



**AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
IM. POLSKICH OLIMPIJCZYKÓW
WE WROCLAWIU**

Rozprawa doktorska

Sebastian Łubiński

***Związek ustawienia stóp z wysokością skoku
i mocą mięśniową w fazie odbicia
podczas rzutu z wyskoku koszykarzy***

Promotor:

dr hab. Artur Struzik, prof. AWF Wrocław

Wrocław 2023

Dziękuję żonie, rodzicom
i braciom za poświęcony
czas i osobiste wyrzeczenia

Pracę dedykuję swoim dzieciom i przyszłym potomnym

Spis treści

Ważniejsze symbole i oznaczenia	7
I Wstęp.....	9
I 1. Wprowadzenie	9
I 2. Analiza ilościowa rzutów w koszykówce	11
I 3. Geneza rzutu z wysoku	13
I 4. Technika rzutu z wysoku	15
I 5. Przegląd literatury dotyczącej rzutu z wysoku	19
I 5.1. Przegląd piśmiennictwa dotyczącego kończyn górnych przy rzucie z wysoku	19
I 5.2. Przegląd piśmiennictwa dotyczącego kończyn dolnych podczas rzutu z wysoku	26
I 6. Biomechaniczna charakterystyka skoków pionowych	33
II Założenia i cel pracy	39
II 1. Cel pracy.....	40
II 2. Pytania badawcze:	40
III Materiał i metody badawcze.....	42
III 1. Materiał	42
III 2. Metody badawcze.....	43
III 2.1. Protokoły badawcze	43
III 2.2. Aparatura pomiarowa	46
III 3. Metody obliczeniowe	46
III 3.1. Metoda obliczeniowa wysokości skoku	47
III 3.2. Metody obliczeniowe mocy mięśniowej w fazie odbicia.....	47
III 3.3. Metody analizy statystycznej.....	47
IV Wyniki	49
IV 1. Analiza powtarzalności wysokości skoków.....	49
IV 2. Porównanie zmiennych opisujących skoki pionowe o różnej technice odbicia	51
IV 3. Analiza różnic w poziomie zdolności skocznościowych pomiędzy grupami amatorów, a profesjonalistów	57
IV 4. Analiza związków pomiędzy zmiennymi opisującymi rzuty z wysoku i skoki CMJ	59
IV 5. Analiza wykorzystywania maksymalnego potencjału skocznościowego podczas rzutu z wysoku.....	60
V Dyskusja	63
V 1. Wysokość rzutu, a rodzaj ustawienia stóp.....	63

V 2. Wysokość skoku pionowego CMJ.....	68
V 3. Moc maksymalna i moc średnia w fazie odbicia podczas rzutów z wysoku oraz skoków pionowych CMJ	74
VI Wnioski.....	84
VII Piśmiennictwo	86
Spis rycin i tabel.....	102
Streszczenie.....	105
Abstract	107

