

# Ocena fizjologicznego zakresu koślawości i szpotawości stawu łokciowego przy użyciu prototypowego aparatu pomiarowego

## Biomechanical Assessment of Varus–valgus Range of Motion of Normal Elbow Joint Using Prototype Measuring Device

Andrzej Podgórski<sup>(A,B,C,D,E,F)</sup>, Bartłomiej Kordasiewicz<sup>(A,D,E)</sup>, Mariusz Urban<sup>(D)</sup>,  
Dariusz Michalik<sup>(E)</sup>, Stanisław Pomianowski<sup>(A,D,E,F,G)</sup>

Klinika Chirurgii Urazowej Narządu Ruchu i Ortopedii CMKP SPSK im. prof. Adama Grucy, Otwock  
Department of Traumatology and Orthopaedic Surgery Medical Centre of Postgraduate Education, Prof. A. Gruca Teaching Hospital, Otwock

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Stabilność stawu łokciowego zapewniona jest dzięki więzadłom pobocznym: przyśrodkowemu i boczno-tylnemu, konfiguracji powierzchni stawowych oraz dzięki torebce stawowej. Udział torebki stawowej jest stosunkowo niewielki i zależy od pozycji stawu. Prawidłowy zakres odwiedzenia i przywiedzenia przedramienia w stawie łokciowym określany jest na 5–10°. Celem niniejszej pracy było ustalenie dokładnego zakresu fizjologicznej ruchomości stawu łokciowego w płaszczyźnie czołowej (luzu), które poza wartością poznawczą umożliwi ocenę wpływu leczenia chirurgicznego przykurczu stawu łokciowego poprzez możliwość porównania stabilności stawu operowanego ze stabilnością stawu zdrowego.

**Materiał i metody.** Pomiarów dokonano za pomocą prototypowego urządzenia UB-01 wyprodukowanego przez firmę ANT Polska w grupie 52 zdrowych ochotników.

**Wyniki.** Średnie odchylenie stawu łokciowego w stronę koślawości wynosiło 11,2° (6,4°–16,1°), natomiast w stronę szpotawości 6,6° (3°–10,7°). Średni zakres luzu w stawie łokciowym wynosił 17,8° (10,6°–26,5°). Średnia różnica pomiędzy luzem w dwóch przeciwległych stawach łokciowych u tej samej osoby wynosiła 1,2° (0,1°–3,8°). U osób zdrowych średnia bezwzględna różnica w łącznym wychyleniu zdrowych łokci jest istotnie mniejsza od 2°.

**Wnioski.** 1. Istnieją duże różnice między wartościami luzu stawu łokciowego pomiędzy poszczególnymi osobami. 2. Mimo tego, wartości luzu dwóch stawów łokciowych u tej samej osoby są bardzo zbliżone. Obserwacja ta pozwala na potraktowanie zdrowego łokcia jako punktu odniesienia przy ocenie stabilności operowanego stawu u osoby po leczeniu chirurgicznym przykurczu stawu łokciowego w sposób typowy.

**Słowa kluczowe:** stabilność, staw łokciowy

### SUMMARY

**Background.** Elbow joint stability is provided by the medial and lateral collateral ligaments, joint surface alignment, and the joint capsule. The contribution of the joint capsule is relatively minor and varies with the position of the joint. The normal range of forearm abduction and adduction in the elbow joint is estimated to be between 5 and 10°. The aim of the paper was to determine precisely the physiological range of elbow joint motion in the frontal plane (laxity), which, apart from the knowledge gained, will provide a means to assess the effect of the surgical treatment of elbow joint contractures by comparing the stability of operated and healthy joints.

**Material and methods.** The measurements were carried out using UB-01, a prototype device produced by ANT Polska, in a group of 52 healthy volunteers.

**Results.** The mean valgus and varus deviation of the elbow joint was 11.2° (6.4°–16.1°) and 6.6° (3°–10.7°), respectively. The mean degree of elbow joint laxity was 17.8° (10.6°–26.5°). The difference in laxity between two opposite elbow joints in the same person was, on average, 1.2° (0.1°–3.8°). In healthy persons the mean absolute difference in laxity between both intact elbow joints is significantly smaller than 2°.

**Conclusions.** 1. There are major differences in elbow joint laxity between individuals. 2. Nevertheless, laxity values of two elbow joints in the same individual are very similar. This observation allows for the healthy elbow to be treated as a reference while assessing the affected joint's stability in a patient following conventional surgery for elbow joint contracture.

