

## Original research papers

---

# THE RELATIONSHIP BETWEEN BIOMECHANICAL INDICATORS OF THE SNATCH TECHNIQUE AND FEMALE WEIGHTLIFTERS' LEVELS

PAULINA SZYSZKA<sup>1</sup>, ANDRZEJ MASTALERZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD studies Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Physical Education

<sup>2</sup>Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Physical Education, Department of Biomechanics

Mailing address: Paulina Szyszka, Józef Piłsudski University of Physical Education, 34 Marymoncka Street, 00-968 Warszawa, tel.: +48 783823710, fax: +48 22 8651080, e-mail: pszyszka87@gmail.com

### Abstract

**Introduction.** The snatch technique is a discipline in Olympic weightlifting. The lifter has to raise the barbell from the platform directly above their head in one movement. While reviewing the literature on biomechanical analysis of the techniques of weightlifting, one can find positions on the analysis of parameters, such as barbell track, horizontal displacement, and angular positions of the joints in the individual phases of the lifter's movement. Many texts concern female and male lifters taking part in World or European Championships. The parameters of the best competitors are outlined – mostly those who finish in the top five places in competition. Mostly these are parameters regarding male lifters, and less frequently those of female lifters. In the literature review, an overlooked aspect is that of the definition of the diversity of indicators as regards the snatch technique practiced by female lifters depending on score. **Material and methods.** In the research, registered snatch attempts during the World Championship were used. Videos were used by judges to establish a maximum weight limit for female lifters. The attempts were registered by two cameras and were later digitally processed by the APAS 2000 system. Barbell parameters, maximum speed, average of the bar, and the parameters of the lifter-bar collocation (horizontal displacement of barbell weights and height elevation) were assessed. **Results.** The analysed attempts show the margin of error for measurement of the average speed of the barbell as 0.03 m/s. The difference in maximum speed of analysed attempts is 15%. The height of clearance of the first-placed female lifter's barbell was 12.7 cm, 30 cm for the last-placed. **Conclusions.** The sporting level of weightlifting by female lifters influences the analysed biomechanical indicators of the snatch. Those indicators, which are similar in the case of both the World Championship winner and the female lifter who came last, may be described as the average speeds of the barbell. The high sporting level of female lifters performing heavy lifting is characterized by the clearance of the barbell.

**Key words:** barbell snatch, barbell track, height of barbell lift

### Introduction

The snatch technique is one discipline in Olympic weightlifting. The lifter has to raise the barbell from the platform directly above their head in one movement which, according to Nawrat [1], lasts around four seconds. Oleszko [2], on the other hand, states that the time of lifting is 0.76 seconds for the best lifters and 0.84 seconds for less specialized lifters. While reviewing the literature one can observe a division of movement into a number of parts, phases and elements. Alongside the three-part lift [3] and the four-part lift [4], a seven-phase lift was proposed by Vorobyev [6]. Dziedzic distinguishes four phases: the first phase is suspension during which the lifter straightens their knee joints, the second is pick up, in which the lifter aligns their body with their hip joints, the third phase is non-resistant, in which the lifter performs a squat under the barbell and the barbell is raised, and the last phase consists of a resistant squat, in which the barbell descends and is blocked above the head. From the mechanical point of view, a straightforward track of the barbell is the most favorable

[7]. Some authors however, indicate a more favorable curvilinear track of the barbell [8, 9]. The lifter performing the snatch overcomes the weight of the barbell and their own body, hence the importance of a common center of gravity of lifter and barbell. The most common form of the assessment of efficiency of the snatch technique is visual observation of the movement. Along with the regular betterment of sporting results combined with lifters' abilities this method becomes immeasurable and remains subjective. In order to improve the method of assessment of technique, certain components of the motion of each lifter should be biomechanically analysed individually. The specificity of the weightlifting discipline allows the isolation of criteria for the assessment of movement based on different parameters. The criterion of the height of the barbell lift [10] is considered based on the lifter's height as well as height of the barbell lift. The lower the height of the barbell lift, the more economical the movement is. A greater height of barbell suggests a lower technical level of the lifter.

At the highest level of sporting competition, the barbell is

lifted to a minimum height, which prevents unnecessary loss of energy. This is a criterion that is possible to assess based on the observation of lifters' attempts during both tournaments and training. Another criterion of assessment of the snatch technique is the horizontal displacement of the barbell relative to the lifter's body, which has been analysed by many authors. Table 1 shows the review of literature on the analysis of indicators of weightlifting technique.

**Table 1.** Review of literature on the analysis of indicators of weightlifting technique

Parameter	Year	Author	Study group
Barbell track	1959	Borejsza	Men
	1964	Arutiunian	Men
	1968	Dziedzic	Men
	1998	Kruszewski	Men
	1998	Grahammer	Women
	2000	Gourgoulis	Men
	2002	Schelling	Men
	2009	Hori	Men
	2012	Hasan	Women
	2012	Ikeda	Women
	2012	Erbil	Women / Men
Height of barbell lift	1966	Czerniak	Men
	2006	Hoover	Women
Analysis of horizontal displacement of the barbell	1972	Trzaskoma	Men
	1985	Grahammer	Men
	1998	Kruszewski	Men
	2006	Hoover	Women

Many papers concern female and male lifters taking part in World or European Championships. Parameters described are largely those of lifters placed in the top five in competition. The included description of parameters is based mostly on data regarding male rather than female lifters. The variation of parameters of lifters' snatch techniques depending on the sporting outcome is an aspect overlooked in the literature. Hence the idea of juxtaposing the parameters of the snatch technique of female lifters in first and last places in all weight categories i.e. 48 kg, 53 kg, 58 kg, 63 kg, 69 kg, 75 kg and over 75 kg during the

**Table 2.** The characteristics of analysed attempts

Weight category	First place			Last place			Difference in lifted weight (kg)
	Body mass of the female lifter (kg)	Body height (cm)	Lifted weight (kg)	Body mass of the female lifter (kg)	Body height (cm)	Lifted weight (kg)	
48 kg	47.67	148	84	47.56	155	68	16
53 kg	52.39	153	100	52.6	150	72	28
58 kg	57.27	158	108	57.58	155	65	43
63 kg	61.58	158	112	62.99	160	74	38
69 kg	68.51	161	123	68.61	158	79	44
75 kg	74.61	165	126	69.01	163	88	38
75+ kg	133.02	175	146	91.39	167	90	56

weightlifting World Championship. Female competition on the world stage started in 1987 in Daytona Beach and the 23<sup>rd</sup> edition of this event took place in Wrocław in 2013.