Ważniejsze symbole i oznaczenia

- 1PTS** – rzut za jeden punkt, tzw. rzut wolny; jest egzekwowany z za linii rzutów wolnych (FIBA: 4 m od kosza, NBA/NCAA/WNBA: 3,96 m od kosza);
- 2PTS** – rzut za dwa punkty, wykonywany pomiędzy linią końcową boiska, a linią rzutów za 3 punkty;
- 3PTS** – rzut za trzy punkty, wykonany z za linii rzutów za 3 punkty (FIBA: 6,75 m, NBA: 7,24 m, NCAA: 6,32 m, WNBA: 6,25 m od kosza);
- A** – grupa badanych składająca się z osób amatorsko trenujących koszykówkę;
- ACB** – najwyższa w hierarchii koszykarska klasa rozgrywkowa w Hiszpanii; obecnie pod nazwą sponsora tytularnego *Liga Endesa* (od sezonu 2021/2022);
- ACMJ** – *akimbo countermovement jump*, skok pionowy poprzedzony zamachem kończyn dolnych z dłońmi spoczywającymi na biodrach;
- C** – *center*, zawodnik grający na pozycji środkowego, tzw. „5”;
- CMJ** – *countermovement jump*, skok pionowy poprzedzony zamachem kończyn dolnych i górnych;
- COM** – *center of mass*, ogólny środek masy ciała;
- DJ** – *drop jump*, skok pionowy po zeskoku z określonej wysokości;
- FIBA** – *Fédération Internationale de Basketball*, Międzynarodowa Federacja Koszykówki, organizacja zrzeszająca narodowe związki koszykarskie, regulująca przepisy dotyczące rozgrywek, sprzętu itp.;
- h*** – wysokość skoku;
- JS** – *jump shot*, rzut z wysokości;
- LP** – rozkroczo-wykroczone ustawienie stóp, gdzie lewa stopa znajduje się w wykroku;
- NBA** – *National Basketball Association*, amerykańsko-kanadyjska profesjonalna liga koszykówki;
- NCAA** – *National Collegiate Athletic Association*, Narodowe Stowarzyszenie Sportów Akademickich, akademicka liga koszykówki szkół wyższych w Stanach Zjednoczonych;
- P** – grupa badanych składająca się z zawodników grających w najwyższej klasie rozgrywkowej (Polskiej Ligi Koszykówki - Energa Basket Liga) oraz w drugiej w hierarchii klasie rozgrywkowej w Polsce (Suzuki 1 Liga Mężczyzn);
- PF** – *power forward*, zawodnik grający na pozycji silnego skrzydłowego, tzw. „4”;

- PG** – *point guard*, zawodnik grający na pozycji rozgrywającego, tzw. „1”;
- PL** – rozkroczo-wykroczone ustawienie stóp, gdzie prawa stopa znajduje się w wykroku;
- P_{MAX}** – maksymalna moc mięśniowa w odniesieniu do masy ciała w fazie odbicia skoku pionowego;
- P_{MEAN}** – średnia moc mięśniowa w odniesieniu do masy ciała w fazie odbicia skoku pionowego;
- PZKosz** – Polski Związek Koszykówki, ogólnokrajowy związek sportowym realizujący cele rozwoju i popularyzacji koszykówki w Polsce; organizator rozgrywek koszykarskich w Polsce;
- R** – rozkroczone ustawienie stóp, gdzie stopy ustawione są na równi w płaszczyźnie czołowej;
- SF** – *small forward*, zawodnik grający na pozycji niskiego skrzydłowego, tzw. „3”;
- SG** – *shooting guard*, zawodnik na pozycji rzucającego obrońcy, tzw. „2”;
- SJ** – *squat jump*, skok pionowy z ustalonej pozycji statycznej (przysiadu);
- SSC** – *stretch-shortening cycle*, cykl rozciągnięcie-skurcz;
- WNBA** – *Women's Basketball Association*, profesjonalna liga koszykówki kobiet w Stanach Zjednoczonych;