**Key words:** elbow biomechanics, elbow stability

## WSTĘP

Staw łokciowy jest utworzony przez powierzchnie stawowe kości ramiennej, łokciowej i promieniowej. Jest to staw złożony, otoczony w całości torebką stawową. Wśród jego więzadeł wyróżniamy więzadło poboczne przyśrodkowe, więzadło poboczne boczne, więzadło obrączkowe oraz więzadło czworoboczne. Prawidłowy zakres ruchomości stawu łokciowego obejmuje zgięcie  $140^\circ$ , wyprost  $0^\circ$ , odwiedzenie i przywiedzenie po około  $5-10^\circ$  oraz pronację i supinację przedramienia odpowiednio  $70^\circ$  i  $85^\circ$  [1]. Należy zaznaczyć, że odwiedzenie i przywiedzenie przedramienia możliwe jest jedynie w zgięciu stawu wynoszącym co najmniej  $30^\circ$ , co pozwala na opuszczenie przez wyrostek łokciowy dołu wyrostka łokciowego i odryglowanie stawu.

Stabilność stawu łokciowego zapewniona jest głównie dzięki więzadłom pobocznym stawu oraz konfiguracji powierzchni stawowych blokujących nadmierne przywiedzenie i odwiedzenie przedramienia. Przy odchyłaniu przedramienia od osi ciała (na koślavo) główna rola stabilizacyjna przypada więzadłu pobocznemu przyśrodkowemu, a dokładniej jego pęczkowi przedniemu, oraz powierzchniom stawu ramiennie-promieniowego. Z kolei przy odchyłaniu przedramienia do osi ciała (na szpotawo) stabilność zapewnia więzadło poboczne promieniowe oraz, podobnie, zetknięcie się powierzchni stawowych [1-4].

Inną strukturą odgrywającą istotną rolę przy stabilizowaniu stawu łokciowego jest torebka stawowa. Wyniki badań biomechanicznych przeprowadzonych w Mayo Clinic w USA przez B. Morreya wskazują na istnienie zależności pomiędzy wpływem torebki stawowej na stabilność a pozycją stawu. Im większy kąt zgięcia, tym mniejszy udział torebki stawowej [2].

Analizując ruchomość stawu łokciowego w płaszczyźnie czołowej, należy zwrócić uwagę na dwa wiążące się z nią zagadnienia. Należy odróżnić pojęcie luzu w stawie łokciowym od stabilności stawu, na co zwrócił uwagę B. Morrey odnosząc się w swoich badaniach odpowiednio do „laxity” i „stability”. Pojęcie luzu – „laxity” – określa fizjologiczną ruchomość stawu będącą sumą odchyłań przedramienia od osi ciała (na koślavo) oraz do osi ciała (na szpotawo).

W dalszych rozważaniach należy uznać, że analizowany jest fizjologiczny luz w stawie łokciowym, określany w piśmiennictwie anglosaskim jako „laxity”.

Klinika Chirurgii Urazowej Narządu Ruchu i Ortopedii CMKP zajmuje jedno z czołowych miejsc wśród ośrodków chirurgii łokcia w Polsce. Istotną część działalności Kliniki stanowi leczenie powikłań urazów tej okolicy, w tym najczęstszego z nich, jakim jest przykurcz stawu łokciowego. W okresie od stycz-

## BACKGROUND

The elbow joint is formed by the articular surfaces of the humerus, ulna and radius. It is a compound joint fully enclosed in its capsule. Its main ligaments are medial and lateral collateral ligaments, the annular ligament and the quadratus ligament. The normal range of motion in the elbow joint involves flexion to  $140^\circ$ , extension limited to  $0^\circ$ , abduction and adduction to about  $5-10^\circ$ , and forearm pronation and supination to  $70^\circ$  and  $85^\circ$ , respectively [1]. Abduction and adduction of the forearm is possible only during flexion of the joint to at least  $30^\circ$  when the olecranon is not in contact with the distal humerus.

Elbow joint stability is provided mainly by the collateral ligaments of the joint as well as the alignment of the joint surfaces, which block excessive forearm adduction and abduction. Joint stability during forearm movement away from the midline (towards valgus) is mainly owed to the medial collateral ligament and, more precisely, to its anterior bundle and humeroradial joint surfaces. Stability during forearm movement towards the midline (towards varus) is, in turn, provided by the radial collateral ligament and, similarly, contact between the joint surfaces [1-4].

