

## Body posture in female wrestlers before and after specialized physical training

Postura corporea nelle lottatrici prima  
e dopo l'allenamento fisico specializzato

M. SOKOŁOWSKI<sup>1</sup>, A. KAISER<sup>2</sup>, M. MROZKOWIAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of the Methodology of Physical Education, University School of Physical Education,  
Poznań, Poland

<sup>2</sup>Department of Tourism and Recreation, School of Banking, Poznań, Poland

<sup>3</sup>Department of Physiotherapy, Szczecin Higher School Collegium, Balticum, Poland

### SUMMARY

*Aim.* This study discusses the changes in the parameters of body posture caused by a 90-minute physical training aimed at mastering wrestling techniques.

*Method.* The examinations were carried out in July 2011 among the 30 female members of The Polish National Wrestling Team (mean  $\pm$  SD, age: 16.8 $\pm$ 1.21 years; body height: 163 $\pm$ 5.77 cm; body mass: 54.1 $\pm$ 9.28 kg). The research method consisted in carrying out measurements of the 29 parameters describing pelvis and physiological spinal curvatures in the sagittal, frontal and transverse planes before and after physical training using Posturometer M method.

*Results.* After physical effort the length and height of thoracic kyphosis and lumbar lordosis increased very significantly, with the medium statistical deepening of the lumbar lordotic angle. The verticality of the body improved considerably because of a very significant reduction in the angle of extension and some not very significant changes in the angle of trunk bend. Due to these changes the total spine length increased significantly. In the female wrestlers with their pelvis rotated to the right in the transverse plane the rotation increased, whereas in those with left-rotated pelvis, the rotation was reduced.

*Conclusion.* The most substantial training-induced changes in the body posture of the female wrestlers can be observed in the sagittal plane. Smaller changes occurred in the transverse plane, while the smallest effect was observed in the frontal plane. Preventing back pain syndrome or postural defects should become a routine in the supplementary physical training. Initial part of basic training should contain exercises that build up the strength of postural muscles, whereas its final part should focus on relaxation and stretching.

KEY WORDS: Posture - Spine - Pelvis - Kyphosis - Wrestling.

### RIASSUNTO

*Obiettivo.* Questo studio illustra i cambiamenti dei parametri della postura corporea causati da un allenamento fisico di 90 minuti mirato ad approfondire le tecniche di lotta.

*Metodo.* Gli esami sono stati effettuati nel luglio 2011 e hanno coinvolto 30 atlete della squadra nazionale polacca di lotta (media  $\pm$  DS, età: 16,8 $\pm$ 1,21 anni; altezza: 163 $\pm$ 5,77 cm; massa corporea: 54,1 $\pm$ 9,28 kg). Il metodo di ricerca consisteva nell'esecuzione di misurazioni dei 29 parametri che descrivono la pelvi e le curvature fisiologiche della colonna vertebrale nei piani sagittale, frontale e trasverso prima e dopo l'allenamento fisico utilizzando un Posturometro M.

*Risultati.* Dopo lo sforzo fisico la lunghezza e l'altezza della cifosi toracica e della lordosi lombare sono aumentate in modo molto significativo, con approfondimento statistico medio dell'angolo di lordosi lombare. La verticalità corporea è migliorata notevolmente a causa di una riduzione molto significativa dell'angolo di estensione e di alcune modifiche non molto significative dell'angolo di piegamento del tronco. A causa di questi cambiamenti, la lunghezza totale della

*colonna vertebrale è aumentata notevolmente. Nelle lottatrici con la pelvi ruotata verso destra nel piano trasverso, la rotazione aumentava, mentre in quelle con la pelvi ruotata verso sinistra, la rotazione era ridotta.*

*Conclusioni. Le variazioni più significative, indotte dall'allenamento, nella postura corporea delle lottatrici si possono osservare nel piano sagittale. Si sono verificate piccole variazioni nel piano trasverso, mentre l'effetto minore è stato osservato nel piano frontale. La prevenzione della sindrome di dolore lombare o di difetti posturali deve diventare routine nell'allenamento fisico complementare. La parte iniziale dell'allenamento di base deve contenere esercizi che rafforzino i muscoli posturali, mentre la parte finale deve concentrarsi sul rilassamento e lo stretching.*

PAROLE CHIAVE: Postura - Colonna - Pelvi - Cifosi - Lotta.

Faulty body posture and defective spinal functions that result in a severe back pain pose serious clinical and social problems in highly developed countries.<sup>1-3</sup> Back pain is, on the one hand, the effect of a limited level of daily physical activities. On the other hand, spinal conditions result from low back strain, adopting certain disadvantageous positions during physical exercise, making asymmetrical movements, as well as from the accumulation of micro-injuries or too intense sports training.

The present study argues that the specialized physical training in the group of young female wrestlers has positive effects on their body posture, such as the prevention of postural problems or back pain syndrome. Multiple studies have successfully examined the question of the effectiveness of the system of postural control and body posture.<sup>4-14</sup> However, empirical data concerning the effects of a sports training on the shape of the vertebral column is equivocal. Human body functions most effectively if all its parts are, in biomechanical terms, adequately related to one another. If at least one bodily segment is out of linearity, upper and lower segments will tend to compensate.<sup>15, 16</sup> Special diagnostic schemes should, therefore, be implemented in order to ensure equilibrium in the physical development of an athlete and to prevent the negative effects of unilateral specialization. With respect to the facts above, this study aims to assess the effect of a 90-minute physical exercise oriented towards the improvement of a wrestling technique on the posture in young female wrestlers.

