

Mirosław Janiszewski<sup>1</sup>  
Grzegorz Gałuszka<sup>2</sup>  
Agnieszka Ochwanowska<sup>2</sup>  
Aneta Gąciarz<sup>2</sup>  
Aneta Hak<sup>2</sup>  
Paweł Ochwanowski<sup>3</sup>  
Renata Gałuszka<sup>4</sup>  
Marcin Oryniak<sup>4</sup>

## ANALIZA BIOMECHANICZNA DYNAMIKI I STATYKI NARZĄDU RUCHU U MUZYKÓW INSTRUMENTALISTÓW

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF DYNAMICS AND STATICS OF THE MOTION ORGAN IN INSTRUMENTALISTS

<sup>1</sup> Z Kliniki Rehabilitacji

Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

<sup>2</sup> Z Agencji Usług Medycznych i Rehabilitacyjnych „MAXMED” w Kielcach

<sup>3</sup> Z Wyższej Szkoły Pedagogiki Resocjalizacyjnej w Warszawie

<sup>4</sup> Z Instytutu Kształcenia Medycznego Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Pomiary biomechaniczne narządu ruchu u muzyków stanowią odrębny problem badawczy ze względu na specyficzne uwarunkowania złożonych czynności ruchowych, jakie obserwuje się podczas gry na instrumencie. **Materiał i metody.** Badania zostały przeprowadzone wśród 368 muzyków instrumentalistów z uwzględnieniem pomiaru parametrów biomechanicznych przed, w trakcie i po wykonaniu muzycznym. **Wnioski.** Analiza addukcji w stawie barkowym podczas gry na różnych instrumentach muzycznych wykazała, iż największe średnie kąta odwiedzenia występują u wiolonczelistów, kontrabasistów, pianistów i flecistów, przy czym w przypadku kontrabasu jest ona większa dla ręki lewej, natomiast w przypadku fletu- dla ręki prawej. U skrzypków i altowiolistów średnie wartości są najmniejsze, ale odwiedzenie ręki prawej jest tu statycznie znamienne większe. Podczas kształcenia przyszłych muzyków niezbędne jest rozpoczęcie odpowiedniej profilaktyki przeciwko przeciążeniom. **Wyniki.** Przeprowadzone badania dowodzą, iż gra na instrumencie stwarza określone obciążenia narządu ruchu, zarówno w zakresie jego statyki, jak i dynamiki. Med. Pr., 2005;56(1):25–33

Słowa kluczowe: muzycy, narząd ruchu, pomiar biomechaniczny

### ABSTRACT

**Background:** Biomechanical measurements of the motion organ in musicians are a separate issue of studies because of specific conditioning of complex motion functions which can be observed during playing an instrument. **Materials and Methods:** The study was carried out in a group of 368 instrumentalists, taking into consideration the measurement of biomechanical parameters before, during and after musical performance. **Results:** An analysis of adduction in the shoulder joint during playing an instrument showed that the largest average abduction angle appears in cellists, bassists, pianists and flutists, and it is larger in the left arm in the case of the double bass, and in the right arm in the case of the flute. The lowest average values are lowest in violinists and violists, but the static adduction of their right arm is remarkably larger. **Conclusions:** The study proves that playing an instrument causes specific load of the motion organ, both static and dynamic. Med Pr 2005;56(1):25–33

Key words: musicians, motion organ, biomechanical measurement

Adres II autora: Tokarnia 56, 26-060 Chęciny, e-mail: maxmed@poczta.fm

Nadesłano: 25.11.2004

Zatwierdzono: 6.01.2005

© 2005, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

## WSTĘP

Pomiary biomechaniczne narządu ruchu u muzyków stanowią odrębny problem badawczy ze względu na specyficzne uwarunkowania złożonych czynności ruchowych, jakie obserwuje się podczas gry na instrumencie. Najmniej jednak dokładna analiza statyki i dynamiki narządu ruchu u muzyków może dostarczyć cennych informacji m.in. o rodzaju obciążeń występujących w tym zawodzie.

Narząd ruchu muzyka należy traktować, podobnie jak i w każdej pracy ludzkiej, jako specyficzny rodzaj biomechanizmu (1–5). W związku z powyższym narząd ów można dla potrzeb badań naukowych zdefiniować jako łańcuch biokinematyczny, wykonujący określony ruch względem członu – podstawy.