The joint capsule is another structure which plays a significant role in elbow joint stabilization. Biomechanical studies conducted in Mayo Clinic in the USA by B. F. Morrey indicate a connection between the contribution of the joint capsule to stability and the position of the joint, with capsular involvement being reduced at greater angles of flexion [2].

Two issues are important for analysis of elbow joint mobility in the frontal plane. One should differentiate between the notion of looseness in the elbow joint and joint stability, which was pointed out by B. F. Morrey, who called these ‘laxity’ and ‘stability’, respectively, in his works. The term ‘laxity’ accounts for normal physiological joint mobility, which is the overall amplitude of deviation of the forearm away from the midline (towards valgus) and towards the midline (towards varus). In further discussion it is assumed that the object of analysis is the physiological looseness in the elbow joint, described as ‘laxity’ in the literature.

The Department of Traumatology and Orthopaedic Surgery of the CMKP (Medical Centre of Postgraduate Education) is one of the leading centres of elbow surgery in Poland. An important element of the Department’s activity is the treatment of complications following traumatic injuries to this region, including the most common problem of elbow joint contracture. A total of 259 release procedures were

nia 2003 do października 2011 wykonano 259 zabiegów uwolnienia przykurczu. Zasadniczą częścią operacji jest w tym przypadku resekcja przedniej, a często i tylnej torebki stawowej [5]. W razie potrzeby zabieg jest poszerzany o naprawę uszkodzonego więzadła pobocznego, endoprotezoplastykę głowy kości promieniowej, usunięcie ciał wolnych, osteofitów lub materiału zespalającego, artroplastykę interpozycyjną lub inne potrzebne czynności [5-7].

## MATERIAŁ I METODY

Pomiar został przeprowadzony na 52 zdrowych ochotnikach, 29 mężczyznach i 23 kobietach w wieku od 24 do 68 (średnio 34 lata). Ochotnicy rekrutowali się z pacjentów leczonych w Klinice z powodu uszkodzeń kończyn dolnych oraz spośród pracowników szpitala.

Kryteriami włączenia do grupy badanej były:

1. Prawidłowa budowa obu stawów łokciowych i brak odchyień w badaniu przedmiotowym kończyn górnych.
2. Ujemny wywiad chorobowy w zakresie urazów i ich następstw, chorób ortopedycznych oraz reumatologicznych.
3. Budowa morfologiczna umożliwiająca pomiar przy użyciu aparatu UB-01. Konstrukcja maszyny uniemożliwia badanie chorych o:
  - a. bardzo drobnej lub potężnej budowie
  - b. szczególnie zaakcentowanej fizjologicznej koślawości stawu łokciowego (powyżej 20°).
4. Wyrażenie zgody na wzięcie udziału w badaniu.

Określenie wartości luzu stawu łokciowego polega na pomiarze wartości kątowej łuku mierzonego od skrajnego odchylenia przedramienia od osi ciała do skrajnego odchylenia przedramienia do osi ciała (od położenia maksymalnego koślawienia do maksymalnego szpotawienia stawu). Wykonywany jest w serii sześciu wychyleń w każdą ze stron, pod uwagę bierze się uzyskaną wartość średnią z pięciu pomiarów pozostałych po odrzuceniu wartości skrajnych. Wynik podawany jest odrębnie dla koślawienia i szpotawienia z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Pomiarów dokonano za pomocą urządzenia UB-01 (Ryc. 1) wyprodukowanego przez firmę ANT Polska. Jest to urządzenie prototypowe, które uzyskało akceptację Ministerstwa Zdrowia i na mocy indywidualnej decyzji Ministra może być wykorzystywane do badań naukowych prowadzonych w Klinice Chirurgii Narządu Ruchu i Ortopedii CMKP.

Urządzenie składa się z fotela na którym siada osoba badana, który poprzez wysięgnik połączony jest z ramą, na której znajdują się dwa elementy – ruchomy moduł pomiarowy połączony z elementami

performed at the Department between January 2003 and October 2011. The core part of the surgery is an anterior, and often even posterior, capsulectomy [5]. If necessary, the procedure may be extended to include repair of the damaged collateral ligament, radial head arthroplasty, the removal of loose bodies, osteophytes or fixation material, interpositional arthroplasty, or other necessary interventions [5-7].

## MATERIAL AND METHODS

The measurements were conducted in a group of 52 healthy volunteers, comprised of 29 men and 23 women aged 24-68 years (mean age, 34 years). The group consisted of patients treated in the Department for lower extremity injuries and hospital staff.