The aim of this paper is the presentation of the variation of biomechanical indicators of the barbell snatch among female lifters depending on their sporting level and the provision of an indication of parameters that differentiate the attempts of the best and worst female lifters.

## Material and methods

In the research, the registered attempts of the barbell snatch during the World Championship in 2013 were used. The attempts analyzed include the largest lifters in first and last places in each weight class. Table 2 shows the juxtaposition of analysed attempts.

Attempts with the maximum weight as decided by judges during the championships were analysed. Attempts were registered by two PAL cameras with a 50 Hz frequency, which were then later processed digitally by the APAS 2000 system. Cameras were set four meters from the bridge at an angle of 45°, while maintaining an angle of 90° there between. The image transformation (DLT) and calibration were done with a cuboid consisting of 8 points. Barbell parameters were assessed in terms of average speed as well as the maximum speed of the entire movement to stabilize the barbell squat, and the parameters of the lifter-bar collocation: horizontal displacement of barbell and height of barbell elevation. Displacement of the barbell with regard to phases I and II during the raising of the bar indicate the elevation gain of weights defined as the difference in elevation of the barbell and the height of the grip during the barbell squat.

## Results

The assessed parameter of the barbell is its speed. The significance of the movement sequence efficacy examination is affected by the maximum speed of the barbell obtained during the snatch phase (Phase II).

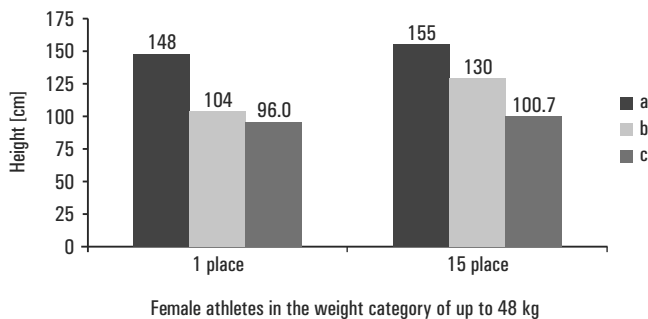
Table 3 shows the average values of the barbell speed in the first and second phases of the snatch until the moment of stabilization of the barbell in the squat, and the maximum speed of the barbell during the snatch in individual weight categories.

**Table 3.** The value of maximum speed  $V_{max}$  (m/s) and average  $V_{\bar{x}}$  (m/s) of the barbell snatch in a group of female lifters in first and last places

Weight category	Place taken in the competition	$V_{max}$ (m/s)	$V_{\bar{x}}$ (m/s)
48 kg	1	2.07	0.88
	15	1.36	0.85
53 kg	1	1.98	0.91
	13	1.74	0.75
58 kg	1	1.93	0.82
	15	1.61	0.73
63 kg	1	2.04	0.89
	20	1.36	0.75
69 kg	1	1.61	0.93
	25	1.36	0.9
75 kg	1	1.96	0.85
	13	1.41	0.8
75+ kg	1	2.05	0.9
	14	1.74	0.91

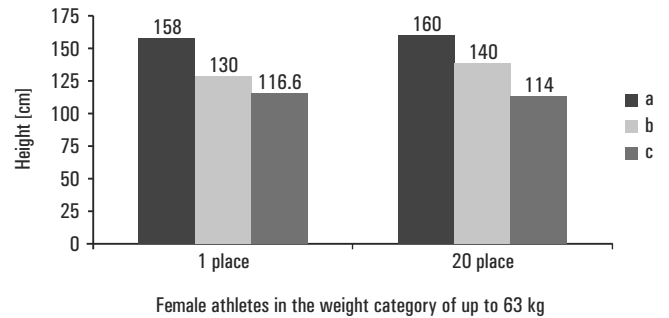
The average values of the barbell speed do not differ significantly among female lifters in first and last places in individual weight categories. The biggest differences of maximum speed value (34.5%) is observed in female lifters in the lowest weight category of up to 48 kg. The smallest differences (12.1%) is observed in female lifters in the category of up to 53 kg.

The first analysed parameter of the barbell-lifter collocation was the height of the barbell lift but a very important element in the effectiveness of the technique is the height of barbell clearance understood as the difference between the elevation of the bar and the height of the handle in the snatch squat. Figure 1 shows the juxtaposition of height parameters of the barbell lift of female lifters in the weight category of up to 48 kg.



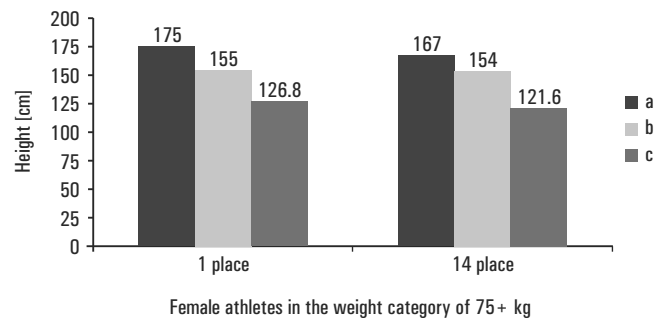
**Figure 1.** The height of the barbell lift (b) of female lifters in the weight category of up to 48 kg in reference to body height (a) and the height of the grip in the snatch squat (c)

The height of the lift during the barbell snatch of the lifter that took the first place was 8 cm, and that of the lifter that took last place in the same weight category was 29 cm. Figure 2 shows the height of the barbell lift of the first and thirteenth-placed female lifters that took part in the World Championship in the weight category of up to 63 kg.



**Figure 2.** The height of the barbell lift (b) of female lifters in the weight category of up to 63 kg in reference to body height (a) and the height of the grip in the snatch squat

The values of horizontal displacement of the barbell of female lifters in the weight category of up to 63 kg varied by 48.46%. The female lifter that took first place lifted the barbell with an elevation of 13.4 cm and the twentieth-placed female lifter obtained an elevation of 26 cm.