W mechanizmach technicznych jest to z zasady jeden nieruchomy człon–podstawa, natomiast w biomechanizmie człon–podstawa może się składać z kilku członów, tak jak to obserwuje się w trakcie gry na instrumentach muzycznych. W tym przypadku połączenia tracą swą ruchliwość, ich stopnie swobody są redukowane przez napędy mięśniowe (6). Odpowiada to klinicznemu pojęciu „ustalenie”, co ma ścisły związek z wykazanym już poprzednio elementem czynnościowego narządu wykonawczego, jakim jest układ stabilizujący tułowia. Wspomniany już uprzednio łańcuch biokinematyczny kończyny górnej tworzy, wraz z łopatką, biomechanizm, który co prawda nie jest ściśle związany wyłącznie z tą ostatnią, ale również jest uzależniony w dużym stopniu od statyki i dynamiki kręgosłupa.

Zdecydowana większość ruchów podczas gry na instrumencie muzycznym przebiega w poszczególnych fazach danego ruchu ze zmienną długością łańcucha biokinematycznego. Ten sam łańcuch kończyny górnej może w pewnej fazie ruchu składać się z palców, ręki i przedramienia, a podstawę tworzyć będzie ramię z obręczą kończyny górnej, aby w kolejnej fazie objąć ruchem także ramię i w następnej kolejności obręcz kończyny górnej.

Tak zmieniający się w czasie, w swej strukturze, biomechanizm nazywać się będzie biomechanizmem chwilowym. Jego ruchliwość, czyli liczba stopni swobody, będzie zmienna, uzależniona od określonych warunków gry na instrumencie. Wyliczenie ruchliwości tego biomechanizmu jest więc bardzo istotne w diagnostyce czynności ruchowych o złożonej kinematyce, jaką jest gra na instrumencie muzycznym, i pozwala na obiektywną ocenę obciążeń narządu ruchu, występujących w tych czynnościach zawodowych.

Podstawowymi, kinematycznymi parametrami ruchu są droga i czas (7). Sam ruch definiowany jest jako przemieszczenie ciała względem układu odniesienia. W praktyce wykorzystywane są umowne płaszczyzny: czołowa, strzałkowa i poprzeczna przede wszystkim dla ruchów postępowych oraz długie osie ciała dla ruchów obrotowych.

W ergometrycznej ocenie pracy muzyka instrumentalisty niezbędna jest ocena statyki jego ciała w całym tego słowa znaczeniu, a nie mechanizmów równowagi ciała (2,3).

Dane o statyce podczas gry na poszczególnych instrumentach muzycznych mogą dostarczyć cennych informacji o tej części wysiłku fizycznego, która jest związana z utrzymaniem pozycji ciała. Ocena stateczności i stabilności ciała może dostarczyć danych świadczących o obciążeniu układu stabilizującego tułowia u muzyków. Dotyczy to zwłaszcza procesów koordynacji ruchowej, głównie w tej części układu sterującego, który klinicznie nosi nazwę zmysłu równowagi. Specyfika gry na różnego rodzaju instrumentach muzycznych, uzależniona m.in. od pozycji ciała, wagi instrumentu, sposobu jego trzymania i innych, będzie w sposób istotny wpływać na obciążenia układu stabilizującego tułowia.

Wspólnym mianownikiem wspomnianej wyżej stabilizacji jest podporządkowanie jej prawom ciężenia (6). Masa każdego ciała jest zdeterminowana oddziaływaniem pola grawitacji w sensie jej energii potencjalnej, która pod działaniem siły ciężkości zmierza do minimum. Oznacza to, że dana masa pod działaniem niezrównoważonej siły ciężkości lub jej momentów przyjmie położenie najniższe z możliwych. Jeśli chodzi o czynności zawodowe muzyków instrumentalistów, niezbędna jest ocena układu stabilizacyjnego barku jako głównego mechanizmu utrzymującego pracę kończyny górnej, a tym samym warunkującego jego obciążenia w trakcie gry (1). Praca kończyny górnej natomiast jest uwarunkowana ruchliwością i wykonywanymi czynnościami poszczególnych członów biomechanizmu, jakimi są ramię, przedramię i palce. Ilościowa analiza tych mechanizmów pozwala na dokonanie obiektywnej oceny występujących obciążeń zawodowych.

Ponadto istotne znaczenie ma ocena statyki tułowia w warunkach ekspozycji zawodowej (6), co sprowadza się w praktyce do analizy obciążeń występujących w odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa.

Celem niniejszych badań była więc kompleksowa ocena dynamiki i statyki czynnościowego narządu wykonawczego podczas gry na poszczególnych instrumentach muzycznych.

## MATERIAŁ I METODY

Badania zostały przeprowadzone wśród 368 muzyków instrumentalistów z uwzględnieniem pomiaru parametrów biomechanicznych przed, w trakcie i po wykonaniu muzycznym. Badani rekrutowali się spośród uczniów średnich szkół muzycznych, studentów akademii muzycznej oraz zawodowych muzyków orkiestr opery, filharmonii i operetki.