## Materials and methods

### *Characterization of the research sample*

The research study was carried out in The Wrestling Training Centre in Poznań, Poland, during a sports camp. Physical examinations included 30 female representatives of the Polish

*Una postura corporea errata e funzioni spinali difettose che provocano un forte dolore lombare pongono seri problemi clinici e sociali nei paesi altamente sviluppati<sup>1-3</sup>. Il dolore lombare è, da una parte, l'effetto del livello limitato di attività fisica quotidiana. D'altra parte, le patologie spinali derivano dallo sforzo della parte inferiore della schiena, dovuto all'adozione di posizioni errate durante l'esercizio fisico, a movimenti asimmetrici, oltre che all'accumulo di micro-lesioni o all'allenamento sportivo troppo intenso.*

*Il presente studio sostiene che l'allenamento fisico specializzato nel gruppo di giovani lottatrici abbia effetti positivi sulla loro postura corporea, quali la prevenzione di problemi posturali o di sindromi di dolore lombare. Diversi studi hanno esaminato con successo la tematica dell'efficacia del sistema di controllo posturale e della postura corporea<sup>4-14</sup>. Tuttavia, i dati empirici riguardanti gli effetti di un allenamento sportivo sulla forma della colonna vertebrale sono ambigui. Il corpo umano funziona più efficacemente se tutte le sue parti, in termini biomeccanici, sono adeguatamente connesse una all'altra. Se almeno un segmento corporeo è fuori linearità, i segmenti superiori e inferiori tendono a compensare<sup>15, 16</sup>. Pertanto è opportuno implementare schemi diagnostici speciali per garantire l'equilibrio dello sviluppo fisico di un atleta e prevenire gli effetti negativi della specializzazione unilaterale. Per quanto riguarda i fatti di cui sopra, questo studio mira a valutare l'effetto di un esercizio fisico di 90 minuti, orientato al miglioramento della tecnica di lotta, sulla postura delle lottatrici giovani.*

## Materials e metodi

### *Caratterizzazione del campione di ricerca*

*Lo studio di ricerca è stato effettuato presso il Centro di Allenamento alla Lotta a Poznań, in Polonia, durante un campo sportivo. Gli esami fisici inclusi hanno compreso 30 atlete della squadra nazionale polacca di lotta, di età compresa tra i 15 e i 20 anni, che rappresentano l'86% dei mem-*

TABLE I.—Sample group.

TABELLA I. — *Gruppo esaminato.*

N.	Date of birth (age)	Body mass (kg)	Body height (cm)	Age category*	Weight class*	Training experience (years)
1	1996 (15)	39	153	Youngling	5 (40kg)	5
2	1996 (15)	44	155	Youngling	6 (44kg)	4
3	1996 (15)	54	165	Youngling	9 (57kg)	4
4	1996 (15)	43	158	Youngling	6 (44kg)	7
5	1995 (16)	51	160	Cadet	6 (52kg)	4
6	1995 (16)	39	161	Cadet	2 (40kg)	4
7	1995 (16)	60	160	Cadet	8 (60kg)	3
8	1995 (16)	48	155	Cadet	5 (49kg)	7
9	1995 (16)	70	163	Cadet	10 (70kg)	8
10	1995 (16)	46	158	Cadet	4 (46kg)	5
11	1995 (16)	56	167	Cadet	7 (56kg)	4
12	1995 (16)	57	165	Cadet	8 (60kg)	4
13	1994 (17)	45	160	Cadet	4 (46kg)	6
14	1994 (17)	52	156	Cadet	7 (56kg)	7
15	1994 (17)	61	165	Cadet	9 (65kg)	3
16	1994 (17)	53	170	Cadet	7 (56kg)	6
17	1994 (17)	68	166	Cadet	10 (70kg)	6
18	1994 (17)	60	167	Cadet	8 (60kg)	5
19	1994 (17)	64	169	Cadet	9 (65kg)	3
20	1994 (17)	53	165	Cadet	7 (56kg)	6
21	1994 (17)	67	170	Cadet	10 (70kg)	2
22	1994 (17)	40	160	Cadet	2 (40kg)	4
23	1994 (17)	67	165	Cadet	10 (70kg)	8
24	1994 (17)	49	160	Cadet	5 (49kg)	7
25	1993 (18)	72	180	Junior	8 (72kg)	6
26	1992 (19)	52	168	Junior	4 (55kg)	6
27	1993 (18)	58	158	Junior	5 (59kg)	3
28	1993 (18)	48	158	Junior	2 (48kg)	5
29	1992 (19)	52	168	Junior	4 (55kg)	6
Mean values ( $\pm$ SD)	16.8 $\pm$ 1.21	54.1 $\pm$ 9.28	163 $\pm$ 5.77	-	-	5.2 $\pm$ 1.62

\* FILA – International Wrestling Regulations (Corsie-sur-Vevey (SUI) – February 2010.

National Wrestling Team, aged 15 to 20 years, which accounts for 86% of the national team members in this age category. The average body mass in the examined group amounted to 54 kg, with an average height of 163 cm and average training experience of 5 years (Table I). The wrestlers were in their transition period that began after the last wrestling competition, the transition period included two mesocycles: a period of active rest and the period of preparation for training. The first mesocycle included various forms of exercises, which were different in nature from a professional wrestling fight, they were often in the form of play and were characterized by a low intensity of physical effort. In order to heal and prevent injuries biological regeneration treatment was introduced, which involved recreational activities at the swimming pool as well as carrying

*bri della squadra nazionale in questa categoria di età. La massa corporea media nel gruppo esaminato era di 54 kg, con un'altezza media di 163 cm e un'esperienza di allenamento media di 5 anni (Tabella I). Le lottatrici erano nel periodo di transizione, iniziato dopo l'ultima gara; il periodo di transizione includeva due mesocicli: un periodo di riposo attivo e il periodo di preparazione per l'allenamento. Il primo mesociclo comprendeva varie forme di esercizi, di natura diversa dalla lotta professionistica, spesso sotto forma di gioco e caratterizzati da uno sforzo fisico di bassa intensità. Per poter guarire e prevenire lesioni è stato introdotto un trattamento di rigenerazione biologica, che implicava attività ricreative in piscina, nonché l'effettuazione di esami medici periodici. Al termine del mesociclo le lottatrici sono state preparate fisicamente e mentalmente per la stagione successiva di lotta. In preparazione per l'al-*

out periodic medical examinations. At the end of the mesocycle the wrestlers were prepared physically and mentally for the next wrestling season. In preparation for the training the wrestlers participated in an increased number of sports activities, the so-called practical subjects, such as team games and overall general fitness activities. At the end of their transition period the female wrestlers took part in the specialized wrestling training. This study was carried out in the last days of training. Parental and guardian consent had been obtained before testing team members under 18. The authors were given informed consent and approval by Ethics Committee to carry out their research. The Bioethics Committee of Poznań University of Medical Sciences granted permission to use their research findings in the present study within the project "Characteristics of body posture in people with varied physical activity levels (sportspeople, children, teenagers, adults)", according to Resolution No. 525/11.