**Figure 3.** The height of the barbell lift (b) of the female lifters in the weight category of 75+ kg with respect to body height (a) and the height of the grip in the snatch squat (c)

Female lifters in the highest weight category lifted the barbell to 155 cm and 154 cm. The first-placed female lifter, lifting a barbell with a mass of 146 kg, obtained 28.2 cm elevation, while the female lifter that took fourteenth place, lifting a barbell of 90 kg obtained an elevation of 32.4 cm.

Another biomechanical indicator of the snatch technique is the horizontal displacement of the barbell as shown in table 4.

**Table 4.** The values of horizontal displacements of barbells in phases I and II of lifts of the female lifters that took first and last places in individual weight categories

Weight category	Place taken in the competition	I phase of the lift (cm)	II phase of the lift (cm)
48 kg	1	-5	-9
	15	-7	-12
53 kg	1	-6	-4
	13	4	14
58 kg	1	2	4
	15	6	9
63 kg	1	5	7
	20	-6	-12
69 kg	1	-6	-4
	25	5	6
75 kg	1	-5	-7
	13	4	9
75+ kg	1	-3	-8
	14	-6	-9

Positive values – technique 'from the athlete' negative technique 'to the athlete'.

Positive barbell displacement indicates a 'forwards' technique, whereas negative values indicate a 'push'. From the analysed attempts the highest value of displacement for an athlete in the first phase of the lift was 7 cm and in the second phase of the lift it was 12 cm. The highest displacement from the athlete 'forwards' in the first phase of the lift was 6 cm and in the second phase it was 14 cm.

### Discussion

Many authors show the results of barbell snatch research [9, 10, 11, 17] by using the indicators of barbell speed, height of barbell lift, and horizontal barbell displacement. Such research was conducted mostly in the group of weightlifting men. Through analysis of the obtained values of maximum speed, one can conclude that all female gold medalists' maximum speeds, as well as average speeds of the barbell, were higher than those of female athletes that took last place in competition. This is an indicator differentiating the sporting level of the female athletes. The results of the research presented by Hoover [9] show a decrease of speed in the second phase of the lift in 5 out of 11 analysed attempts. Stone [11] claims that the maximum speed values are present in the second phase of the lift and take a value of 1.85 (m/s) +/- 0.11 (m/s). The results of the author's research indicate that the maximum value of female gold medalists ranges from 2.07 (m/s) to 1.61 (m/s), while amongst last-placed female athletes it is between 1.74 (m/s) and 1.36 (m/s). All speed values were obtained in the second phase of the lift.

The rules of weightlifting specifically describe the snatch technique. Analysis of the barbell snatch technique by female athletes at the highest level shows the individual styles of the barbell lift. By assessing the technique of weightlifting, parameters characterizing the different phases of the movement, which were taken as the criteria for assessing the technique of the individual phases, and the entire exercise are analysed.

Trzaskoma [12] lists following analysed parameters:

- the approach to the barbell in the first phase of the suspension (cm);
- the distance from the barbell in phase II – the pickup (cm);
- the maximum speed of lifting of the barbell in the first

phase (m/s);

- the maximum speed of the barbell in the second phase (m/s);
- the height of the barbell lift from the bridge (cm).

Grahammer [13] proposed three positions assessed in the horizontal displacement of the barbell:

1. Maximum deviation in the first stage from the pick up to phase I of the lift.
2. Maximum horizontal displacement in the second phase of the snatch.
3. Maximum horizontal displacement after phase II of the snatch to the maximum height of the barbell.

Norms for respective phases are:

1. 3-9 cm positive on a weightlifter – horizontal displacement in the athlete's direction;
2. 3-18 cm positive from a weightlifter – horizontal displacement in the athlete's direction,
3. 3-9 cm positive on a weightlifter – horizontal displacement in the athlete's direction [14, 15, 16].

Kruszewski [17] analysed the span of the track of the barbell in leading athletes taking part in World and European Championships. The range in 1974 was 5 to 25 cm, while in 1983 it ranged from 10 to 11.7 cm. Results of the author's research show horizontal displacement in the first phase in the 2-6 cm range, 6-14 cm in the second phase, and positive values that indicate a technique 'from the athlete'. Negative values of displacement point to a technique 'to the athlete' in the first phase and varied from 5 to 7 cm, in the second phase of the lift the figures were 4 to 12 cm. Hoover [9] shows similar values of horizontal displacement with positive values in the first phase of the lift from 0 to 8 cm and 0 to 14 cm in the second. Negative values in the first phase of the lift were from 1 to 3 cm, and between 1 and 14 cm in the second phase.

Among analysed attempts five out of seven female gold medalists achieved negative horizontal displacement 'to the athlete'. All those athletes represented one country – China. However other female gold medalists obtained positive values of horizontal displacement, which is 'from the athlete'. Analysis of the attempts does not give a clear answer as to which type of snatch technique – to or from the athlete – is more efficient and determines the outcome.

The most differentiating parameter in the researched group of female athletes was the parameter of barbell elevation. All female gold medalists in the World Championship had lower elevation values than the athletes in last place. The biggest variation of (21.3 cm) was observed among female athletes in the weight category of up to 48 kg with a difference of 16 kg in lifted weight. The smallest variation in barbell elevation was observed in the group of athletes of the highest weight category (75+ kg), the difference in lifted weight was 56 kg, whereas the barbell elevation difference between first and last female athlete was 4.2 cm. This shows that the speed and strength capabilities of lifting the barbell in the first and second phases by female athletes were not used. Female athletes were lifting the barbell 'on high' and then lowering their position to a snatch squat.

The high level of these athletes is characterized by the height of barbell elevation. The lower the value of elevation, the more effective the mastery of the technique.

### Acknowledgements

The research accomplished within the framework of the Youth Activity project of Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw – DM.31 – financed by the Ministry of Science and Higher Education.