The inclusion criteria were as follows:

1. Structurally normal elbow joints bilaterally with no abnormalities on physical examination of the upper extremities.
2. No history of traumatic injuries and their sequelae, or orthopaedic and rheumatic conditions.
3. Morphological features enabling the use of the UB-01 measuring device. The construction of the device precludes the examination of patients with:
  - a. very slender or stout body build
  - b. a particularly accentuated physiological valgus alignment of the elbow joint (>20°).
4. Consenting to take part in the study.

Determining the degree of elbow joint laxity consists in measuring the angular value of the arc between the extreme position of the forearm away from the midline and the extreme forearm position towards the midline (i.e. from extreme valgus to extreme varus position of the joint). The measurement is performed in a series of six movements to each side. The mean value from five measurements that remain after the rejection of extreme values is used. The result is accurate to the first decimal place and given separately for the valgus and varus positions.

The measurements were performed using the UB-01 measuring device (Fig. 1), produced by ANT Polska. This prototype device obtained the approval of the Ministry of Health and, by individual decision of the Minister, may be used for research conducted in the CMKP Department of Traumatology and Orthopaedic Surgery.

The device consists of a chair on which a subject sits and which is connected by means of a boom with a frame holding two elements – a mobile measuring module joined to the elements which immobilize the elbow joint and the wrist, and a fixed element with a display screen and buttons for controlling the de-



Ryc. 1. Urządzenie pomiarowe UB 01

Fig. 1. ANG: UB 01 measuring device

mocującymi staw łokciowy i nadgarstek oraz nieruchomej części zawierającej wyświetlacz oraz przyciski służące do sterowania aparatem. Konstrukcja aparatu daje możliwość dowolnej regulacji położenia badanego stawu poprzez kombinację ustawienia wysięgnika, wysokości na której znajduje się rama pomiarowa oraz położenia modułu pomiarowego w obrębie ramy.

Unieruchomienie badanej kończyny osiąga się dzięki jej zamocowaniu w przeznaczonym do tego dwuczęściowym uchwycie obejmującym dalszą część ramienia, którego części są dociskane po ułożeniu kończyny w prawidłowej pozycji. Uchwyt jest wyklejony pianką, co podnosi komfort osoby badanej, a jednocześnie dzięki chropowatości materiału przyczynia się do zniesienia niepożądanego podczas pomiaru rotacji kończyny. Dodatkowo, na pionowym ramieniu wysięgnika znajduje się drugi element biorący udział w mocowaniu ramienia. Jest to regulowana długości pasek z materiału zbliżonego do wykorzystywanego do produkcji pasów bezpieczeństwa, który umieszcza się w dole pachowym po badanej stronie. Dalsza część przedramienia i nadgarstek blokowane są w pełnej supinacji.

Punkt końcowy w danym cyklu pomiarowym, czyli rejestracja określonego odchylenia jako maksymalnego odbywa się na podstawie analizy wzrostu momentu oporu ruchu podczas pomiaru. Moment ten skokowo narasta podczas odchylenia przedramienia teoretycznie aż do wartości mogących skutkować uszkodzeniem więzadeł pobocznych lub powierzchni chrząst-

vice. The construction of the apparatus allows for free adjustment of the examined joint's position thanks to the combination of boom positioning, the vertical position of the measuring frame and the placement of the measuring module within the frame.

The limb to be examined is immobilized in a two-piece grip specially designed for the purpose, which clutches the distal part of the arm. The grip's components are pressed tight after the limb is set in the right position. The grip is padded with foam which increases the comfort of the subject and prevents undesirable limb rotation during the measurement, thanks to the rough texture of the material. Additionally, the arm is also immobilized by another component located on the vertical part of the boom. It is a belt of adjustable length made of a material similar to that used in safety belts and placed in the axillary fossa of the tested limb. The distal part of the forearm and the wrist are blocked in full supination.

The final step in a measurement cycle, i.e. the recording of the joint position that is regarded as most extreme, is based on the analysis of the increment of resistance moment during measurement. The moment increases sharply when the arm is being abducted and theoretically may reach values that could result in damaging the collateral ligaments or cartilaginous surfaces. The measuring device uses the information about the current forearm deviation angle as well as the torque at a given time to monitor the derivative of the momentum with respect to the angle. The mo-

nych. Urządzenie pomiarowe wykorzystuje zbierane informacje o aktualnym kącie odchylenia przedramienia oraz o chwilowym momencie siły do monitorowania wartości pochodnej momentu po kącie. Odchylenie przedramienia kończy się w momencie, w którym moment siły lub pochodna momentu po kącie osiągnie zdefiniowaną przez badacza maksymalną wartość.