Wszystkich muzyków poddano następującym badaniom:

1. Pomiarowi goniometrycznemu średniego odwiezienia w stawie barkowym w trakcie gry, wykonanemu za pomocą określenia pozycji członu w pewnym układzie odniesienia przy użyciu techniki wideorejestracji. W trakcie analizy obrazu podczas piętnastominutowej gry utworu o średniej skali trudności technicznych dokonano, za pomocą analizy komputerowej, wyliczenia średniej kąta odwiedzenia w stawie barkowym.

2. Ocenie wartości pracy w ruchu postępowym i obrotowym dla przedramienia i ramienia, wykonanej na podstawie wideorejestracji piętnastominutowej gry utworu o średniej skali trudności technicznych. Rejestrowano tu podstawowe wielkości kinematyczne: drogę i czas na podstawie odpowiedniego układu odniesienia i znaczników czasu, uwarunkowanych stałą czasową zarejestrowaną na kamerze wideo. Opierając się na uzyskanych wartościach drogi i czasu wyliczono pracę w ruchu postępowym ze wzoru:

$$L_p = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$

oraz pracę w ruchu obrotowym ze wzoru

$$L_o = \int_{\phi_1}^{\phi_2} M_o d\phi$$

w kilodżulach (kJ), gdzie  $M_o$  – moment obrotowy.

3. Ocenie siły dynamicznej mięśnia naramiennego, prostownika i zginacza długiego palca, wykonanej przez pomiar siły dynamicznej przed i po półgodzinnej grze na instrumencie, utworu o różnej skali trudności technicznych. W trakcie pomiarów za pomocą układu do pomiaru siły typu „Tilmet 23” mierzono czas połowkowy narastania siły maksymalnej ( $t = 0,5 \max$ ).

4. Pomiarowi wskaźników zmęczenia statycznego mięśnia naramiennego, prostownika i zginacza dłu-

giego palców, wykonanemu przed i po półgodzinnej grze na instrumencie muzycznym utworu o różnej skali trudności technicznych. Pomiary przeprowadzono za pomocą układu do pomiaru siły typu „Tilmet 23”, a jako wskaźnik zmęczenia statycznego przyjęto spadek siły maksymalnej mięśnia w trakcie jednoczynowego napięcia statycznego w niutonach (N).

5. Pomiarom obciążeń kręgosłupa szyjnego i lędźwiowego podczas gry, opartym na znajomości pozycji wymiaru liniowego ciała. Wykorzystano tu wskaźniki opracowane przez Brauna i Fischera. Na ich podstawie wyznaczono ogólny środek ciężkości ciała (OSC). W tym celu przeprowadzono postępowanie pomiarowe, polegające na analizie wideogramu danej pozycji ciała, wyznaczenia na odbitce osi obrotu w stawach, pomiaru długości członów, wyliczenia położenia punktów środkowych mas tych członów, zaczerpniętych z tabeli wskaźników Brauna i Fischera. Następnie na odbitce z wideogramu rysowano współrzędne  $x$ ,  $y$ , tak, aby sylwetka znalazła się w pierwszej ćwiartce. Na osie  $x$  i  $y$  rzutowano punkty środków mas członów i wyliczano współrzędne  $x$  i  $y$  w milimetrach. Po wyliczeniu względnej masy członu u osoby badanej mnożono współrzędne  $x$  i  $y$  przez względną masę członu. Równowartość jest wielkością momentu siły ciężkości danego członu względem punktu 0 układu współrzędnych. Wyniki dla  $qx$  i  $qy$  sumowano uzyskując sumę momentów sił. Podzielenie każdej przez całkowitą masę ciała daje współrzędną  $x$  i  $y$  ogólnego środka ciężkości. Punkt wyznaczony przez te współrzędne na fotogramie jest poszukiwanym OSC. Po znalezieniu ogólnego środka ciężkości wyliczano obciążenia zewnętrzne dla kręgosłupa szyjnego i lędźwiowego w poszczególnych pozycjach podczas gry. Jako obciążenie zewnętrzne przyjmowano moment siły ciężkości danej części ciała, będący iloczynem siły przez jej ramię ze wzoru  $M_o = F \cdot r$ . Na podstawie tych pomiarów wyliczono obciążenia dotyczące momentu siły mięśni karku i grzbietu oraz siły reakcji więzadeł kręgosłupa szyjnego i lędźwiowego. Wyniki poddano analizie statycznej za pomocą testu wariancji, przyjmując poziom istotności 0,05.