## Literature

1. Nawrat A., Król H. (1990). Sweeping moves in weightlifting. *Roczniki Naukowe AWF Katowice* 18, 23-36. [in Polish]
2. Oleszko W.G. (1981). *Managing the training process as more important (significant) for effective performance weightlifters preparing for competitions*. Paper of Candidate of Pedagogical Sciences Dissertation no. 13 00.04/KGIFK.-K. [in Polish]
3. Król H. (2003). *Criteria for the selection and evaluation of exercises improving sports technique*. Katowice: AWF Katowice. [in Polish]
4. Newton H. (2002). *Explosive lifting for sports*. Champaign: Human Kinetics.
5. Vorobeyev A.N. (1978). *A textbook on weightlifting*. Budapest: International Weightlifting Federation.
6. Dziedzic A. (1968). Technique of the barbell snatch with both hands and the method for its evaluation. *Roczniki Naukowe AWF Warszawa* 9, 199-233. [in Polish]
7. Borejsza Cz., Kochanowski T., Hałoń E. (1959). *Rules of weightlifting*. Warszawa: Polski Związek Podnoszenia Ciężarów. [in Polish]
8. Arutiunian S.M. (1964). The distribution of strength when lifting weights with different loads. *Teoria i Praktyka Fizycznej Kultury* 2, 20. [in Russian]
9. Hoover D.L., Carlson K.M., Christensen B.K., Zebas C.J. (2006). Biomechanical analysis of women weightlifters during the snatch. *Journal of Strength & Conditioning Research* 20(3), 627.
10. Czerniak A.W. (1966). Evaluation of technical preparation of weightlifters in the snatch and the clean and jerk. *Teorija i Praktyka Fizycznej Kultury* 4, 3-25. [in Russian]
11. Stone M.H., Williams F.E., Johnson R.J., Pierce K.C. (1998). Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. *Strength and Conditioning Journal* 20, 56-64.
12. Trzaskoma Z. (1972). Criteria for assessment of techniques in weightlifting. *Sport Wyczynowy* 5, 1-8. [in Polish]
13. Garhammer J. (1985). Biomechanical profiles of Olympic weightlifters. *International Journal of Sport Biomechanics* 1, 122-130.
14. Baumann W., Volker G., Quade K., Galbierz P., Shwartz A. (1988). The snatch technique of world-class weightlifters at the 1985 World Championships. *International Journal of Sport Biomechanics* 4, 68-69.
15. Garhammer J. (1989). Bar trajectories of world-class male and female weight lifters: Part 1. *International Olympic Lifter* 10, 7-8.
16. Garhammer J. (1989). Bar trajectories of world-class male and female weight lifters: Part 2. *International Olympic Lifter* 10, 12-13.
17. Kruszewski M., Merda W., Kulej M. (1998). Changes of snatch technique in the last 25 years period. In P.V. Komi (ed.), *Proceedings of the International Conference on Weightlifting and Strength Training* (pp. 267-268). Finland: Gummerus Printing.

Submitted: September 18, 2014

Accepted: November 21, 2014

# ZWIĄZEK POMIĘDZY BIOMECHANICZNYMI WSKAŹNIKAMI TECHNIKI RWANIA SZTANGI A POZIOMEM SPORTOWYM ZAWODNICZEK PODNOSZENIA CIĘŻARÓW

PAULINA SZYSZKA<sup>1</sup>, ANDRZEJ MASTALERZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Studia Doktoranckie, Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie,  
Wydział Wychowania Fizycznego*

<sup>2</sup>*Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie, Wydział Wychowania Fizycznego,  
Zakład Biomechaniki*

Mailing address: Paulina Szyszka, Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie,  
ul. Marymoncka 34, 00-968 Warszawa, tel.: 783823710, fax: 22 8651080, e-mail: pszyszka@gmail.com

## Streszczenie

**Wprowadzenie.** Rwanie sztangi to jedna z konkurencji dwuboju olimpijskiego w podnoszenia ciężarów polega na wyniesieniu sztangi z pomostu bezpośrednio nad głowę zawodnika, jest ruchem jednotaktowym. Dokonując przeglądu literatury z zakresu biomechanicznej analizy techniki podnoszenia ciężarów spotykamy pozycje dotyczące analizy parametrów takich jak tor sztangi, poziome przemieszczenia, pozycje kątowe w stawach zawodnika w poszczególnych fazach ruchu. Wiele prac dotyczy zawodniczek i zawodników startujących w trakcie Mistrzostw Świata czy Europy. Opisywane są parametry najlepszej grupy zawodników najczęściej zajmujących miejsca 1-5. Spotykamy opis parametrów zawodników rzadziej zawodniczek. Pomijanym aspektem w przeglądzie literatury jest określenie zróżnicowania wskaźników techniki rwania sztangi wśród zawodniczek w zależności od wyniku sportowego. **Materiał i metody.** W badaniach wykorzystano zarejestrowane podejścia do rwania sztangi podczas Mistrzostw Świata. Analizie poddano zapisy video najlepszej i najsłabszej zawodniczki z maksymalnym ciężarem zaliczonym werdyktem sędziowskim w trakcie zawodów w poszczególnych kategoriach wagowych. Podejścia rejestrowano za pomocą dwóch kamer, które następnie poddano cyfrowej obróbce za pomocą systemu APAS 2000. Ocenie podlegały parametry sztangi: prędkość maksymalna i średnia sztangi, oraz parametry układu zawodnik-sztanga: poziome przemieszczenia sztangi i wysokość wyniesienia sztangi. **Wyniki.** Analizowane podejścia wskazują zróżnicowanie średniej prędkości sztangi na poziomie 0,03 m/s. Różnica maksymalnej prędkości w przypadku analizowanych podejść wynosi 15%. Wysokość przewyższenia sztangi zawodniczki zajmującej pierwsze miejsce wynosiła 12,7 cm, natomiast ostatnie miejsce 30 cm. **Wnioski.** Poziom sportowy zawodniczek podnoszenia ciężarów ma wpływ na analizowane wskaźniki biomechaniczne rwania sztangi. Można określić te wskaźniki, które są na zbliżonym poziomie w przypadku Mistrzyni Świata jak i zawodniczki, która zajęła ostatnie miejsce, przykładowo średnia prędkość sztangi. Wysoki poziom sportowy zawodniczek trenujących podnoszenie ciężarów charakteryzuje wysokość przewyższenia sztangi.

