Ryc. 100



Ryc. 101



Ryc. 102



Ryc. 103