#### Procedures

In their research objective the authors were guided by the need to provide the most reliable and full spatial representation of the body posture in wrestlers. The fundamental objective of the study was to assess body posture as a relatively constant individual characteristic of a human being. The most essential element of this method consisted in a simultaneous measurement of all actual values of a spatial arrangement of individual bodily sections. The final outcome of the research was based on the 29 selected parameters describing the body posture in the sagittal, frontal and transverse planes in the area of pelvis and physiological spinal curvatures. The measurements of individual parametric values were made before and after a 90-minute physical training designed to improve wrestlers' speed and fighting technique (Table II).

In order to measure the selected parametric values, a stand for computer-aided assessment of body posture (Posturometer M) was used. The measurement stand was composed of a computer, a card, dedicated software, a printer and projector-receiver equipment with a camera for the measurement of the selected parameters in the pelvis-vertebral column system. Spatial graphic representation is obtained through displaying a line with specific parameters on the back of an examined person. The lines which

*lenamento, le lottatrici hanno partecipato a un maggior numero di attività sportive, le cosiddette materie pratiche, come giochi di squadra e attività complessive di fitness generale. Al termine del periodo di transizione, le lottatrici hanno partecipato all'allenamento specialistico per la lotta. Questo studio è stato effettuato negli ultimi giorni di allenamento. Il consenso di genitori e tutori era stato ottenuto prima di esaminare i membri della squadra di età inferiore ai 18 anni. Gli autori hanno ricevuto il consenso informato e l'approvazione del comitato etico per effettuare le loro ricerche. Il Comitato di Bioetica dell'Università di Scienze Mediche di Poznań ha concesso l'autorizzazione a utilizzare i risultati della ricerca nel presente studio all'interno del progetto "Caratteristiche della postura corporea in soggetti con diversi livelli di attività fisica (sportivi, bambini, adolescenti, adulti)", in base alla Risoluzione n. 525/11.*

#### Procedure

*L'obiettivo di ricerca degli autori era guidato dalla necessità di fornire la rappresentazione più affidabile e completa spaziale della postura corporea delle lottatrici. L'obiettivo fondamentale dello studio era valutare la postura corporea come caratteristica individuale relativamente costante di un essere umano. L'elemento fondamentale di questo metodo consisteva in una misurazione simultanea di tutti i valori effettivi della disposizione spaziale delle singole sezioni corporee. Il risultato finale della ricerca era basato sui 29 parametri selezionati, che descrivono la postura corporea nel piano sagittale, frontale e trasverso nella zona del bacino e delle curvature spinali fisiologiche. Le misurazioni dei singoli valori parametrici sono state effettuate prima e dopo un allenamento fisico di 90 minuti volto a migliorare la velocità e la tecnica di combattimento delle lottatrici (Tabella II).*

*Al fine di misurare i valori parametrici selezionati, è stato utilizzato un macchinario computer-assistito (Posturometro M) per la valutazione della postura corporea. Il macchinario di misurazione era composto da un computer, una scheda, software dedicato, una stampante e un'apparecchiatura proiettore-ricevitore con una telecamera per la misurazione dei parametri selezionati nel sistema colonna vertebrale-pelvi. La rappresentazione grafica spaziale si ottiene attraverso la visualizzazione di una linea con parametri specifici sulla schiena del soggetto esaminato. Le linee visualizzate sulla schiena sono distorte, a seconda della configurazione della superficie. L'uso della telecamera permette di ricevere l'immagine di un*

TABLE II.—Parameters measured for pelvis-vertebral column system.  
 TABELLA II. — *Parametri misurati per pelvi- sistema della colonna vertebrale.*

N.	Symbol	Parameters		
		Unit	Name	Details
Sagittal plane				
1	Alpha	degree	Inclination of lumbopelvic region	
2	Beta	degree	Inclination of thoracolumbar region	
3	Gamma	degree	Inclination of upper thoracic region	
4	Delta	degree	Total of angular values	Delta = Alpha + Beta + Gamma
5	DCK	mm	Total length of the spine	Distance between C7 and S1, measured in vertical axis
6	KPT	degree	Angle of extension	Defined as a deviation of C7-S1 line from vertical position (backwards)
7	KPT -	degree	Angle of body bent	Defined as a deviation of C7-S1 line from vertical position (forwards)
8	DKP	mm	thoracic kyphosis length	Distance between points C7 and PL
9	KKP	degree	Angle of thoracic kyphosis	KKP = 180 - (Beta+Gamma)
10	RKP	mm	Thoracic kyphosis height	Distance between points C7 and PL
11	GKP	mm	Thoracic kyphosis depth	Distance measured horizontally between the vertical lines passing through the points PL and KP
12	DLL	mm	Lumbar lordosis length	Distance between point KP and S1
13	KLL	degree	Angle of lumbar lordosis	KLL = 180 - (Alpha + Beta)
14	RLl	mm	Lumbar lordosis height	Distance between point PL and S1
15	GLL -	mm	Lumbar lordosis depth	Distance measured horizontally between the vertical lines passing through the points PL and LL
Frontal plane				
16	KNT -	degree	Angle of body bent to the side	Defined as a deviation of C7 - S1 line from vertical position to the left
17	KNT	degree		Defined as a deviation of C7 - S1 line from vertical position to the right
18	LBW -	mm	Right shoulder up	Distance measured vertically between horizontal lines passing through points B2 and B4
19	LBW	mm	Left shoulder up	
20	LEW	mm	Left scapula up	Distance measured vertically between horizontal lines passing through points L1 and Lp
21	LEW -	mm	Right scapula up	
22	OL	mm	Lower angle of left scapula more distant	Difference of the distance of lower angles of scapulas from the line of spinous processes measured horizontally along the lines passing through points L1 and Lp
23	OL -	mm	Lower angle of right scapula more distant	
24	KNM	degree	Pelvis tilt, right ilium up	Angle between horizontal line and the straight line passing through the points M1 and Mp
25	KNM -	degree	Pelvis tilt, left ilium up	
26	UK	mm	Max. inclination of 1 spinous process to the right	Maximal deviation of spinous process from the line from S1. Distance measured in horizontal line.
27	UK -	mm	Max. inclination of 1 spinous process to the left	
Transverse plane				
28	KSM	degree	Pelvis rotated to the right	Angle between the line passing through M1, perpendicular to the camera axis, and the straight line passing through M1 and MP. Pelvis rotated to the right.
29	KSM -	degree	Pelvis rotated to the left	Angle between the line passing through Mp, perpendicular to the camera axis, and the straight line passing through M1 and MP. Pelvis rotated to the left.