## WYNIKI

Analiza addukcji w stawie barkowym podczas gry na różnych instrumentach muzycznych wykazała, iż największe średnie kąta odwiedzenia występują u wiolonczelistów, kontrabasistów, pianistów i flecistów, przy czym w przypadku kontrabasisty jest ona większa

**Tabela 1.** Średnie wartości kątowne odwiedzenia w stawie barkowym w trakcie gry na poszczególnych instrumentach muzycznych  
**Table 1.** Average abduction angles in the shoulder joint while playing particular musical instruments

Rodzaj instrumentu Type of instrument	N No.	Kończyna górna Upper limb				p
		lewa Left		prawa Right		
		x	SD	x	SD	
Skrzypce Violin	56	28,6	6,9	34,3	7,1	0,05
Altówka Viola	28	29,1	7,2	36,2	7,3	0,05
Wiolonczela Cello	35	55,3	10,9	57,2	11,3	nieistotne not significant 0,05
Kontrabas Double bass	27	52,9	12,5	43,8	13,1	
Fortepian Piano	59	49,1	10,9	50,8	11,1	nieistotne not significant 0,05
Flet Flute	31	69,5	12,3	81,7	13,2	
Klarnet Clarinet	27	41,5	10,6	40,9	10,9	nieistotne not significant
Obój Oboe	21	40,8	11,1	41,2	10,9	nieistotne not significant
Fagot Bassoon	19	30,3	7,9	24,4	6,8	0,05
Trąbka Trumpet	25	42,5	9,1	43,1	9,4	nieistotne not significant
Waltornia French horn	21	29,4	5,9	20,2	6,1	0,05
Puzon Trombone	19	38,1	6,1	42,7	6,4	0,05

x – średnia.  
mean.

p – poziom istotności.  
significance level.

SD – standardowe odchylenie.  
standard deviation.

**Tabela 2.** Średnie wartości pracy ( w kJ/min) w ruchu postępowym i obrotowym dla przedramienia w trakcie gry na poszczególnych instrumentach muzycznych  
**Table 2.** Average values of work (in kJ/min) in the translatory and rotary motion of the forearm while playing particular musical instruments

Rodzaj instrumentu Type of instrument	N No.	Ruch Motion									
		postępowy Translatory przedramię Forearm					obrotowy Rotary przedramię Forearm				
		lewe Left		prawe Right		p	lewe Left		prawe Right		p
		x	SD	x	SD		x	SD	x	SD	
Skrzypce Violin	56	8,1	2,2	10,2	2,3	0,05	4,9	0,9	3,1	0,8	0,05
Altówka Viola	28	9,3	1,8	10,9	1,7	0,05	5,3	1,1	3,6	0,9	0,05
Wiolonczela Cello	35	12,6	2,4	14,1	2,3	0,05	6,9	1,9	3,8	1,2	0,05
Kontrabas Double bass	27	14,1	2,9	16,5	2,7	0,05	7,8	1,8	4,5	1,4	0,05
Fortepian Piano	59	16,9	2,4	16,5	2,6	nieistotne not significant	5,9	1,9	6,1	1,7	nieistotne not significant
Flet Flute	31	6,2	1,4	6,8	1,9	nieistotne not significant	2,3	0,6	2,5	0,7	nieistotne not significant
Klarnet Clarinet	27	6,9	1,9	6,5	1,7	nieistotne not significant	2,4	0,8	2,3	0,6	nieistotne not significant
Obój Oboe	21	5,4	1,3	5,2	1,2	nieistotne not significant	2,8	0,7	2,1	0,9	nieistotne not significant
Fagot Bassoon	19	7,1	2,1	7,4	1,8	nieistotne not significant	2,4	0,6	2,5	0,7	nieistotne not significant
Trąbka Trumpet	25	6,8	1,8	6,6	1,7	nieistotne not significant	2,7	0,5	2,5	0,8	nieistotne not significant
Waltornia French horn	21	4,9	1,4	5,1	1,6	nieistotne not significant	2,6	0,6	2,4	0,7	nieistotne not significant
Puzon Trombone	19	7,9	1,9	15,2	2,7	0,05	2,2	0,7	4,1	0,6	0,05

Objaśnienia jak w tabeli 1.

Abbreviations explained in Table 1.