I Wstęp

I 1. Wprowadzenie

Koszykówka to jedna z najpopularniejszych gier zespołowych na świecie (Ljach 2005). Figuruje w pierwszej trójce najczęściej uprawianych sportów zespołowych wśród dzieci w Ameryce Północnej, Ameryce Południowej, Europie, Australii, krajach Zachodniego Pacyfiku oraz Azji Południowo-Wschodniej (Hulteen i wsp. 2017; Zarić i wsp. 2020). Z perspektywy teorii treningu sportowego koszykówka, to gra wielopodmiotowa z piłką o charakterze antagonistycznym (atak – obrona) oparta na dystrybutywnych działaniach jej uczestników (Naglak 2010). Celem zespołu jest wygrana poprzez kooperację pozytywną, czyli takie działanie wielopodmiotowe, w którym zawodnicy wzajemnie sobie pomagają (Pszczółowski 1978, s. 273). W koszykówce wygrywa drużyna, która zdobędzie większą liczbę punktów od drużyny przeciwnej (Kambič i wsp. 2022). Z perspektywy fizjologicznej, koszykówka to gra dynamiczna o charakterze interwałowym, naprzemiennej anaerobowo-aerobowej aktywności (Mancha-Triguero i wsp. 2019; Mancha-Triguero i wsp. 2020; Ferioli i wsp. 2020; Zarić i wsp. 2020; Gál-Pottyondy i wsp. 2021). Najczęściej wymienianymi czynnikami, determinującymi osiągnięcie sukcesu w koszykówce są zdolności motoryczne, umiejętności techniczne, umiejętności taktyczne oraz predyspozycje psychospołeczne rozwinięte na najwyższym poziomie (Mancha-Triguero i wsp. 2019, Zarić i wsp. 2020). Nieustanna dynamizacja gry wraz z występującą charakterystyczną, bezpośrednią rywalizacją z przeciwnikiem implikuje bardzo dużo zwrotów akcji podczas meczu, zapewniając przy tym, dużą dawkę emocji kibicom jak i samym zawodnikom (Mikołajec 2016). Coraz doskonalsza, agresywna presja obrońców oraz zaostrzone ograniczenia czasowe podczas akcji ofensywnych tj. 24 sekundy na przeprowadzenie akcji rzutowej, 8 sekund na przejście z piłką na połowę ataku, 5 sekund na wybicie piłki z autu (za: *FIBA - Official Basketball Rules 2020*), wymagają od zawodników nieustannego udoskonalania umiejętności ofensywnych umożliwiających wygrywanie indywidualnych pojedynków m.in. w obszarze techniki wykonywania specjalistycznych czynności ruchowych takich jak: rzuty do kosza, podania, czy kozłowanie piłki (Arlet 2001).

Spośród wielu czynności ruchowych występujących podczas gry, rzut do kosza jest najważniejszą umiejętnością, która decyduje o końcowym wyniku meczu (Struzik i wsp. 2014; Pojskic i wsp. 2018; Boddington i wsp. 2019; Kambič i wsp. 2022). Celne rzuty do kosza są warunkiem koniecznym do uzyskania zwycięstwa w meczu (Dembiński 1993; Ljach 2005; Tabora i wsp. 2007; Çetin i Muratlı 2014; Kant 2014; Struzik i wsp. 2014; Varghese

i Shelvam 2014; Aschenbrenner i Tymański 2017). W bezpośredniej rywalizacji pomiędzy drużynami, które wykazują podobny poziom umiejętności koszykarskich, statystyczną przewagę ma ta, która prezentuje większą skuteczność rzutową (Mikołajec i wsp. 2021). Ibáñez i wsp. (2008) oraz Boddington i wsp. (2019) stwierdzają, że prawdopodobieństwa wygranej zwiększa się, wraz ze zwiększeniem skuteczności 2PTS i 3PTS, wobec skuteczności drużyny przeciwnej. Analiza gry przeprowadzona przez Mikołajca i wsp. (2021) wykazała, że w rozgrywkach Euroligi (międzynarodowe, klubowe rozgrywki koszykarskie, przeznaczone dla najlepszych męskich drużyn Europy i zachodniej Azji), decydujący wpływ na wynik meczu odgrywały przede wszystkim celne 2PTS, oddane 2PTS, celne 3PTS oraz celne 1PTS. Obecnie 3PTS są głównym celem ofensywnym graczy na pozycjach PG, SG i SF (Mikołajec i wsp. 2021). Mikołajec i wsp. (2021) zaobserwowali również u zawodników tendencje (szczególnie na pozycji PF) do uzyskiwania wysokiej skuteczności 3PTS z wyskoku, która może być związana m.in. ze zmieniającym się systematycznie profilem somatycznym i sprawnościowym zawodników na poszczególnych pozycjach (Montero i wsp. 2013; Štrumbelj i wsp. 2013; Mikołajec i wsp. 2021). W hiszpańskiej lidze ACB oraz NBA i NCAA zwiększenie odległości linii 3PTS skutkowało zwiększeniem liczby oddawanych 3PTS (Magel i Unruh 2013; Montero i wsp. 2013; Štrumbelj i wsp. 2013; Mikołajec i wsp. 2021). Zatem skuteczność rzutowa, w szczególności dotycząca rzutów z wyskoku („*jump shot*” - JS) jako elementarnej techniki wykonywania 3PTS, jest niezbędnym elementem umożliwiającym osiągnięcie udanego występu zarówno indywidualnego jak i drużynowego w koszykówce (França i wsp. 2021). Dotychczasowa literatura naukowa popiera referencyjny wzorzec ruchu dla JS, który został ukształtowany w procesie m.in. badań biomechanicznych (Struzik i wsp. 2014; Okazaki i wsp. 2015; França i wsp. 2021). Jednakże nie wszystkie elementy techniki JS, mające wpływ na jego końcowy efekt, zostały dostatecznie zbadane i wyczerpująco opisane, zarówno z perspektywy biomechaniki, jak i literatury specjalistycznej przeznaczonej dla trenerów.