**Słowa kluczowe:** rwanie sztangi, tor sztangi, wysokość wyniesienia sztangi

## Wstęp

Rwanie sztangi to jedna z dwóch konkurencji dwuboju olimpijskiego w podnoszeniu ciężarów. Rwanie polega na wyniesieniu w ruchu ciągłym sztangi nad głowę zawodnika, jest to ruch jednotaktowy, którego czas trwania wynosi według Nawrata [1] ok. 4 sekund, natomiast Oleszko [2] podaje, iż u zawodników z klasą mistrzowską czas wyniesienia sztangi nad głowę wynosi 0,76 sekundy, natomiast u mniej wyspecjalizowanych 0,84 sekundy. W przeglądzie literatury spotykamy podział ruchu na różną liczbę części, faz i elementów. Podział trzyczęściowy [3], czteroczęściowy [4], natomiast siedmiofazowy zaproponował Vorobyev [6]. Dziedzic wyróżnia 4 fazy: pierwsza faza – zawieszenie, gdy zawodnik prostuje nogi w stawach kolanowych, druga faza – poderwanie, gdy zawodnik prostuje tułów w stawach biodrowych, trzecia faza – bezoporowa, gdy zawodnik wykonuje podsiad pod sztangą a sztanga przesuwana się do góry, ostatnia faza – oporowego podsiadu, gdy sztanga obniża się i jest blokowana nad głową. Z mechanicznego punktu widzenia

najkorzystniejszy jest prostoliniowy tor sztangi [7]. Niektórzy autorzy wskazują jednak na korzystniejszą krzywoliniową drogę sztangi [8, 9]. Zawodnik wykonujący rwanie pokonuje ciężar sztangi i własnej masy ciała, stąd bardzo istotnym jest wspólny środek ciężkości układu zawodnik-sztanga. Najpowszechniej stosowana forma oceny skuteczności techniki rwania polega na wizualnej obserwacji ruchu. Wraz ze stałym wzrostem wyników sportowych, jak i umiejętności zawodników metoda ta staje się niewymierna i pozostaje subiektywna. W celu udoskonalenia metod oceny techniki należy poddać analizie biomechanicznej poszczególne elementy składowe ruchu u każdego zawodnika indywidualnie. Specyfika dyscypliny podnoszenia ciężarów pozwala na wyodrębnienie kryteriów oceny ruchu na podstawie różnych parametrów. Kryterium wysokości podniesienia sztangi [10] rozpatrywane jest ze względu na wzrost zawodnika, jak i wysokość wyniesienia sztangi. Im mniejsza wysokość wyniesienia sztangi, tym ruch jest bardziej ekonomiczny. Duże przewyższenie sztangi świadczy o niższym poziomie zaawansowania technicznego zawodnika.

**Tabela 1.** Przegląd literatury z zakresu analizy wskaźników techniki podnoszenia ciężarów

Parametr	Rok	Autor	Grupa badawcza
Tor sztangi	1959	Borejsza	Mężczyźni
	1964	Arutiunian	Mężczyźni
	1968	Dziedzic	Mężczyźni
	1998	Kruszewski	Mężczyźni
	1998	Grahammer	Kobiety
	2000	Gourgoulis	Mężczyźni
	2002	Schelling	Mężczyźni
	2009	Hori	Mężczyźni
	2012	Hasan	Kobiety
	2012	Ikeda	Kobiety
	2012	Erbil	Kobiety/Mężczyźni
Wysokość wyniesienia sztangi	1966	Czerniak	Mężczyźni
	2006	Hoover	Kobiety
Analiza poziomego przemieszczenia sztangi	1972	Trzaskoma	Mężczyźni
	1985	Grahammer	Mężczyźni
	1998	Kruszewski	Mężczyźni
	2006	Hoover	Kobiety

Wiele prac dotyczy zawodniczek i zawodników startujących w Mistrzostw Świata czy Europy. Opisujemy parametry najlepszej grupy zawodników najczęściej zajmujących miejsca 1-5. Spotykamy opis parametrów poszczególnych zawodników rzadziej zawodniczek. Pomijamy aspekt w przeglądzie literatury jest określenie zróżnicowania parametrów techniki rwania sztangi wśród zawodniczek w zależności od wyniku sportowego. Stąd zrodził się pomysł na zestawienie wskaźników techniki rwania sztangi zawodniczek zajmujących miejsce pierwsze i ostatnie we wszystkich żeńskich kategoriach wagowych tj. 48 kg, 53 kg, 58 kg, 63 kg, 69 kg, 75 kg, oraz plus 75 kg w trakcie Mistrzostw Świata w podnoszeniu ciężarów. Rywalizacja kobiet na arenie światowej w tej konkurencji rozpoczęła się w 1987 roku w Daytona Beach, w roku 2013 odbyła się 23 edycja tej imprezy we Wrocławiu.

Celem pracy jest przedstawienie zróżnicowania wskaźników biomechanicznych rwania sztangi zawodniczek w zależności od poziomu sportowego. Wskazanie parametrów, które różnicują podejścia najlepszej i najsłabszej zawodniczki.

### Material i metody

W badaniach wykorzystano zarejestrowane podejścia do rwania sztangi podczas Mistrzostw Świata w podnoszenia ciężarów w roku 2013. Analizie poddano podejścia zaliczone do największych ciężarów zawodniczki zajmującej pierwsze i ostatnie miejsce w każdej kategorii wagowej. Tabela 2 prezentuje zestawienie

**Tabela 2.** Charakterystyka analizowanych podejść

Kategoria Wagowa	Miejsce pierwsze			Miejsce ostatnie			Różnica w podniesionym ciężarze (kg)
	Masa ciała zawodniczki (kg)	Wysokość ciała (cm)	Podniesiony ciężar (kg)	Masa ciała zawodniczki (kg)	Wysokość ciała (cm)	Podniesiony ciężar (kg)	
48 kg	47,67	148	84	47,56	155	68	16
53 kg	52,39	153	100	52,6	150	72	28
58 kg	57,27	158	108	57,58	155	65	43
63 kg	61,58	158	112	62,99	160	74	38
69 kg	68,51	161	123	68,61	158	79	44
75 kg	74,61	165	126	69,01	163	88	38
75+ kg	133,02	175	146	91,39	167	90	56

podejść poddanych analizie.