**Tabela 3.** Średnie wartości pracy w ruchu postępowym i obrotowym dla ramienia w trakcie gry na poszczególnych instrumentach muzycznych**Table 3.** Average values of work in the translatory and rotary motion of the arm while playing particular musical instruments

Rodzaj instrumentu Type of instrument	N No.	Ruch Motion									
		postępowy Translatory					obrotowy Rotary				
		lewe Left		prawe Right		p	lewe Left		prawe Right		p
		x	SD	x	SD		x	SD	x	SD	
Skrzypce Violin	56	6,9	2,1	8,2	2,4	0,05	3,7	0,9	2,8	0,7	0,05
Altówka Viola	28	7,2	2,0	8,9	2,3	0,05	4,1	0,8	2,9	0,9	0,05
Wiolonczela Cello	35	10,6	2,3	12,2	2,2	0,05	5,2	0,9	3,1	0,8	0,05
Kontrabas Double bass	27	14,4	2,5	16,7	2,6	0,05	6,1	0,9	3,5	0,8	0,05
Fortepian Piano	59	15,3	2,6	15,8	2,4	nieistotne not significant	5,3	0,7	5,3	0,6	nieistotne not significant
Flet Flute	31	4,3	1,2	4,5	1,3	nieistotne not significant	1,5	0,2	1,6	0,4	nieistotne not significant
Klarnet Clarinet	27	4,1	1,2	4,0	1,2	nieistotne not significant	1,7	0,3	1,5	0,2	nieistotne not significant
Obój Oboe	21	4,2	1,2	4,3	1,0	nieistotne not significant	1,4	0,2	1,3	0,3	nieistotne not significant
Fagot Bassoon	19	4,5	0,9	4,7	1,1	nieistotne not significant	1,3	0,3	1,4	0,2	nieistotne not significant
Trąbka Trumpet	25	4,0	0,8	4,1	0,9	nieistotne not significant	1,5	0,4	1,6	0,3	nieistotne not significant
Waltornia French horn	21	3,7	0,7	3,6	0,9	nieistotne not significant	1,7	0,3	1,5	0,2	nieistotne not significant
Puzon Trombone	19	6,2	1,5	13,4	1,9	0,05	1,5	0,1	2,7	0,3	0,05

Objaśnienia jak w tabeli 1.

Abbreviations explained in Table 1.

dla ręki lewej, natomiast w przypadku fletu – dla ręki prawej. U skrzypków i altowiolistów średnie wartości są najmniejsze, ale odwiedzenie ręki prawej jest tu statycznie znamienne większe (tab. 1).

Wyliczenie pracy w ruchu postępowym dla przedramienia wykazało, iż największe wartości występują tu w przypadku kontrabasistów, pianistów i puzonistów w obrębie przedramienia prawego. U puzonistów praca w ruchu postępowym dla przedramienia lewego jest znamienne mniejsza (tab. 2). Wartości pracy w ruchu obrotowym dla przedramienia wykazują podobne zależności, choć są mniejsze niż dla pracy w ruchu postępowym (tab. 2). Największe wartości pracy w ruchu postępowym dla ramienia wykazano w przypadku kontrabasistów i pianistów (tab. 3).

Po grze na instrumencie zaobserwowano znamienne spadki siły dynamicznej zginacza długiego

palców u skrzypków, altowiolistów, wiolonczelistów, kontrabasistów i pianistów, natomiast prostownika długiego palców tylko u pianistów (tab. 4). Jeśli chodzi o wartości siły dynamicznej mięśnia naramiennego, to wykazano jej znamienne spadki po ekspozycji zawodowej u wszystkich badanych instrumentalistów (tab. 4).

Istotny wzrost wskaźników zmęczenia statycznego mięśnia zginacza i prostownika długiego palców wystąpił w grupie wiolonczelistów, kontrabasistów i pianistów (tab. 5).

Natomiast w przypadku mięśnia naramiennego wskaźniki te były statycznie znamienne, z wyjątkiem klarnecistów i oboistów (tab. 5). Pomiary obciążeń kręgosłupa szyjnego w różnych pozycjach podczas gry wykazały, że największe ich wartości występują w grupie wiolonczelistów, kontrabasistów i pianistów

**Tabela 4.** Średnie wskaźniki siły dynamicznej (w N) zginacza, prostownika długiego palców oraz mięśnia naramiennego przed i po wykonawstwie  
**Table 4.** Average indices of dynamic force (in N) of the flexor, long extensor of the fingers and the deltoid muscle before and after performance