Maksymalne wartości momentu siły oraz pochodnej momentu po kącie zostały ustalone eksperymentalnie dzięki wielokrotnym pomiarom wykonywanym przez konstruktorów oraz badacza. Ustalono takie wartości, przy których w odczuciu zespołu przedramię jest odchylane wystarczająco silnie, ale odchylenie nie jest bolesne i nie dochodzi do ruchu ramienia w uchwycie unieruchamiającym. Uzyskano wysoką powtarzalność wyników, które zwykle nie odbiegały od siebie bardziej niż  $0,5^\circ$  dla poszczególnych odchyżeń w tym samym kierunku. W celu zapewnienia maksymalnej wiarygodności przeprowadzonych pomiarów zdecydowano się na określanie wartości odchyżeń w obie strony jako średniej z kilku pomiarów.

Regulacji podlegała również minimalna wartość pochodnej momentu po kącie, co pozwala na zapobieżenie sytuacji, w której pozycja odchylenia maksymalnego rejestrowana jest zbyt wcześnie, np. wskutek napięcia mięśni przez osobę badaną. Innymi parametrami podlegającymi regulacji była moc silnika regulująca szybkość przemieszczania przedramienia oraz liczba odchyżeń w obie strony w jednym cyklu pomiarowym.

Wszystkie zastosowane parametry były identyczne dla wszystkich badanych stawów łokciowych.

Pomiar odbywa się zawsze w tej samej pozycji stawu, to znaczy w zgięciu  $30^\circ$  oraz pełnej supinacji (odwróceniu) przedramienia. Jest to pozycja, w której ocenia się stabilność stawu łokciowego podczas badania klinicznego. Dodatkowym powodem wyboru tej właśnie pozycji są wspomniane wyżej wyniki badań biomechaniki łokcia przeprowadzone przez Morreya, w których wykazano, że torebka stawowa odgrywa największą rolę przy stabilizowaniu stawu łokciowego w pozycji nieznacznej zgięcia stawu i, że wpływ ten maleje wraz ze wzrostem zgięcia [1]. Wobec tego w takim ustawieniu stawu najmocniej powinno udać się wykazać w przyszłości ewentualną ujemną różnicę w stabilności stawu łokciowego po uwolnieniu przykurczu i wycięciu torebki.

Cele przeprowadzonego badania były następujące:

1. Ustalenie zakresu ruchomości w płaszczyźnie czołowej w zdrowym stawie łokciowym.
2. Ustalenie, czy zakresy ruchomości w płaszczyźnie czołowej w obu stawach łokciowych są takie same oraz zmierzenie ewentualnej różnicy między nimi pod kątem możliwości przeprowadzenia ba-

vement of the forearm ends when the torque or the derivative of the momentum with respect to the angle reaches a maximum value defined by the researcher.

The maximum values of the torque and derivative of the momentum with respect to the angle were determined experimentally through repeated measurements conducted by the designers and the researcher. Values were established at which the research team felt that the forearm tilt was sufficiently strong but not painful and there was no arm movement in the immobilizing grip. The results were highly reproducible and on average did not diverge from each other by more than  $0.5^\circ$  for individual movements in the same direction. To ensure maximum reliability of the measurements, the deviation to either side was defined as the mean of several measurements.

The minimum value of the momentum derivative with respect to the angle was also adjusted to prevent a situation in which the position of maximum joint movement is registered too early, e.g. as a result of the subject tensing muscles. Other adjusted parameters were the power of the motor controlling the velocity of forearm movement, as well as the number of movements to each side in a single measurement cycle.

All parameters were identical for each elbow joint examined.

The measurements were always conducted with the joint in the same position of  $30^\circ$  flexion and full forearm supination. This is the position in which elbow joint stability is assessed during a physical examination. Another reason for choosing this particular position is the aforementioned results of elbow biomechanical studies conducted by B. F. Morrey, who demonstrated that the joint capsule plays the leading role in stabilizing the elbow joint in the position of slight joint flexion and that this role decreases with increasing flexion [1]. Therefore, this joint position should be best suited to show the possible negative difference in elbow joint stability after contracture release and capsulectomy.