Do analizy wykorzystano podejścia z maksymalnym ciężarem zaliczonym werdyktem sędziowskim w trakcie zawodów. Podejścia rejestrowano za pomocą dwóch kamer PAL z częstotliwością 50 Hz, które następnie poddano cyfrowej obróbce za pomocą systemu APAS 2000. Kamery ustawione zostały w odległości 4 metrów od pomostu pod kątem 45°, zachowując kąt 90° pomiędzy nimi. Przekształcenia obrazu do postaci cyfrowej (DLT) oraz skalowania dokonano z wykorzystaniem prostopadłością składającego się z 8 punktów. Ocenie podlegał parametr sztangi, prędkość w aspekcie średniej jak i maksymalnej prędkości w całym ruchu do ustabilizowania sztangi w przysiadzie, oraz parametry układu zawodnik-sztanga: poziome przemieszczenia sztangi i wysokość wyniesienia sztangi. Przemieszczenia sztangi z uwzględnieniem I i II fazy ciągu, wysokość wyniesienia sztangi ze wskazaniem przewyższenia sztangi rozumianego jako różnicę w wyniesieniu sztangi a wysokości uchwytu w przysiadzie.

### Wyniki

Parametrem sztangi podlegającym ocenie jest jej prędkość. Na istotność przebiegu ruchu i skuteczność zaliczania próby ma wpływ maksymalna prędkość sztangi uzyskiwana w fazie poderwania (II faza ciągu).

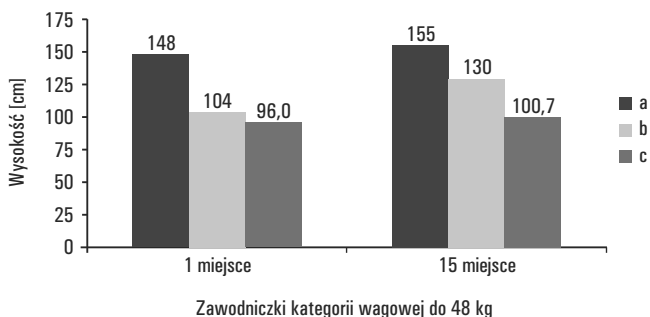
Tabela 3 prezentuje średnie wartości prędkości sztangi w pierwszej i drugiej fazie rwania do momentu stabilizacji sztangi w przysiadzie oraz prędkość maksymalną sztangi w fazie poderwania w poszczególnych kategoriach wagowych.

**Tabela 3.** Wartości prędkości maksymalnej  $V_{max}$  (m/s) i średniej  $V_{\bar{x}}$  (m/s) w rwaniu sztangi w grupie zawodniczek zajmujących miejsce pierwsze i ostatnie

Kategoria wagowa	Miejsce zajęte w rywalizacji	$V_{max}$ (m/s)	$V_{\bar{x}}$ (m/s)
48 kg	1	2,07	0,88
	15	1,36	0,85
53 kg	1	1,98	0,91
	13	1,74	0,75
58 kg	1	1,93	0,82
	15	1,61	0,73
63 kg	1	2,04	0,89
	20	1,36	0,75
69 kg	1	1,61	0,93
	25	1,36	0,9
75 kg	1	1,96	0,85
	13	1,41	0,8
75+ kg	1	2,05	0,9
	14	1,74	0,91

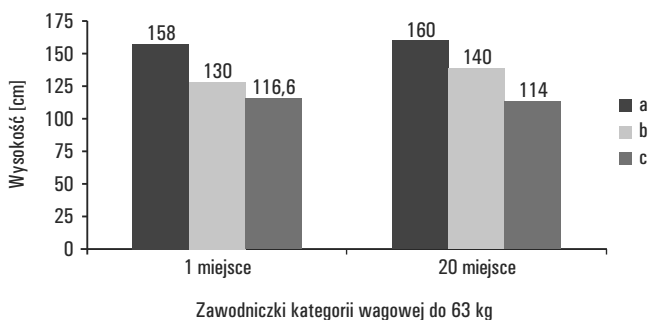
Średnie wartości prędkości sztangi nie różnią się istotnie wśród zawodniczek zajmujących miejsca pierwsze i ostatnie w poszczególnych kategoriach wagowych. Największe zróżnicowanie wartości prędkości maksymalnej na poziomie 34,5% występuje wśród zawodniczek najniższej kategorii do 48 kg. Najmniejsze zróżnicowanie na poziomie 12,1% wśród zawodniczek kategorii wagowej do 53 kg.

Pierwszym parametrem układu zawodnika sztanga poddany analizie była wysokość wyniesienia sztangi, bardzo istotnym elementem w skuteczności techniki jest wysokość przewyższenia sztangi rozumianym jako różnicę pomiędzy wysokością wyniesienia sztangi a wysokością uchwytu w przysiadzie rwaniowym. Rycina 1 prezentuje zestawienie parametrów wysokości wyniesienia sztangi zawodniczek kategorii wagowej do 48 kg.



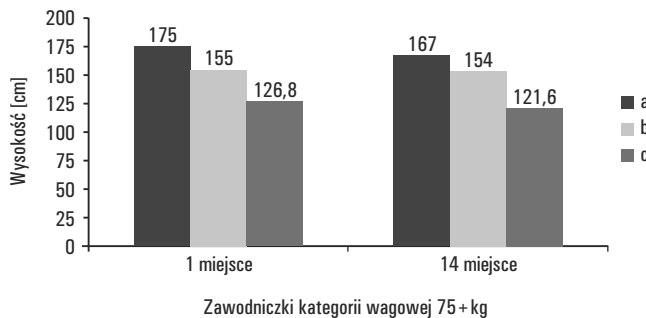
**Rycina 1.** Wysokość wyniesienia sztangi (b) zawodniczek kategorii wagowej do 48 kg w odniesieniu do wysokości ciała (a) i wysokości uchwytu w przysiadzie rwaniowym (c)

Wysokość przewyższenia podczas rwania sztangi zawodniczki, zajmującej miejsce 1. wynosiło 8 cm natomiast zawodniczki, która zajęła ostatnią lokatę w tej kategorii wagowej tj. 15 przewyższenie wynosiło 29 cm. Rycina 2 prezentuje wysokość wyniesienia sztangi pierwszej i trzynastej zawodniczki Mistrzostw Świata w kategorii wagowej do 63 kg.