Rodzaj instrumentu Type of instrument	N No.	Przed grą na instrumencie Before performance						Po grze na instrumencie After performance							
		zginacz Flexor		prostownik Long extensor of the finger		mięsień naramienny Deltoid muscle		zginacz Flexor		prostownik Long extensor of the finger		mięsień naramienny Deltoid muscle			
		x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	P	
Skrzypce Violin	56	145	15,3	121	16,4	162	13,8	126	14,9	0,05	128	13,8	148	13,9	0,05
Altówka Viola	28	141	16,1	119	14,9	161	14,6	121	14,3	0,05	120	15,1	143	14,6	0,05
Wiolonczela Cello	35	149	14,5	123	15,1	164	13,9	124	13,9	0,05	119	14,2	141	14,3	0,05
Kontrabas Double bass	27	154	15,7	121	15,2	159	13,7	131	14,3	0,05	118	13,9	140	14,2	0,05
Fortepian Piano	59	147	14,9	119	15,1	159	14,1	123	15,1	0,05	104	14,2	132	13,9	0,05
Flet Flute	31	141	13,9	123	14,2	165	14,6	143	13,8	nieistotne	121	14,1	143	13,7	0,05
Klarnet Clarinet	27	139	14,2	118	13,8	163	13,9	140	13,7	not significant	119	13,6	140	14,4	0,05
Obój Oboe	21	142	13,9	123	14,3	165	14,2	139	13,6	not significant	120	13,8	142	14,3	0,05
Fagot Bassoon	19	138	13,2	118	13,5	162	13,9	141	13,1	not significant	122	12,9	141	15,1	0,05
Trąbka Trumpet	25	144	12,7	120	13,1	163	13,8	142	13,3	not significant	121	12,7	139	14,1	0,05
Waltornia French horn	21	149	13,4	117	14,1	166	14,2	145	12,9	not significant	123	12,6	159	14,4	0,05
Puzon Trombone	19	147	13,8	124	14,4	162	13,8	143	13,5	not significant	122	12,9	156	14,1	0,05

Objaśnienia jak w tabeli 1.  
 Abbreviations explained in Table 1.

**Tabela 5.** Średnie wskaźniki zmęczenia statycznego (różnica w Newtonach S max) mięśnia zginacza, prostownika długiego palców oraz mięśnia naramiennego przed i po wykonawstwie muzycznym  
**Table 5.** Average indices of static fatigue (difference in Newton S max) of the flexor, long extensor of the fingers and the deltoid muscle before and after musical performance

Rodzaj instrumentu Type of instrument	N No.	Przed wykonawstwem Before performance						Po wykonawstwie After performance							
		zginacz Flexor		prostownik Long extensor of the finger		mięsień naramienny Deltoid muscle		zginacz Flexor		prostownik Long extensor of the finger		mięsień naramienny Deltoid muscle			
		x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	p	
Skrzypce Violin	56	42	8,7	48	9,1	31	7,9	40	8,9	49	8,7	56	9,2	nieistotne not significant	0,05
Altówka Viola	28	39	9,1	41	8,6	38	6,7	43	9,4	44	9,2	59	10,1	nieistotne not significant	0,05
Wiolonczela Cello	35	48	8,4	45	8,3	34	8,1	89	8,7	91	8,6	61	9,3	nieistotne not significant	0,05
Kontrabas Double bass	27	51	9,5	54	9,1	35	6,4	95	8,6	98	9,1	58	10,9	0,05	0,05
Fortepian Piano	59	49	8,7	51	9,3	32	7,5	84	9,1	88	9,4	63	11,1	0,05	0,05
Flet Flute	31	42	8,5	44	8,9	36	6,2	39	7,3	46	9,1	62	10,5	nieistotne not significant	0,05
Klarnet Clarinet	27	41	9,2	46	9,2	34	7,6	38	7,6	43	8,7	38	6,9	nieistotne not significant	nieistotne not significant
Obój Oboe	21	45	8,6	44	8,7	35	6,7	41	8,1	47	8,9	34	7,4	nieistotne not significant	nieistotne not significant
Fagot Bassoon	19	40	8,9	42	8,6	39	6,9	45	7,4	43	9,1	52	10,5	nieistotne not significant	0,05
Trąbka Trumpet	25	47	9,1	43	8,1	37	7,6	49	8,2	41	8,8	59	11,1	nieistotne not significant	0,05
Waltornia French horn	21	45	8,7	39	9,1	34	7,9	43	7,7	42	9,2	53	9,8	nieistotne not significant	0,05
Puzon Trombone	19	48	9,2	41	8,2	32	6,4	46	8,3	44	8,7	59	10,4	nieistotne not significant	0,05

Objaśnienia jak w tabeli 1.  
 Abbreviations explained in Table 1.