The aims of the study were as follows:

1. To determine the range of motion in a healthy elbow joint in the frontal plane.
2. To determine whether the ranges of motion in the frontal plane are the same for both elbow joints and to measure the possible difference between them with regard to the possibility of conducting a physical examination of elbow joint stability after surgical treatment. Change in joint stability would be attributable to postoperative increase in joint laxity. After comparing joint laxity in healthy elbows and determining the physiological difference between them, the degree of the affected joint's laxity could be referred to the degree of laxity in the contralateral intact joint.

dania klinicznego dotyczącego stabilności stawu łokciowego po leczeniu chirurgicznym. Zmiana stabilności stawu byłaby związana ze zwiększeniem się wartości luzu stawu po operacji. Po porównaniu luzu w stawach łokciowych u osób zdrowych i określeniu fizjologicznej różnicy między nimi, wynik pomiaru luzu stawu operowanego mógłby być odnoszony do wyniku pomiaru luzu przeciwległego, zdrowego stawu.

Oczywiście możliwość taka istniałaby jedynie w odniesieniu do osób, u których pomimo przebytego urazu zachowana jest prawidłowa struktura powierzchni stawowych oraz które były leczone operacyjnie w sposób typowy, tzn. zasadniczą częścią operacji było usunięcie torebki stawowej, bez wykonywania resekcji odłamów kostnych (za wyjątkiem nieistotnych drobnych fragmentów), endoprotezoplastyki częściowej lub całkowitej stawu, ani operacji naprawczej więzadeł pobocznych).

Nie mogliby być również oceniani chorzy, u których doszło do obustronnego uszkodzenia stawów łokciowych. Stanowią oni jednak niezmiernie małą część pacjentów Kliniki (3 osoby na 259 operowanych).

## WYNIKI

Dla każdej osoby odnotowano wychylenie w stronę koślawości oraz szpotawości dla obu łokci. Oszacowano średnią wartość wychylenia w obu kierunkach oraz średnią wartość łącznego wychylenia (luzu). Następnie policzono bezwzględną różnicę pomiędzy łącznym wychyleniem dla obu łokci.

Przy pomocy testu Wilcoxona znakowanych rang zweryfikowano hipotezy dotyczące średnich wartości bezwzględnych różnic pomiędzy zdrowymi łokciami przyrównując średnie różnice do wartości  $1^\circ$  i  $2^\circ$ .

Średnie odchylenie stawu łokciowego w stronę koślawości wynosiło  $11,2^\circ$  ( $6,4^\circ$ - $16,1^\circ$ ), natomiast w stronę szpotawości  $6,6^\circ$  ( $3^\circ$ - $10,7^\circ$ ). Średni zakres luzu w stawie łokciowym wynosił  $17,8^\circ$  ( $10,6^\circ$ - $26,5^\circ$ ). Średnia różnica pomiędzy luzem w dwóch przeciwległych stawach łokciowych u tej samej osoby wynosiła  $1,2^\circ$  ( $0,1^\circ$ - $3,8^\circ$ ).

Średnia bezwzględna różnica pomiędzy łącznym wychyleniem prawego i lewego łokcia wyniosła  $1,19^\circ$  (odch. std. 0,84). Przyrównanie tej wartości do  $1^\circ$  dało wynik nieistotny statystycznie,  $p > 0,1$ , a więc nie można odrzucić hipotezy, że średnia bezwzględna różnica w łącznym wychyleniu zdrowych łokci wynosi  $1^\circ$ . Przyrównanie tej wartości do  $2^\circ$  dało wynik istotny statystycznie dla jednostronnego testu,  $p < 0,0001$ . Można zatem wnioskować, że u osób zdrowych średnia bezwzględna różnica w łącznym wychyleniu zdrowych łokci jest istotnie mniejsza od  $2^\circ$ .

It is clear that this possibility would be limited to individuals in whom, despite a traumatic injury, the normal structure of joint surfaces was preserved and who underwent conventional surgery, i.e. one consisting primarily of capsulectomy with no bone fragment removal (apart from some insignificant fine fragments), partial or complete arthroplasty or reconstructive surgery of collateral ligaments. Also patients with bilateral elbow joint damage could not be assessed. They, however, constituted a very small percentage of the Department's patients (three out of 259 surgeries).

## RESULTS

Valgus and varus deviations for both elbows were registered for each participant. The mean deviation in both directions was estimated as was the mean overall movement amplitude (laxity). Then the absolute difference in movement amplitude between the elbows was calculated. The Wilcoxon signed-rank test was used to verify the hypotheses concerning mean absolute differences between healthy elbows, comparing the average differences to  $1^\circ$  and  $2^\circ$ .