**Rycina 2.** Wysokość wyniesienia sztangi (b) zawodniczek kategorii wagowej do 63 kg w odniesieniu do wysokości ciała (a) i wysokości uchwytu w przysiadzie rwaniowym (c)

Wartości poziomego przemieszczenia sztangi zawodniczek kategorii wagowej do 63 kg różniły się na poziomie 48,46%. Zawodniczka zajmująca 1. miejsce wyniosła sztangę o przewyższeniu 13,4 cm natomiast dwudziesta w rywalizacji zawodniczka uzyskała przewyższenie 26 cm.



**Rycina 3.** Wysokość wyniesienia sztangi (b) zawodniczek kategorii wagowej do 75+ kg w odniesieniu do wysokości ciała (a) i wysokości uchwytu w przysiadzie rwaniowym (c)

Zawodniczki najwyższej kategorii wagowej powyżej 75 kg wyniosły sztangę na wysokość 155 cm i 154 cm. Pierwsza zawodniczka podnosząc sztangę o masie 146 kg uzyskała 28,2 cm przewyższenia, natomiast zawodniczka zajmująca miejsce 14. wyrzuwając sztangę o masie 90 kg uzyskała przewyższenie na poziomie 32,4 cm.

Kolejnym biomechanicznym wskaźnikiem techniki rwania sztangi jest wartość poziomego przemieszczenia sztangi zaprezentowana w tabeli 4.

**Tabela 4.** Wartości poziomego przemieszczenia sztangi w I i II fazie ciągu zawodniczek zajmujących miejsca pierwsze i ostatnie w poszczególnych kategoriach wagowych

Kategoria wagowa	Miejsce zajęte w rywalizacji	I faza ciągu (cm)	II faza ciągu (cm)
48 kg	1	-5	-9
	15	-7	-12
53 kg	1	-6	-4
	13	4	14
58 kg	1	2	4
	15	6	9
63 kg	1	5	7
	20	-6	-12
69 kg	1	-6	-4
	25	5	6
75 kg	1	-5	-7
	13	4	9
75+ kg	1	-3	-8
	14	-6	-9

Wartości dodatnie technika „od zawodniczki”, wartości ujemne technika „na zawodniczkę”.

Dodatnia wartość wskaźnika przemieszczenia sztangi wskazuje na technikę od zawodniczki „w przód”, wartości ujemne wskazują na technikę na zawodniczkę „od siebie”. Wśród analizowanych podejść w pierwszej fazie ciągu najwyższa wartość przemieszczenia na zawodniczkę (zbliżenie) wynosiła 7 cm natomiast w drugiej fazie ciągu 12 cm. Najwyższe wartości przemieszczenia od zawodniczki „w przód” w pierwszej fazie ciągu wyniosła 6 cm natomiast w drugiej fazie ciągu 14 cm.



## Wyniki

Wielu autorów prezentuje wyniki badań techniki rwania sztangi [9, 10, 11, 17] stosując wskaźniki prędkości sztangi, wysokości wyniesienia sztangi, poziomego przemieszczenia sztangi. Badania prowadzone były głównie w grupie mężczyzn trenujących podnoszenie ciężarów. Analizując otrzymane wartości prędkości maksymalnych można wnioskować, iż u wszystkich złotych medalistek wartości prędkości maksymalnych jak również prędkości średnie sztangi, były wyższe niż u zawodniczek zajmujących ostatnie miejsca w rywalizacji. Jest to wskaźnik różnicujący poziom sportowy zawodniczek. Wyniki badań zaprezentowane przez Hoover [9] wskazują na spadek prędkości w drugiej fazie ciągu wśród 5 z 11 analizowanych podejść. Stone [11] podaje, iż maksymalne wartości prędkości występują w drugiej fazie ciągu i przyjmują wartość 1,85 (m/s) +/- 0,11(m/s). Wyniki badań własnych wskazują na wartości maksymalnych prędkości złotych medalistek w przedziale od 2,07 (m/s) do minimalnej 1,61 (m/s), wśród ostatnich zawodniczek w przedziale od 1,74 (m/s) do 1,36 (m/s). Wszystkie prędkości uzyskane zostały w drugiej fazie ciągu.

Przepisy podnoszenia ciężarów dokładnie określają technikę wykonania rwania. Analiza techniki rwania sztangi przez zawodniczkę na poziomie mistrzowskim pokazuje indywidualne style podnoszenia sztangi. Oceniając technikę podnoszenia ciężarów, analizie poddaje się parametry charakteryzujące poszczególne fazy ruchu, które przyjęto za kryteria oceny techniki wykonania poszczególnych faz, jak i całego ćwiczenia. Trzaskoma [12] podaje następujące parametry podlegające analizie:

- wielkość zbliżania sztangi w I fazie tzw. zawieszenia (cm);
- wielkość oddalenia sztangi w fazie II tzw. poderwania (cm);
- maksymalna prędkość podnoszenia sztangi w I fazie (m/s);
- maksymalna prędkość sztangi w fazie II (m/s);
- wysokość uniesienia sztangi od pomostu (cm).

Grahammer [13] zaproponował 3 pozycje podlegające ocenie przy poziomym przemieszczeniu sztangi:

1. Maksymalne odejście w pierwszej fazie od zabrania do I fazy poderwania.
2. Maksymalne przemieszczenie poziome w drugiej fazie poderwania.
3. Maksymalne przemieszczenie poziome po II fazie poderwania do maksymalnej wysokości sztangi.

Normy dla poszczególnych faz to:

1. 3-9 cm pozytywna na ciężarowca – przesunięcia poziomego w stronę zawodnika;
2. 3-18 cm negatywna od ciężarowca – przesunięcia poziomego od zawodnika;
3. 3-9 cm pozytywna na ciężarowca – przesunięcia poziomego w stronę zawodnika [14, 15, 16].