**Tabela 6.** Średnie wartości obciążeń kręgosłupa szyjnego i lędźwiowego podczas gry na poszczególnych instrumentach muzycznych  
**Table 6.** Average values of load of the cervical and lumbar spine while playing particular musical instruments

Rodzaj instrumentu Type of instrument	N No.	Kręgosłup Spine							
		szyjny Cervical				lędźwiowy Lumbar			
		Fm		Rw		Fm		Rw	
		x	SD	x	SD	x	SD	x	SD
Skrzypce Violin	56	112	26,7	109	24,5	460	96,3	290	65,3
Altówka Viola	28	114	25,1	107	21,9	468	87,4	285	60,5
Wiolonczela Cello	35	212	65,4	185	60,7	186	69,5	170	49,4
Kontrabas Doublebass	27	253	68,9	235	61,3	438	89,6	296	52,5
Fortepian Piano	59	311	59,7	275	58,5	523	97,5	395	69,9
Flet Flute	31	109	21,3	104	21,9	453	91,2	284	58,3
Klarnet Clarinet	27	111	22,8	108	20,7	195	32,4	187	39,4
Obój Oboe	21	113	21,4	109	21,1	184	40,5	173	41,2
Fagot Bassoon	19	156	33,2	141	34,5	176	38,9	165	29,3
Trąbka Trumpet	25	114	23,9	108	22,8	378	59,7	256	63,9
Waltornia French horn	21	119	22,7	110	21,3	169	31,8	164	27,3
Puzon Trombone	19	117	23,3	111	22,7	425	92,5	293	43,9

x – średnia.  
mean.

SD – standardowe odchylenie.  
standard deviation.

Fm – siła mięśni barku (w %).  
shoulder muscle force (in %).

Rw – siła reakcji więzadeł w połączeniu międzykręgowym (w %).  
ligament reactive force in intervertebral joints (in %).

(tab. 6). Wartości obciążeń kręgosłupa lędźwiowego były największe w grupach: skrzypków, altowiolistów, kontrabasistów, pianistów, flecistów, trębaczy i puzonistów.

## OMÓWIENIE

Stwierdzone dość wysokie wartości kąta odwiedzenia w stawie barkowym, szczególnie nasilone u wiolonczelistów, kontrabasistów, pianistów i flecistów, sugerują znaczne obciążenia w stawie barkowym, który większość pracy jest zmuszony wykonywać w warunkach odwiedzenia, i świadczą o przewadze komponenty pracy statycznej mięśni. Jak wiadomo, praca ta jest ze wszech miar niekorzystna, powoduje bowiem występowanie stałej dysproporcji pomiędzy zapotrzebowaniem mięśni na tlen a jego dostarczaniem, co w konsekwencji może prowadzić do czynnościowych dysfunkcji, opóźniających zdolność i efektywność gry.

Obiektywne wykazanie wartości pracy (w kJ) poszczególnych członów biomechanizmu podczas gry na

instrumencie pozwala na szacunkowe porównanie podobnych wartości pracy, przejawiających się w innych czynnościach zawodowych i w życiu codziennym. Umożliwia to wyciągnięcie wniosku, iż wartość pracy wykonywanej podczas gry na instrumencie muzycznym odpowiada innym czynnościom zawodowym, zaliczanym wg fizjologów do tzw. pracy średniociężkiej.

Oczywiście należy uwzględnić fakt, iż ta sama praca wykonywana przez dwóch różnych ludzi może angażować u nich grupy mięśniowe z różną liczbą włókien mięśniowych w poszczególnych mięśniach. Jest to związane z ekonomią ruchu, co zależy z kolei od zborności ruchów, wynikającej z prawidłowej koordynacji mięśni. Biorąc jednak pod uwagę to, że badana praca jest wynikiem określonych stereotypów dynamicznych u wyszkolonych w czynnościach zawodowych muzyków, można przyjąć, iż powyższe wyniki reprezentują rzeczywisty poziom obciążeń. Częściowym potwierdzeniem tego faktu jest wzrost wskaźników zmęczenia statycznego mięśni najbardziej narażonych



na obciążenia statyczne w czynnościowym narządzie wykonawczym.

Odrębny problem stanowi przeprowadzona analiza statyki ciała, która wykazała znaczne obciążenia struktury kręgosłupa w trakcie ekspozycji zawodowej u muzyków. Należy zwrócić uwagę na to, że w niektórych specjalnościach muzycznych obciążenia kręgosłupa są cztero- i pięciokrotnie większe niż u człowieka w pozycji stojącej. Kręgosłup w trakcie czynności zawodowych jest poddawany różnego rodzaju obciążeniom, które, ze względu na specyficzny układ biomechanizmu, doprowadzają do nacisku na struktury międzykręgosłupowe. Niejednokrotnie, szczególnie w trakcie długotrwałych, wymuszonych, niefizjologicznych pozycji, siły nacisku działające na te struktury przekraczają ich fizjologiczną wytrzymałość.