are displayed on the back are distorted, depending on a surface configuration. The use of the camera allows to receive the picture of a subject through the optical system and then to transfer it onto the computer screen. Line distortions,

*soggetto attraverso il sistema ottico e poi di trasferirla sullo schermo del computer. Le distorsioni di linea, che sono memorizzate nella memoria del computer, vengono elaborate mediante un algoritmo numerico in mappe di contorno della su-*

which are stored in the computer memory, are processed by a numerical algorithm into contour maps of the measured surface. The picture of the surface of the back allows for a comprehensive interpretation of the body posture. Apart from the assessment of a trunk asymmetry in the frontal plane, the method also allows for determining spatial angular and linear parameters, which describe the pelvis, physiological curvatures, and frontal asymmetry of the spinous processes in the vertebral column, i.e. distances of deviation of a spinous process of a vertebra from line C7-S1. The results obtained in the form of the spatial graphic representation allow for a quantitative description of the measured parameters. Linear values are determined by the distances between selected anthropometric points on the back of the examined person. Angular values are determined by the differences in their position in relation to the level and distance from the camera. A relatively short time is needed to register the subject's profile, which helps avoid the exertion of postural muscles, as is often the case with somatoscopic methods.<sup>17</sup>

#### Statistical analyses

Statistical analysis was used to establish how physical training influences the changes in parametric values – for this purpose standard deviation, minimal, maximal and mean values were set. Student's *t* test for paired sample was employed to assess the relevance of the parametric changes ( $P < 0.05$ ).

### Results

The final estimate parametric values were obtained on the basis of statistical mean, minimal and maximal values, standard deviations and the statistical significance of the differences. The average parametric values were grouped according to the following pattern: class 1 – the results obtained before performing physical exercise, class 2 – the results obtained after performing physical exercise (Table III).

A very significant increase in the length (DKP) and height (RKP) of thoracic kyphosis and lumbar lordosis (DLL, RLL) was observed. The examinations also showed that the angle of lumbar lordosis (KLL) deepened quite significantly. It could also be seen that the depth of lumbar lordosis (GLL) and the angle of thoracic kyphosis (KKP) non-significantly shallowed. There was a small increase in an inclination an-

*perficie misurata. L'immagine della superficie della schiena consente una completa interpretazione della postura corporea. A parte la valutazione di un'asimmetria del tronco sul piano frontale, il metodo consente inoltre di determinare parametri spaziali angolari e lineari, che descrivono la pelvi, le curvature fisiologiche e l'asimmetria frontale dei processi spinosi della colonna vertebrale, cioè le distanze della deviazione di un processo spinoso di una vertebra dalla linea C7-S1. I risultati ottenuti sotto forma di rappresentazione grafica spaziale consentono una descrizione quantitativa dei parametri misurati. I valori lineari sono determinati dalle distanze tra i punti antropometrici selezionati sulla schiena del soggetto esaminato. I valori angolari sono determinati dalle differenze nella posizione in relazione al livello e alla distanza dalla telecamera. È necessario un periodo relativamente breve per registrare il profilo del soggetto, e ciò aiuta a evitare lo sforzo dei muscoli posturali, come è spesso il caso con i metodi somatoscopic<sup>17</sup>.*

#### Analisi statistica

*L'analisi statistica è stata utilizzata per stabilire in che modo l'allenamento fisico influenzi i cambiamenti dei valori parametrici – a questo scopo sono stati impostati deviazione standard, valore minimo, massimo e medio. Il test *t* di Student per campione accoppiato è stato impiegato per valutare la rilevanza dei cambiamenti parametrici ( $P < 0,05$ ).*

### Risultati

*I valori parametrici stimati finali sono stati ottenuti sulla base dei valori statistici medi, minimi e massimi, deviazioni standard e significatività statistica delle differenze. I valori medi parametrici sono stati raggruppati secondo il seguente modello: classe 1 – i risultati ottenuti prima di eseguire l'esercizio fisico, classe 2 – i risultati ottenuti dopo l'esecuzione di esercizi fisici (Tabella III).*

*È stato osservato un aumento molto significativo nella lunghezza (DKP) e altezza (RKP) di cifosi toracica e lordosi lombare (DLL, RLL). Gli esami hanno mostrato inoltre un approfondimento alquanto significativo dell'angolo di lordosi lombare (KLL). Si è potuto inoltre osservare che la profondità della lordosi lombare (GLL) e l'angolo della cifosi toracica (KKP) non si abbassavano significativamente. C'è stato un piccolo aumento dell'angolo di inclinazione della sezione lombosacrale (Alfa), insieme a un aumento della somma degli angoli parziali (Delta) della colonna verte-*

TABLE III.—Significance of differences in selected parameters which spatially describe habitual body posture in female wrestlers before and after training.