Kruszewski [17] poddał analizie rozpiętość drogi sztangi u czołowych zawodników startujących podczas Mistrzostw Świata i Europy. Rozpiętość ta była na różnym poziomie w roku 1974 od 5-25 cm, natomiast w 1983 roku mieściła się w przedziale od 10-11,7 cm. Wyniki badań własnych wskazują na poziome przemieszczenie w pierwszej fazie w przedziale od 2-6 cm, w drugiej fazie od 6-14 cm przy wartościach dodatnich wskazujących na technikę „od zawodniczki”. Ujemne wartości przemieszczenia wskazujące na technikę „na zawodniczkę” w pierwszej fazie ciągu mieściły się w przedziale -5 cm do -7 cm, w drugiej fazie ciągu -4 cm do -12 cm. Podobne wartości poziomego przemieszczenia przedstawia Hoover [9] przy wartościach dodatnich w pierwszej fazie ciągu od 0 cm do 8 cm, w drugiej fazie ciągu od 0 cm do 14 cm, wartości ujemne natomiast w pierwszej fazie ciągu od -1 cm do -3 cm, drugiej fazie

ciągu od -1 cm do -14 cm.

Wśród analizowanych podejść 5 spośród 7 złotych medalistek uzyskały wartość poziomego przemieszczenia na siebie z wartością ujemną. Wszystkie te zawodniczki reprezentowały jeden kraj – Chiny. Jednakże pozostałe złote medalistki uzyskały wartości poziomego przemieszczenia dodatnie, czyli od zawodniczek. Przeprowadzona analiza podejść nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, który typ techniki rwania sztangi od zawodniczki czy na zawodniczkę jest skuteczniejszy i decyduje o wyniku sportowym.

Najbardziej różnicującym w badanej grupie zawodniczek był parametr przewyższenia sztangi. U wszystkich złotych medalistek Mistrzostw Świata odnotowano niższe wartości przewyższenia niż u zawodniczek zajmujących ostatnie miejsca. Największe zróżnicowanie na poziomie 21,3 cm wystąpiło wśród zawodniczek kategorii wagowej do 48 kg przy różnicy w podniesionym ciężarze 16 kg. Najmniejsze zróżnicowanie w parametrze przewyższenia sztangi wystąpiło wśród zawodniczek najcięższej kategorii wagowej powyżej 75 kg, różnica w podniesionym ciężarze sztangi wynosiła 56 kg, natomiast przewyższenie sztangi różnicowało pierwszą i ostatnią zawodniczkę o 4,2 cm. Świadczy to o niewykorzystaniu możliwości szybkościowo-siłowych zawodniczek podczas podnoszenia sztangi w I i II fazie. Zawodniczki podnosiły sztangę „na wysoko” po czym obniżały pozycję do przysiadu rwanowego.

Wysoki poziom sportowy zawodniczek trenujących podnoszenie ciężarów charakteryzuje wysokość przewyższenia sztangi. Im mniejsza wartość przewyższenia tym efektywniejsze opamiętanie techniki – stylu wykonania rwania.

## Podziękowania

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie – DM.31 – finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## Piśmiennictwo

1. Nawrat A., Król H. (1990). Ruchy zamachowe w podnoszeniu ciężarów. *Roczniki Naukowe AWF Katowice* 18, 23-36.
2. Oleszko W.G. (1981). *Kierowanie procesem treningowym jako ważniejsze (znaczące) efektywności przygotowania ciężarowców do zawodów*. Autoreferat, Dysertacja Kandydata Nauk Pedagogicznych nr 13 00.04/KGIFK.-K.
3. Król H. (2003). *Kryteria doboru i oceny ćwiczeń doskonalących technikę sportową*. Katowice: AWF Katowice.
4. Newton H. (2002). *Explosive lifting for sports*. Champaign: Human Kinetics.
5. Vorobeyev A.N. (1978). *A textbook on weightlifting*. Budapest: International Weightlifting Federation.
6. Dziedzic A. (1968). Technika rwania sztangi oburącz i metoda jej oceny. *Roczniki Naukowe AWF Warszawa* 9, 199-233.
7. Borejsza Cz., Kochanowski T., Hałoń E. (1959). *Przepisy sportowe podnoszenia ciężarów*. Warszawa: Polski Związek Podnoszenia Ciężarów.
8. Arutiunian S.M. (1964). O raspredielenij usilij pri podejmenie sztangi rozlicznego wiesia. *Teoria i Praktika Fizycznej Kultury* 2, 20.
9. Hoover D.L., Carlson K.M., Christensen B.K., Zebas C.J. (2006). Biomechanical analysis of women weightlifters during the snatch. *Journal of Strength & Conditioning Research* 20(3), 627.
10. Czerniak A.W. (1966). Ocena technicznej podgotowki ciężkoatletów w rywkie i padnimanu na grud dla tótczka. *Teorija i Praktika Fizycznej Kultury* 4, 3-25.

11. Stone M.H., Williams F.E., Johnson R.J., Pierce K.C. (1998). Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. *Strength and Conditioning Journal* 20, 56-64.
12. Trzaskoma Z. (1972). Kryteria oceny techniki w podnoszeniu ciężarów. *Sport Wyczynowy* 5, 1-8.
13. Garhammer J. (1985). Biomechanical profiles of Olympic weightlifters. *International Journal of Sport Biomechanics* 1, 122-130.
14. Baumann W., Volker G., Quade K., Galbierz P., Shwartz A. (1988). The snatch technique of world-class weightlifters at the 1985 World Championships. *International Journal of Sport Biomechanics* 4, 68-69.
15. Garhammer J. (1989). Bar trajectories of world-class male and female weight lifters: Part 1. *International Olympic Lifter* 10, 7-8.
16. Garhammer J. (1989). Bar trajectories of world-class male and female weight lifters: Part 2. *International Olympic Lifter* 10, 12-13.
17. Kruszewski M., Merda W., Kulej M. (1998). Changes of snatch technique in the last 25 years period. W P.V. Komi (red.), *Proceedings of the International Conference on Weightlifting and Strength Training* (s. 267-268). Finland: Gummerus Printing.

Otrzymano: 18.09.2014

Przyjęto: 21.11.2014