Mimo, że JS od blisko stu lat jest podstawową techniką zdobywania punktów, to po dziś dzień w literaturze przedmiotu trudno doszukać się badań oraz satysfakcjonujących i merytorycznych wyjaśnień poruszanej przez mnie problematyki. Ustawiczny rozwój technologiczny w obszarze diagnostyki biomechanicznej umożliwia konfrontacje istniejących od lat tzw. dogmatów, wzorcowych technik wykonywania danej czynności ruchowej z naukową analizą ruchu na drodze badań empirycznych jak i teoretycznych (Ernst 2010, Struzik 2018). Bober i Zawadzki (2006) stwierdzają, że zadaniem biomechaniki jest identyfikacja i optymalizacja struktury ruchów człowieka, a w konsekwencji udoskonalanie

techniki oraz umożliwianie stworzenie nowego tzw. „złotego standardu” czynności ruchowej. Szczegółowa analiza biomechaniczna wiedzie ku zrozumieniu danej dyscypliny sportowej. Znajomość zasad mechaniki układu ruchu człowieka, metod pomiaru i ich analizy umożliwia dogłębne zrozumienie czynności ruchowych przez naukowców, trenerów oraz adeptów koszykówki, co w konsekwencji powinno znacząco skrócić czas procesu nauczania oraz doskonalenia umiejętności ruchowych (McGinnis 2021). Wykorzystywanie dorobku naukowego biomechaniki przez trenerów m.in. w obszarze koszykówki, może okazać się kluczem do sukcesu w przypadku braku oczekiwanych efektów treningowych oraz w ramach poszerzania wiedzy i własnego warsztatu pracy. Wg McGinnis’a (2021), to biomechanika odpowiada na fundamentalne pytania trenerów, zawodników oraz wszystkich zainteresowanych zgłębianiem wiedzy dotyczącej danej dyscypliny sportowej, m.in. „dlaczego mam wykonać daną czynność ruchową w taki, a nie inny sposób?”, „która ze stosowanych technik będzie najbardziej efektywna?”.

I 2. Analiza ilościowa rzutów w koszykówce

W literaturze przeznaczony dla trenerów koszykówki istnieje wiele rodzajów podziałów rzutów do kosza. Ze względu na pracę kończyn górnych wyróżniamy następujące rzuty: rzut z nad głowy („*overhad*”) (rzut podstawowy jednoręcz), rzut wykładany („*finger-roll*”), wsad („*dunk*”), rzut hakiem („*hook shot*”), dobitka („*tip-in*”) (Mazur i Mikołajec 2009; Erčulji Štrumbelj 2015). Ze względu na prace kończyn dolnych wyróżniamy: rzut z miejsca – najczęściej wykonywany po faulu w formie rzutu wolnego („*free throw*”), rzut z odbicia jednonog („*one-legged*”), rzut z odbicia obunog („*two-legged*”), rzut z biegu („*lay-up*”) (Mazur i Mikołajec 2009; Erčulj i Štrumbelj 2015). Najczęściej występującą formą rzutu do kosza podczas meczu jest rzut jednoręcz z nad głowy z odbicia obunog - JS (Hay 1985; Knudson 1993; Struzik i wsp. 2014; Okubo i Hubbard 2015; Aschenbrenner i Tymański 2017; Ardigò i wsp. 2018; Boddington i wsp. 2019; Boddington i wsp. 2020; Mikołajec i wsp. 2021; Cabarkapa i wsp. 2022b). Najważniejszym atutem JS jest możliwość wykonania go praktycznie z każdej odległości od kosza. Dodatkowo krótki czas potrzebny do wykonania JS oraz jego specyficzna technika umożliwiająca ochronę piłki przed przeciwnikiem, świadczą o jego przewadze nad innymi rodzajami rzutów (Okazaki i Rodacki 2018). JS jest techniką rzutu, która jest bardzo trudna do zablokowania przez obrońców, w szczególności jego trudniejsza do wykonania odmiana w formie rzutu z odchyleniem „*fadeaway*” (Pomahacii Sopa 2021). Wysoka skuteczność JS z dalszej odległości od kosza (szczególnie 3PTS), może prowokować obrońców do rozproszenia ustawienia defensywnego,