Mean elbow joint deviation towards valgus and varus was  $11.2^\circ$  ( $6.4^\circ$ - $16.1^\circ$ ) and  $6.6^\circ$  ( $3^\circ$ - $10.7^\circ$ ), respectively. Mean elbow joint laxity was  $17.8^\circ$  ( $10.6^\circ$ - $26.5^\circ$ ). The mean difference in laxity between the elbow joints in the same person was  $1.2^\circ$  ( $0.1^\circ$ - $3.8^\circ$ ).

The mean absolute difference in overall movement amplitude between the right and left elbow was  $1.19^\circ$  (with a standard deviation of 0.84). A comparison of this value to  $1^\circ$  was not statistically significant ( $p > 0.1$ ), so one cannot discard the hypothesis that the average absolute difference in the movement amplitude of healthy elbows is  $1^\circ$ . A comparison to  $2^\circ$  was statistically significant for the one-tailed test ( $p < 0.0001$ ). Therefore, it may be concluded that in healthy individuals the mean absolute difference in movement amplitude between intact elbows is significantly smaller than  $2^\circ$ .

### Moc testu

Mając 52 obserwacje w grupie, średnią równą  $1,19^\circ$  i odchylenie standardowe  $0,84^\circ$  uzyskuje się moc 80% do wykrycia różnicy  $0,3^\circ$  dla dwustronnego testu Wilcoxon'a znakowanych rang. Zatem zgromadzone dane dla grupy osób zdrowych zapewniają właściwą moc do wykrycia różnicy istotnej klinicznie, za którą uznano różnicę  $1^\circ$ .

Wyniki pomiarów przeprowadzonych u poszczególnych badanych wykazały zatem istnienie szerokiego zakresu wartości fizjologicznych zarówno w odniesieniu do odchylenia przedramienia od osi ciała, do osi ciała, jak również w stosunku do sumarycznego luzu stawu łokciowego.

Należy podkreślić jednak, że pomimo powyższych różnic, wartość kątowa określająca luz obu stawów łokciowych jest bardzo zbliżona, co umożliwia potraktowanie zdrowego łokcia u osoby po leczeniu chirurgicznym przykurczu stawu łokciowego w sposób typowy jako punktu odniesienia przy ocenie stabilności operowanego stawu.

Zakres fizjologicznego luzu w stawie łokciowym, a w szczególności możliwość porównywania luzu dwóch przeciwległych stawów łokciowych dzięki posiadaniu informacji o istnieniu ewentualnej różnicy między nimi jest zagadnieniem bardzo słabo poznanym.

Zarówno w piśmiennictwie polskim, jak i obcojęzycznym autorzy nie natrafili na pracę, której autorzy analizowaliby powyższe zagadnienie [1,2,7,8]. Zakres ruchomości w płaszczyźnie czołowej podawany jest zwykle szacunkowo i określany na  $5-10^\circ$ . Ewentualne dokładniejsze dane pochodzą z pomiarów na zwłokach i są obciążone niedoskonałościami ograniczającymi ich przełożenie na wiedzę kliniczną, do których zaliczyć można np. niemożność odtworzenia prawidłowego, zmiennego napięcia mięśniowego wytwarzanego przez współdziałające mięśnie.

### WNIOSKI

- Średnie odchylenie stawu łokciowego w stronę koślawości wynosiło  $11,2^\circ$  ( $6,4^\circ-16,1^\circ$ ), natomiast w stronę szpotawości  $6,6^\circ$  ( $3^\circ-10,7^\circ$ ). Średni zakres ruchomości w płaszczyźnie czołowej w stawie łokciowym wynosił  $17,8^\circ$  ( $10,6^\circ-26,5^\circ$ ). Zakres ruchomości stawu łokciowego w płaszczyźnie czołowej określany jako fizjologiczny luz stawu łokciowego różnił się istotnie pomiędzy badanymi osobami.
- Mimo istotnych różnic pomiędzy badanymi zdrowymi ochotnikami zaobserwowano, że średnia różnica sumarycznego zakresu ruchomości pomiędzy dwoma stawami u tego samego badanego wy-

### Statistical power of the test

With 52 observations in the group, the average difference of  $1.19^\circ$  and standard deviation of  $0.84^\circ$ , the test has 80% power to detect a difference of  $0.3^\circ$  for the bilateral Wilcoxon signed-rank test. Consequently, the data gathered for the group of healthy individuals were sufficiently powered to determine a difference of  $1^\circ$ , which was deemed to be clinically significant.