TABELLA III. — *Significatività delle differenze tra i parametri selezionati che descrivono la postura abituale delle lottatrici prima e dopo l'allenamento.*

N.	Symbol	Habitual posture								Significance of differences
		Class 1				Class 2				
		min	max	$\bar{x}$	SD	min	max	$\bar{x}$	SD	
1	Alpha	1	18	8.53	4.08	1	20	10.4	4.41	**
2	Beta	8	18	11.23	2.33	6	17	11.43	2.4	
3	Gamma	4	19	9.47	3.03	6	14	9.93	2.24	
4	Delta	16	41	28.63	6.45	19	42	81.87	6.03	**
5	DCK	4.55	641	533.13	37.96	540	672	592.93	33.99	***
6	KPT	180	189	183.23	1.96	179	185	181.9	1.56	***
7	KPT-	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	DKP	393	543	464.83	33.49	441	574	511.97	34.13	***
9	KKP	150	167	159.5	4.05	151	167	158.7	3.56	
10	RKP	241	355	306.97	32.53	272	403	345.5	29.67	***
11	GKP	18	57	29.22	7.88	19	44	33.83	5.97	**
12	DLL	325	482	388.13	37.47	340	506	412.73	37.94	***
13	KLL	147	173	160.7	5.55	148	169	158.13	5.54	**
14	RLL	161	290	226.23	30.41	188	302	247.3	28.7	***
15	GLL-	22	62	37.23	8.81	22	60	39.87	9.65	*
16	KNT-	1	1	1	0	1	1	1	0	
17	KNT	0	1	0.42	0.5	0	1	0.17	0.38	*
18	KLB-	1	10	4.94	2.54	1	10	4.15	3.16	
19	KLB	0	14	4.31	4.68	0	7	3.24	2.61	
20	L-	0	18.8	5.12	7.41	0	15.4	5.88	5.49	
21	L	1.7	25.6	12.54	6.04	1.7	29	11.63	6.64	
22	OL-	0	14.8	5.55	4.18	0	19.8	7.24	5.36	
23	OL	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	KNM	0	10	4.89	2.93	0	9	4	3.1	
25	KNM-	1	18	6.67	4.12	1	13	4.85	3.69	
26	KSM	0	10	3.61	3.24	0	11	5.18	3.54	*
27	KSM-	1	18	6.67	0	1	13	4.85	3.69	*
28	UK	2	2	2	0	2	4	3	1	
29	UK-	1	9	4.18	1.87	2	8	4.22	1.8	

For explanations of symbols see Table II. \*\*\* statistically very significant difference  $P < 0.001$ ; \*\* statistically medium significant difference  $P < 0.01 - 0.001$ ; \* statistically little significant difference  $P < 0.05 - 0.01$ . Empty field: statistically insignificant difference.

gle of the lumbosacral section (Alpha), together with an increase in the sum of the partial angles (Delta) of the spine. Significant improvements were found in the verticality of a body trunk since the angle of extension was reduced to a great extent, yet with little change in trunk bending. Consequently, all these changes contributed to an increase in a total spine length. In wrestlers with their pelvis rotated to the right in the transverse plane, a slight increase in the rotation was observed, whereas in those with pelvis rotated to the left, the rotation was reduced.

A further analysis of the final estimate parameter values was focused on establishing which age category most frequently showed statistically significant changes (Tables IV, V). In the frontal plane, among the female subjects aged 17,

*brale. Miglioramenti significativi sono stati rilevati nella verticalità del tronco, poiché l'angolo di estensione era ridotto in misura notevole, seppure con poca variazione nella flessione. Di conseguenza, tutti questi cambiamenti hanno contribuito a un aumento della lunghezza totale della colonna vertebrale. Nelle lottatrici con il bacino ruotato a destra nel piano trasverso, è stato osservato un lieve aumento della rotazione, mentre in quelle con il bacino ruotato a sinistra, la rotazione era ridotta.*

*Un'ulteriore analisi dei valori dei parametri di valutazione finale è stata incentrata sullo stabilire quale categoria di età mostrasse con maggiore frequenza variazioni statisticamente significative (Tabelle IV, V). Sul piano frontale, tra i soggetti femminili di 17 anni, il caso più frequente era*

TABLE IV.—Significance of changes in selected parameters in frontal and transverse planes for habitual posture before and after training in individual age categories.

TABELLA IV. — *Significatività dei cambiamenti nei parametri selezionati nei piani frontale e trasversale della postura abituale prima e dopo l'allenamento in categorie individuali di età.*

Subject N.	Symbol, parameter number													
	KNT-16	KNT-17	KLB-18	KLB-19	LW-20	LW-21	OL-22	OL-23	KNM-24	KNM-25	UK-26	UK-27	KSM-28	KSM-29
15 years														
9					P			M						
11				P	P									
22					P									
25				M									M	
16 years														
1			M		M		M							M
2								P						
3	P		P		P									P
4					P		P							M
5			P											
16							P							
15													M	
21					P									
17 years														
6				P			M		M					P
7														
8														P
10									P					
14														
17	P				M		P							
19	P												M	
20					P									
23	P													
26		M					M		M					P
27					P								P	
30														
18 years														
13			P						P					
16	P							P						
18				P	P		M							
28					P				P				P	
19 years														
14														
20 years														
29														

For explanations of symbols see Table II. P: statistically significant increase in the value; M: statistically significant decrease. Empty field: statistically insignificant difference.

the most frequent occurrence was the deepening of trunk bend to the right and pelvis tilt to the left; among subjects aged 15, 16, 17 and 18, shoulder and scapula asymmetry was observed. In the transverse plane, subjects aged 16 and 17 most often exhibited scapula and pelvis asymmetry. No significant changes in the parametric

*l'approfondimento della flessione del tronco verso destra e l'inclinazione del bacino verso sinistra; tra i soggetti di 15, 16, 17 e 18 anni è stata osservata asimmetria scapolare. Nel piano trasverso, i soggetti di 16 e 17 anni mostravano più spesso asimmetria di scapola e bacino. Nessun cambiamento significativo nei valori parametrici è stato*



TABLE V.—Significance of changes in selected parameters in sagittal planes for habitual posture before and after training in individual age categories.