umożliwiając tym samym skuteczną grę ofensywną w polu 3 sekund (Mazur i Mikołajec 2009).

Mikołajec (2016) w analizie ilościowej rzutów, wykonanej na drużynie żeńskiej reprezentacji Polski w koszykówce podczas Mistrzostw Europy w 2005 r. wykazał, że zawodniczki spośród wszystkich oddanych rzutów (rozdzielanych ze względu na prace kończyn dolnych) wykonują najczęściej rzut z odbicia obunóż (72,4%). Natomiast biorąc pod uwagę podział, ze względu na technikę pracy kończyn górnych, rzut jednoręcz z nad głowy stanowił 80,1% ogółu rzutów. W 2010 roku w rozgrywkach WNBA, JS stanowił 66% spośród wszystkich oddanych rzutów (Oudejans i wsp. 2012; Vencúrik i wsp. 2021). Erčulj i Štrumbelj (2015) wykazali, że w sezonie regularnym ligi NBA, 67% ze wszystkich wykonanych rzutów stanowiły rzuty typu JS. W sezonie regularnym 2016/2017 ligi NBA, JS stanowił 58,8% wszystkich oddanych rzutów do kosza (Vencúrik i wsp. 2021). Z kolei w sezonie zasadniczym 2021/2022 ligi NBA JS stanowiły 64,9% (źródło: <http://www.82games.com>, data dostępu: 11.06.2022). Struzik i wsp. (2014) oraz Zarić i wsp. (2020) stwierdzają, iż JS w obecnie dominującym kształcie gry może stanowić nawet 70% wszystkich oddawanych rzutów. Oficjalne statystyki rzutowe ligi NBA (źródło: <https://www.nba.com/stats/>, data dostępu: 11.06.2022) wykazują, że przez ostatnie 10 lat znacząco zwiększył się procentowy udział 3PTS wykonywanych techniką JS w ogóle oddawanych rzutów z 22,2% w sezonie 2010/2011 do 39,2% w sezonie 2020/2021. 3PTS jest obecnie jedną z podstawowych metod zdobywania punktów w meczu i często stanowi o przewadze ofensywnej (Ardigò i wsp. 2018).

Powyżej wymienione statystyki dotyczące JS potwierdzają jego znaczenie w doborze techniki zdobywania punktów (Vencúrik i wsp. 2021). Utrzymanie wysokiej skuteczności 3PTS, szczególnie w ostatnich minutach meczu z równorzędnym przeciwnikiem, okazuje się być kluczowe dla wyniku spotkania (Mikołajec i wsp. 2021). Oliver (2004), Veljović i wsp. (2021) oraz Mikołajec i wsp. (2021) jednoznacznie wskazują, iż wzrostowa tendencja liczby wykonywanych 3PTS, jest związana przede wszystkim, z nowymi trendami w sposobie organizacji gry we współczesnej koszykówce. Dodatkowo 3PTS powodują zwiększenie dynamiki gry, liczby zdobywanych punktów oraz atrakcyjności widowiska sportowego (Fichman i O'Brien 2018). Podsumowując można stwierdzić, że większy procentowy udział JS (w szczególności 3PTS) w ogóle oddanych rzutów, powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa zwycięstwa drużyny (Özmen 2016). Z racji tak znacznego związku JS na wynik meczu, wydaje się być stosowne dalsze poznawanie, rozwijanie oraz doskonalenie czynników mających wpływ na jego efektywność.