Badania powyższe dowiodły, iż pozycja podczas gry na instrumencie jest często wymuszona i niefizjologiczna, a więc stwarza duże prawdopodobieństwo występowania przeciążeń w kręgosłupie szyjnym i lędźwiowym.

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania dowodzą, iż gra na instrumencie stwarza określone obciążenia narządu ruchu, zarówno w zakresie jego statyki, jak i dynamiki. Wielkość ich jest uzależniona od różnego rodzaju specjalności muzycznych, jednakże prawie w każdej czynności zawodowej instrumentalistów obciążenia te w mniejszym lub większym stopniu występują.

Wysokie wartości kąta odwiedzenia w stawie barkowym, powodujące przeciążenie mięśni obręczy kończyny górnej, w konsekwencji może przyczynić się do powstania tzw. zespołu zamrożonego barku.

Przeciążenie mięśni przedramienia, stawu łokciowego, przy braku właściwego treningu może stać się przyczyną powstania zespołu łokcia golfisty.

Przeciążenie mięśni zginaczy długich palców prowadzi do ograniczenia ruchów zginania w obrębie stawów międzypalczkowych, zwłaszcza dalszych, oraz do ograniczeń ruchów precyzyjnych. Natomiast przeciążenie mięśni prostowników długich palców powoduje ograniczenie lub uniemożliwienie oddzielnego prostowania poszczególnych palców i w ogóle ograniczenie ruchów wyprostnych palców.

Nadmierne przeciążenie kręgosłupa szyjnego i lędźwiowego w warunkach wymuszonej pozycji, wystę-

pujące u muzyków, powoduje zwiększone zużywanie się powierzchni stawowych, w konsekwencji powstanie zmian zwyrodnieniowo-wytwórczych typu osteofity, zrosty kostne. To z kolei wiedzie do powstania silnych zespołów bólowych powstałych na skutek zaistnienia procesu zapalnego w obrębie toczących się zmian lub w wyniku ucisku na przebiegające w okolicy kręgow nerwy.

W związku ze stwierdzeniem powyższych faktów konieczne jest zastosowanie odpowiedniej profilaktyki. Jest kilka możliwości, które należałoby wdrożyć już w okresie nauki zawodu. Przede wszystkim podczas zajęć muzycznych stosowanie częstych przerw na ćwiczenia relaksacyjne dla przeciążonych grup mięśniowych. Podczas nauki stosowanie odciążających pozycji dla kręgosłupa lędźwiowego, np. poprzez zastosowanie krzesła – kłęcznika oraz szyjnego – np. poprzez zastosowanie krzesła typu kubełkowego z wybrzuszeniem na odcinek lędźwiowy i podparciem dla odcinka szyjnego (podobnym jak w fotelu stomatologicznym). W trakcie nauki zawodu, zaplanowanie ćwiczeń ruchowych (np. dodatkowe lekcje wf) mających na celu wzmocnienie mięśni posturalnych, zwłaszcza mięśni tułowia, z intensywnością podobną, jak w przypadku dzieci ze skoliozami (profilaktyka skoliozy tzw. funkcjonalnej), stabilizując tym samym kręgosłup.

W trakcie nauki stosowanie przerw regeneracyjnych, podobnie jak w treningu sportowców, podczas których, można by zastosować zabiegi z zakresu odnowy biologicznej ze szczególnym uwzględnieniem przeciążonych partii ciała oraz ogólnoustrojowo.

## PIŚMIENNICTWO

1. Chamagne P.: Functional dystonia in musicians: rehabilitation. *Hand. Clin.*, 2003;19(2):309–316
2. Fidelus K.: Biomechaniczna analiza postawy. *Wych. Fizycz. Sport*, 1991;2:155–156
3. Grochmal S.: Neuropatologiczne mechanizmy w powstawaniu wad postawy. *Kult. Fiz.*, 1985;1–2:24–26
4. Krapac L.: The most common overuse injury syndromes of the upper extremity associated with work activity. *Arh. Hig. Rada Toksicol.*, 2001;52(4):415–420
5. Parry C.B.: Prevention of musicians' hand problems. *Hand. Clin.*, 2003;19(2):317–324
6. Siemon B., Borisch N.: Problems of the musculoskeletal system in amateur orchestra musicians under special consideration of the hand and wrist. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.*, 2002;34(2):89–94
7. Van Reth V., Chamagne P., Cazalis P., Valleteau de Moulliac M.: Hand disorders in pianists. *Rev. Med. Interne*, 1992;13(3):192–194