TABELLA V. — *Significatività dei cambiamenti nei parametri selezionati nei piani sagittali della postura abituale prima e dopo l'allenamento in categorie individuali di età.*

Compared examinations	Symbol, parameter number														
	Alpha 1	Beta 2	Gamma 3	Delta 4	DCK 5	KPT 6	KPT- 7	DKP 8	KKP 9	RKP 10	GKP 11	DLL 12	KLL 13	RLI 14	GLL- 15
15 years															
9	M	M		M	M	P		M	P	M	M	P	P		
11	M	M	M	M	M			-	P	M	M		P	M	M
22	M	M	M	M	M			M	P	M	M	M	P		M
25	M		M	M	M	P		M	P	M	M	M	P	M	P
16 years															
1	P	P	P	P	M	P		M	M	M	M		M		
2	P	M	M	M	M	M		M	P	M	M	M		M	M
3	M	M	M	M	M	P		M	P	M	M	M	P	M	M
4			M	M	P	P		M	P	M	M			M	
5	M	P		M	M	P		M		M	M		P		
16	M	M		M	M			M	P	M	M	M	P	M	M
15	M	M	M	M	M	M		M	P	M	M	M	P	M	M
21	M		M	M	M	P		M	P	M	M	M	P	M	
17 years															
6	M		M	M	M	P		M	P	M	M	P	P	P	P
7	M	M	M	M	M	P		M	P	M	M	M	P	M	M
8		P	M	M	M	P		M	P	M	M	M	M	M	P
10	P	P	M	P	M			M		M	M	M	M	M	
14	M		M	M	N	P		M	P	M	M		P		
17	M	M		M	M			M	P	M		M	P	M	M
19		M	P	P	M	M		M		M		M	P	M	M
20	M	M	M	M	M	P		M	P	M	M	M	P	M	M
23		M			M	M		M		M		M		M	M
26	M	P	M	M	M	P		M	P	M	M	M		M	
27	M	M		M	M	P		M	P	M	M	M	P	M	M
30						M					P	M	M	M	M
18 years															
13	M	P		M	M	P		M		M			P		M
16	M	M		M	M			M	P	M	M	M	P	M	M
18	M	P	M	M	M	P		M	P	M	M		P		P
28	M	P	M	M		P				M		P		P	
19 years															
24	M	P		M	M	P		M	M	M	M			M	P
20 years															
29	M	M	P	M	P	P		P	M	P	P		P	M	

For explanations of symbols see Table II. P: statistically significant increase in the value; M: statistically significant decrease. Empty field: statistically insignificant difference.

values were found in the frontal and transverse planes for the age category 19 and 20 years. As for the sagittal plane, statistically significant changes in almost all parameters were observed for all ages.

*rilevato nei piani frontale e trasverso per la fascia di età di 19 e 20 anni. Per quanto riguarda il piano sagittale, variazioni statisticamente significative in quasi tutti i parametri sono state osservate per tutte le età.*

## Discussion

Among the population of the female wrestlers included in the study, major training-induced changes in the body posture were observed in the sagittal plane, whereas statistically minor and insignificant changes were found in the frontal and transverse planes. Despite all their efforts, the authors did not find studies of a similar nature in either Polish or foreign publications on the subject. Therefore, this study was based solely on the results of the authors' own examinations carried out in this and other populations of athletes. Endurance exercises did not affect, either to a high or to a medium degree, the selected parametric values of the body posture in the group of wrestlers. The only difference was in the height of the waist triangles and in the bending of the body to the right. Intense physical effort contributed, however, to a slight statistical deepening of body bend angle among the wrestlers with their pelvis rotation to the left in the transverse plane.<sup>18</sup> In the population of judo contestants, for example, exercises of a similar nature contributed to a significant statistical shoulder and pelvis asymmetry in the frontal and transverse planes. Physical exercises quite significantly influenced the total spine length, as well as the length and height of lumbar lordosis. Physical effort also proved to have had some effect on the length of thoracic kyphosis and the body bend angle.<sup>19</sup>

With regard to equivocal effects of physical exercises on the body posture it has to be emphasized that the training of young wrestlers/athletes should be supervised with special attention. It is important to remember that physical training is not all about gaining success in sport, but it is also supposed to ensure optimal health of sportspeople. The strength of muscles and physical endurance should be developed in a stable way – good health has a positive influence on the life of athletes.<sup>20, 21</sup> Physical exercises accompanying the wrestling training, as examined in the present study, contributed to the changes in the positions of bone points and to the reduction of the tension in the chest muscles and the muscles in the lumbar part of the back. Physical effort increased tension in the thoracic section of the back, and in the abdominal muscles and the pelvic girdle; it also shallowed sagittal curvatures of the spine and reduced spinal length. Schemes aimed at preventing injuries during wrestling fight should

## Discussione

*Tra la popolazione delle lottatrici incluse nello studio, i principali cambiamenti indotti dall'allenamento nella postura corporea sono stati osservati nel piano sagittale, mentre i cambiamenti statisticamente minori e insignificanti sono stati rilevati nei piani frontale e trasverso. Nonostante tutti i loro sforzi, gli autori non hanno trovato studi di natura simile nelle pubblicazioni polacche o straniere sul tema. Pertanto, questo studio si è basato esclusivamente sui risultati degli esami degli autori eseguiti in questa e in altre popolazioni di atleti. Gli esercizi di resistenza non hanno influenzato, a livello elevato o medio, i valori parametrici selezionati della postura corporea del gruppo di lottatrici. L'unica differenza era nell'altezza dei triangoli del girovita e nella flessione del corpo a destra. L'intenso sforzo fisico ha contribuito, tuttavia, a un leggero approfondimento statistico dell'angolo di flessione del corpo tra le lottatrici con rotazione del bacino a sinistra nel piano trasverso<sup>18</sup>. Nella popolazione di atleti di judo, per esempio, esercizi di natura simile hanno contribuito a un'asimmetria statisticamente significativa della spalla e del bacino nei piani frontale e trasverso. Gli esercizi fisici hanno influenzato in modo significativo la lunghezza totale della colonna vertebrale, nonché la lunghezza e l'altezza della lordosi lombare. Lo sforzo fisico ha inoltre dimostrato di avere qualche effetto sulla lunghezza della cifosi toracica e dell'angolo di flessione del corpo<sup>19</sup>.*