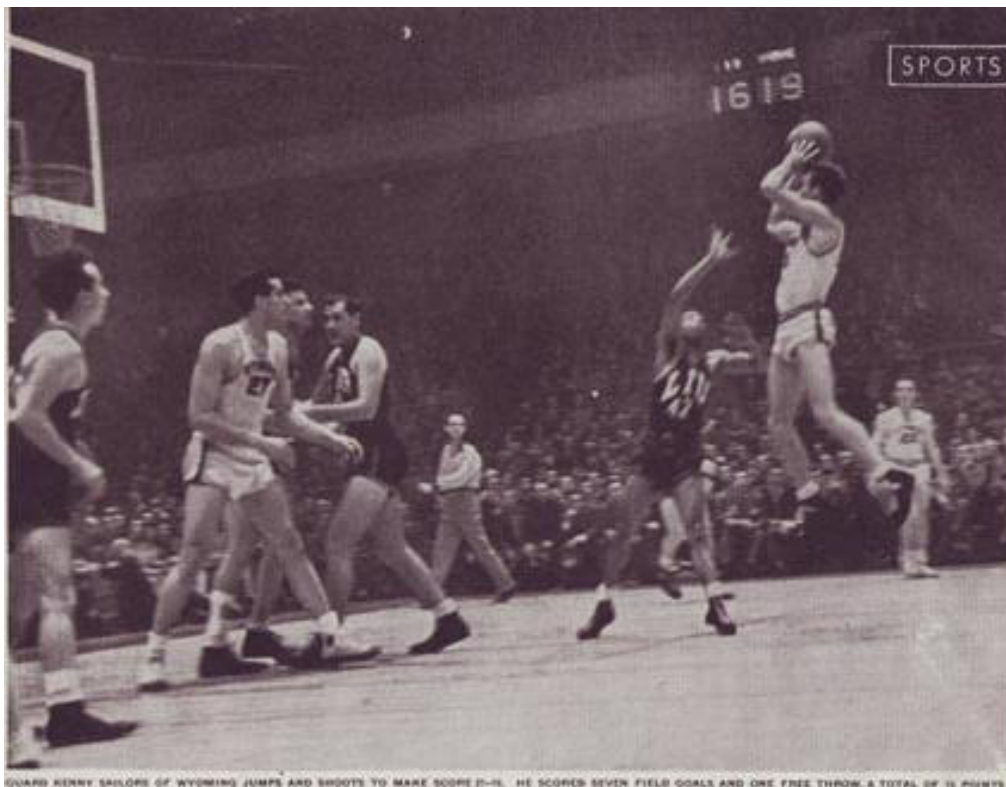
I 3. Geneza rzutu z wyskoku

Początki rzutu z wyskoku sięgają lat 30-tych i 40-tych XX wieku. Wówczas koszykówka opierała się na ortodoksyjnych regułach i nie było mowy o możliwości wprowadzenia jakichkolwiek zmian w technice rzutu. Gra bazowała głównie na szybkich podaniach, umożliwiających znalezienie zawodnika na tzw. „otwartej pozycji”. Koszykarze oddawali rzuty z wyskoku np. poprzez rzut hakiem („*hook shot*”), po dwutakcie znad głowy („*lay-up*”) czy rzut wykładany („*reverse layup*”). Były to rzuty wykonywane przy presji gracza defensywnego, jednak nikt ówczesnie nie próbował wykonać rzutu twarzą w twarz przed obrońcy. Funkcjonująca technika rzutowa z półdystansu polegała na wyrzuceniu piłki przed klatką piersiową przy braku oderwania stóp od podłoża. Z racji trzymania piłki na wysokości klatki piersiowej zawodnik nie mógł dodatkowo znajdować się pod presją obrońcy (Christgau 1999; Fury 2017).