The results of the measurements conducted in individual participants therefore demonstrated the existence of a wide range of physiological values both in terms of forearm deviation away from and towards the midline and in regard to the value of aggregate elbow joint laxity.

It needs to be stressed, however, that in spite of these differences, the angular values of laxity of both elbow joints were very similar, which makes it possible to use the healthy elbow of a patient following conventional surgery for elbow joint contracture as a reference for assessing the affected joint's stability.

The range of physiological laxity in the elbow joint, and especially possibilities for comparing laxity in contralateral elbow joints by using data concerning a possible difference between these values, has been little studied.

The authors have not come across a paper concerned with this issue either in Polish or foreign literature [1,2,7,8]. The ROM in the frontal plane is usually given as a rough estimate of between  $5$  and  $10^\circ$ . Potentially more precise data come from cadaveric measurements and are subject to limitations which reduce their clinical applicability, such as the impossibility of reconstructing the normal variable passive and active muscle tone created by muscle synergy.

### CONCLUSIONS

- The mean values of elbow joint deviation towards valgus and varus were  $11.2^\circ$  ( $6.4^\circ-16.1^\circ$ ) and  $6.6^\circ$  ( $3^\circ-10.7^\circ$ ), respectively. The mean range of motion in the elbow joint in the frontal plane was  $17.8^\circ$  ( $10.6^\circ-26.5^\circ$ ). The range of elbow joint motion in the frontal plane, defined as physiological elbow joint laxity, differed significantly between individual participants.
- In spite of significant differences in elbow joint laxity between healthy volunteers, it was observed that the mean difference in aggregate ROM between contralateral elbow joints in the same person was only  $1.2^\circ$  ( $0.1^\circ-3.8^\circ$ ). The mean abso-

nosi jedynie  $1,2^\circ$  ( $0,1^\circ$ - $3,8^\circ$ ). Średnia bezwzględna różnica w łącznym wychyleniu jest istotnie mniejsza od  $2^\circ$ . Obserwacje te pozwalają na potraktowanie zdrowego łokcia jako punktu odniesienia przy ocenie stabilności operowanego stawu u osoby po leczeniu chirurgicznym przykurczu stawu łokciowego w sposób typowy.

lute difference in the amplitude of joint movement was significantly smaller than  $2^\circ$ . These observations allow for the healthy elbow to be treated as a reference for assessing the affected joint's stability in a patient following conventional surgery of elbow joint contracture.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Morrey BF, Sanchez-Sotelo J, eds. The Elbow and Its Disorders, 4th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2009
2. Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint, Bernard F. Morrey, Kai-Nan An, Am. J. Sports Med., Sep 1983; 11: 315 – 319.
3. Fornalski S, Gupta R, Lee TQ. Anatomy and biomechanics of the elbow joint. Tech Hand Up Extrem Surg, 2003 Dec; 7 (4): 168-178.
4. Safran MR, Baillargeon D. Soft-tissue stabilizers of the elbow. J Shoulder Elbow Surg, 2005 Jan-Feb; 14 (1 Suppl S): 179-185.
5. Pomianowski S, Sawicki G, Grys G. Przykurcz stawu łokciowego – przyczyny, sposoby leczenia. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska, 1999; 64 (1): 11-17.
6. Marciniak W, Szulc A: Wiktora Degi Ortopedia I Rehabilitacja, Warszawa 2003.
7. S. Terry Canale. Campbell's Operative Orthopedics, 10<sup>th</sup> Edition, 2002: 1324-1328.
8. Dos Remedios C, Chantelot C, Migaud H, Le Nen D, Fontaine C, Landjerit B. Effect of anterior and posterior capsule release on elbow joint stability: an experimental study. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2003 Dec; 89 (8): 693-698.
9. Nielsen KK, Olsen BS. No stabilizing effect of the elbow joint capsule. A kinematic study. Acta Orthop Scand, 1999 Feb; 70 (1): 6-8.

Liczba słów/Word count: 4732

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 1

Piśmiennictwo/References: 9

Adres do korespondencji / Address for correspondence

lek. Andrzej Podgórski

Klinika Chirurgii Urazowej Narządu Ruchu i Ortopedii CMKP SPSK im prof. Adama Grucy  
05-400 Otwock, ul. Konarskiego 13, tel./fax: 22 788 56 75, e-mail: apodgors@poczta.onet.pl

Otrzymano / Received

18.02.2012 r.

Zaakceptowano / Accepted

23.04.2012 r.