*Per quanto riguarda gli effetti equivoci degli esercizi fisici sulla postura corporea è opportuno sottolineare che l'allenamento di giovani lottatori/atleti deve essere controllato con particolare attenzione. È importante ricordare che l'allenamento fisico non serve solo a ottenere il successo nello sport, ma è anche rivolto a garantire la salute ottimale degli sportivi. La forza muscolare e la resistenza fisica devono essere sviluppate in modo stabile - la buona salute ha un'influenza positiva sulla vita degli atleti<sup>20, 21</sup>. Gli esercizi fisici che accompagnano l'allenamento di lotta, secondo quanto esaminato nel presente studio, hanno contribuito ai cambiamenti delle posizioni dei punti ossei e alla riduzione della tensione nei muscoli del torace e in quelli della parte lombare della schiena. Lo sforzo fisico aumenta la tensione nella sezione toracica della schiena e nei muscoli addominali e della cintura pelvica; inoltre, ha abbassato le curvature sagittali della colonna vertebrale e ridotto la lunghezza della colonna vertebrale. I programmi che mirano a prevenire gli infortuni durante la lotta devono incorporare, all'inizio e*

incorporate, at the beginning and end of the training (after an appropriately long warm-up), the exercises that correct movement range deficiencies. In order to avoid muscle injuries in both abdominal and back muscle mass, our research team recommends that each training session should include, in its initial part (warm-up), a dynamic stretching in the area of all torso muscles and joints (individually and in pairs), as well as isometric and acrobatic exercises in pairs. Stretching should also be added at the end of a warm-up. The final part of the training session should include stretching exercises, a deep relaxation massage and slow jog trot. Exercises focused on correcting deficiencies in joint motion range should account for ca. One quarter of the duration of a training session.

It is worth noting that the improper wrestling training may affect in a negative way the vertebral column in young females, which might be the cause of potential medical complications during pregnancy, when additional load acts on the vertebral column and hormonal changes affect a configuration of bones and joints in the area of pelvis and the vertebral column. Therefore, trainers are advised to employ at each training session exercises that will prevent back pain or sagittal plane postural problems.

In conclusion, there is a need for taking comprehensive measures that would prevent development of body asymmetry and related health problems among professional athletes, with particular focus on those at developmental age. Similarly to modern physical education, tourism and recreation, physical activity should also take into consideration health-related aspects.<sup>22-24</sup> It is important then to include health-building exercises in the standard sports training in order to protect young athletes' health now and in the future.

### Conclusions

The most significant training-induced changes in body posture in female wrestlers occurred in the sagittal plane. Smaller changes could be observed in the transverse plane and the least significant changes were found in the frontal plane.

The specialized physical training supplementing basic training should focus on preventing back pain and postural problems. Hence,

*alla fine dell'allenamento (dopo un adeguato riscaldamento) esercizi che correggano le carenze di gamma di movimento. Al fine di evitare lesioni della massa muscolare sia addominale, sia lombare, il nostro team di ricerca raccomanda che ogni sessione di allenamento includa, nella parte iniziale (riscaldamento), un allungamento dinamico di tutti i muscoli e delle articolazioni del tronco (individualmente e a coppie), nonché esercizi isometrici e acrobatici a coppie. Inoltre, è opportuno aggiungere lo stretching alla fine del riscaldamento. La parte finale della sessione di allenamento deve includere esercizi di allungamento, un massaggio di rilassamento profondo e una corsa lenta. Gli esercizi focalizzati sulla correzione di carenze della gamma di movimenti articolari devono rappresentare circa un quarto della durata di una sessione di allenamento.*

*Vale la pena notare che un allenamento di lotta inadeguato può influenzare in modo negativo la colonna vertebrale nelle giovani donne, e ciò potrebbe comportare potenziali complicazioni mediche durante la gravidanza, quando il carico aggiuntivo agisce sulla colonna vertebrale e i cambiamenti ormonali possono influire sulla configurazione di ossa e articolazioni della zona del bacino e della colonna vertebrale. Pertanto, si consiglia agli allenatori di impiegare in ogni sessione di allenamento esercizi che prevengano il dolore lombare o problemi posturali sul piano sagittale.*

*In conclusione, è necessario adottare misure complete che prevengano lo sviluppo di asimmetria corporea e relativi problemi di salute tra le atlete professioniste, con particolare attenzione a quelle in età evolutiva. Analogamente all'educazione fisica moderna, al turismo e alla ricreazione, l'attività fisica deve prendere in considerazione anche gli aspetti relativi alla salute<sup>22-24</sup>. È importante quindi includere esercizi salutari nell'allenamento sportivo standard al fine di tutelare la salute dei giovani atleti ora e in futuro.*

### Conclusioni

*I cambiamenti più significativi indotti dall'allenamento nella postura corporea delle lottatrici si sono osservati nel piano sagittale. Si sono riscontrati cambiamenti minori nel piano trasverso e variazioni meno significative sono state rilevate sul piano frontale.*

*L'allenamento fisico specializzato che completa l'allenamento di base deve concentrarsi sulla prevenzione di dolore lombare e problemi posturali. Quindi, la parte iniziale dell'allenamento deve*

the initial part of training should contain exercises which improve the strength of postural muscles, and the final part of training should include elements of relaxation and stretching.

*contenere esercizi che migliorino la resistenza dei muscoli posturali e la parte finale dell'allenamento deve includere elementi di rilassamento e allungamento.*

#### References/Bibliografia

- 1) Burklein D, Lochmuller E. Correlation of thoracic and lumbar vertebral failure loads with in situ vs. ex situ dual energy X-ray absorptiometry. *J Biomech* 2001;34:579-87.
- 2) Panjabi MM, Takata K. Kinematics of lumbar intervertebral foramen. *Spine* 1983;8:348-57.
- 3) Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Bouter L. Ubdatet method guidelines for systematic reviews in the Cochrane collaboration back review group. *Spine* 2003;28:1290-9.
- 4) Barczyk K, Skolimowski T, Hawrylak A, Bieć E. Ukształtowanie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej u osób uprawiających wybrane dyscypliny sportowe [Spinal shape in the sagittal plane in people specializing in particular sports disciplines]. *Medycyna Sportowa [Sports Medicine]* 2005;6:395-400.
- 5) Jankowicz-Szymańska A, Imiołek M. Spine. Mobility and the quality of body posture in 11-year old handball players compared to their peers. *Polish Journal of Sports Medicine* 2008;24:293-303.
- 6) Lennard TA, Crabtree HM. *Spine in Sports*. Philadelphia: Elsevier-Mosby; 2005. p. 33-56, 155-84.
- 7) Maćkowiak Z, Wiernicka M. Body posture in girls aged 13-18 involved in synchronized swimming. *Polish Journal of Sports Medicine* 2010;26:115-22.
- 8) Mikheev M, Mohr C, Afanasjev S, Landis T, Thut G. Motor control and cerebral hemispheric specialization in highly qualified judo wrestlers. *Neuropsychologia [Neuropsychology]* 2002;40:1209-19.
- 9) Perron C, Mur JM, Mainard D, Barault D, Perin PhP. Influence of trauma induced by judo practice on postural control. *Scand J Med Sci Sports* 2000;10:292-7.
- 10) Perrin P, Deviterne D, Hagel F, Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture* 2002;15:187-94.
- 11) Żurek G, Błach W, Ignasiak Z, Migasiewicz J. The assessment of body posture in judoists in light of photogrammetric method and Moire phenomenon. *Polish Journal of Sports Medicine* 2005;21:19-20.
- 12) Mrozkowiak M, Sokołowski M, Kaiser A. Characteristics of habitual posture in female wrestlers from the Polish National Team. *Medicina dello Sport* 2012;65:235-51.
- 13) López-Miñarro PA, Muyor JM, Alacid F. Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers. *Medicina dello Sport* 2010;63:509-19.
- 14) Mrozkowski A, Jaskólski E. The change of pelvis placement at children under influence of aikido training. *Archives of Budo* 2007;321-6.
- 15) Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control. Theory and practical applications*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott/Williams & Wilkins; 2001. p. 67-72.
- 16) Shumway-Cook A, Horak MH. Balance rehabilitation in the neurologic patient: course syllabus. Seattle: Neuroscience Education and Research Associates; 1992. p. 84-92.
- 17) Mrozkowiak M. Uwarunkowania wybranych parametrów postawy ciała oraz ich zmienność w świetle mory projekcyjnej [On predispositions of individual parameters of body posture and how they change in the computerized postural assessment]. *Zielona Góra: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego*; 2010. p. 59-70.
- 18) Mrozkowiak M. Analiza porównawcza zespołu miednica-kręgosłup pod wpływem obciążenia osiowego w płaszczyźnie czołowej i poprzecznej zawodników judo i zapasów [A comparative analysis of the area of pelvis and spine under axial loading in the frontal and transverse planes in judoists and wrestlers]. Szczecin: Uniwersytet Szczeciński, Wydawnictwo Promocyjne "Albatros"; 2004. p. 263-7.
- 19) Mrozkowiak M. Cechy postawy habitualnej zawodnika judo w płaszczyźnie strzałkowej [The characteristics of habitual posture in the sagittal plane in judoists]. In: Zagórski J, Popławska H, Skład M, editors. *Uwarunkowania rozwoju dzieci i młodzieży wiejskiej [Predispositions in children and teenagers from rural regions]*. Lublin: Monografie Instytutu Medycyny Wsi; 2004. p. 445-9.
- 20) American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine and Fitness. Strength training by children and adolescents. *Pediatrics* 2001;107:1470-2.
- 21) National Strength and Conditioning Association. Youth resistance training. Position statement paper and literature review. *Strength Cond J* 1996;18:62-75.
- 22) Kaiser A, Sokołowski M. Elementy promocji zdrowia rodziny w turystyce i rekreacji - podstawy teoretyczne. [Elements of family health promotion in tourism and recreation - theoretical basis]. Poznań: Wielkopolska Wyższa Szkoła Turystyki i Zarządzania w Poznaniu; 2010.
- 23) Pańczyk W. Health-Related values of outdoor physical education. Leading concepts and Transitions in Polish Schools Throughout 20 Years (1986-2006). *Archives of Budo* 2010;6:13-24.
- 24) Sokołowski M, Kaiser A, Czerniak U, Tomczak M, Bręczewski G. Wrestlers' health - biological, behavioral and axiological aspects. *Archives of Budo* 2012;8:37-43.

**Acknowledgments.**—The authors would like to thank the staff of The Wrestling Training Centre in Poznań for their kind and disinterested help with the following project. Thank you all for making your sports venue accessible for research as well as for making it possible to carry out measurements in the rooms specially adapted for this purpose. The authors also extend their gratitude to the authorities of The Polish Wrestling Federation who kindly gave their permission for carrying out research during the assembly of the Polish National Wrestling Team.

**Conflicts of interest.**—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Received on December 6, 2012. - Accepted for publication on November 28, 2013.

Corresponding author: M. Sokołowski, PhD, Department of Methodology of Physical Education University School of Physical Education in Poznań, Królowej Jadwigi St. 27/39, 61-871 Poznań, Poland. E-mail: alicja\_kaiser@poczta.fm