Za jednego z prekursorów nowego stylu rzutowego uznaje się Johna Millera Coopera, który już w latach 30-tych XX wieku, za próbę JS podczas jednego z meczów ligi NCAA, został natychmiast ukarany przez swojego trenera oraz oddelegowany na ławkę rezerwowych. Uznawanym również za pioniera nowego stylu rzutu był Glenn Roberts, który w rozgrywkach ligi uniwersyteckiej zdobył ponad 2000 punktów w 104 meczach, co w tamtym okresie było sporym wyczynem, gdyż drużyny zdobywały średnio około 35 punktów na mecz. Christgau (1999) postanowił ostatecznie wyłonić twórcę techniki JS, jaka występuje w obecnej formie. Metody analizy obejmowały relacje od naocznych świadków wydarzeń, trenerów NCAA, graczy NBA, badaczy historii koszykówki, przegląd publikacji historycznych, artykułów prasowych, zdjęć czy nagrań. W historii koszykówki pojawia się 11 zawodników, którzy w podobnym czasie (lata 30/40 XX w.) wykorzystywali skok pionowy podczas oddawania rzutu. Wszyscy zawodnicy dzięki swojej unikalnej, indywidualnej technice osiągnęli sukcesy na wielu poziomach rozgrywek. Jedenastu graczy, tj. Glenn Roberts, John Cooper, Hank Luisetti, Kenny Sailors, Joe Fulks, Belus Smawley, Johnny Adams, Davage Minor, Bud Palmer, John Gonzalez oraz Whitey Skoog wykonywali rzut oburącz podczas wyskoku (Christgau 1999; Fury 2017). Hank Luisetti sam stwierdził, że nigdy nie rzucał w taki sposób jak obecnie wygląda technika JS (Christgau 1999). Piłkę wypuszczał szybciej, z wysokości swojej twarzy i najczęściej wykonywał rzut po wcześniejszym dryblingu. Christgau (1999), Bjarkman (2000) oraz Fury (2017) wykazali, że to Kenny Sailors jest „twórcą” obecnie funkcjonującej techniki JS, wykonywanego jednorącz znad głowy.

Od czasu powstania koszykówki, czyli około 130 lat temu, pojawiło się wiele różnych czynności ruchowych, które pozostały charakterystycznymi elementami gry. Począwszy

od wielu rodzajów podań, kozłowania, poprzez rzut wykładany, to rzut z wyskoku jednorącz („one handed jump shot”) wywarł ogromny wpływ na ewolucję koszykówki i w konsekwencji popularyzację tej dyscypliny. Od sali gimnastycznej YMCA, gdzie młodzi adepci koszykówki próbowali trafić piłką do kosza, w zamyśle przeznaczonego do zbioru brzoskwiń, poprzez pierwszy rzut z wyskoku Kenny’ego Sailors’a (wykonany w pojedynku ze swoim starszym bratem Bud’em w 1934 roku, jako sposób na zdobycie punktów przeciwko silniejszemu i większemu obrońcy), aż po współczesne rozgrywki, w których cały świat podziwiał rzuty Michael’a Jordan’a i Reggie’ego Miller’a, czy obecnie Stephen’a Curry’ego (który z sezonu na sezon uzyskuje imponujące rekordy dotyczące 3PTS). Kenny Sailors, jako pierwszy z pionierów JS, został uwieczniony na fotografii (ryc. 1), która została opublikowana w popularnym magazynie „Life Magazine” (wydanie z 21.01.1946 r.). Minie jeszcze kolejnych 6 lat, zanim dziennikarze sportowi rozpoznają i przeanalizują ten wyjątkowy rzut. Natomiast dzięki temu zdjęciu miliony miłośników koszykówki mogło po raz pierwszy zobaczyć innowacyjną technikę rzutową. Zdjęcie wykonane w Madison Square Garden „zapoczątkowało reakcję łańcuchową w koszykówce” napisze w swojej książce: *”The origins of the jump shot: eight men who shook the world of basketball”* John Christgau (1999).



Ryc. 1. Kenny Sailors z University of Wyoming wykonuje rzut z wyskoku w hali Madison Square Garden, 3 stycznia 1946 (źródło: <http://www.kennysailorsjumpshot.com>, data dostępu: 30.04.2022).

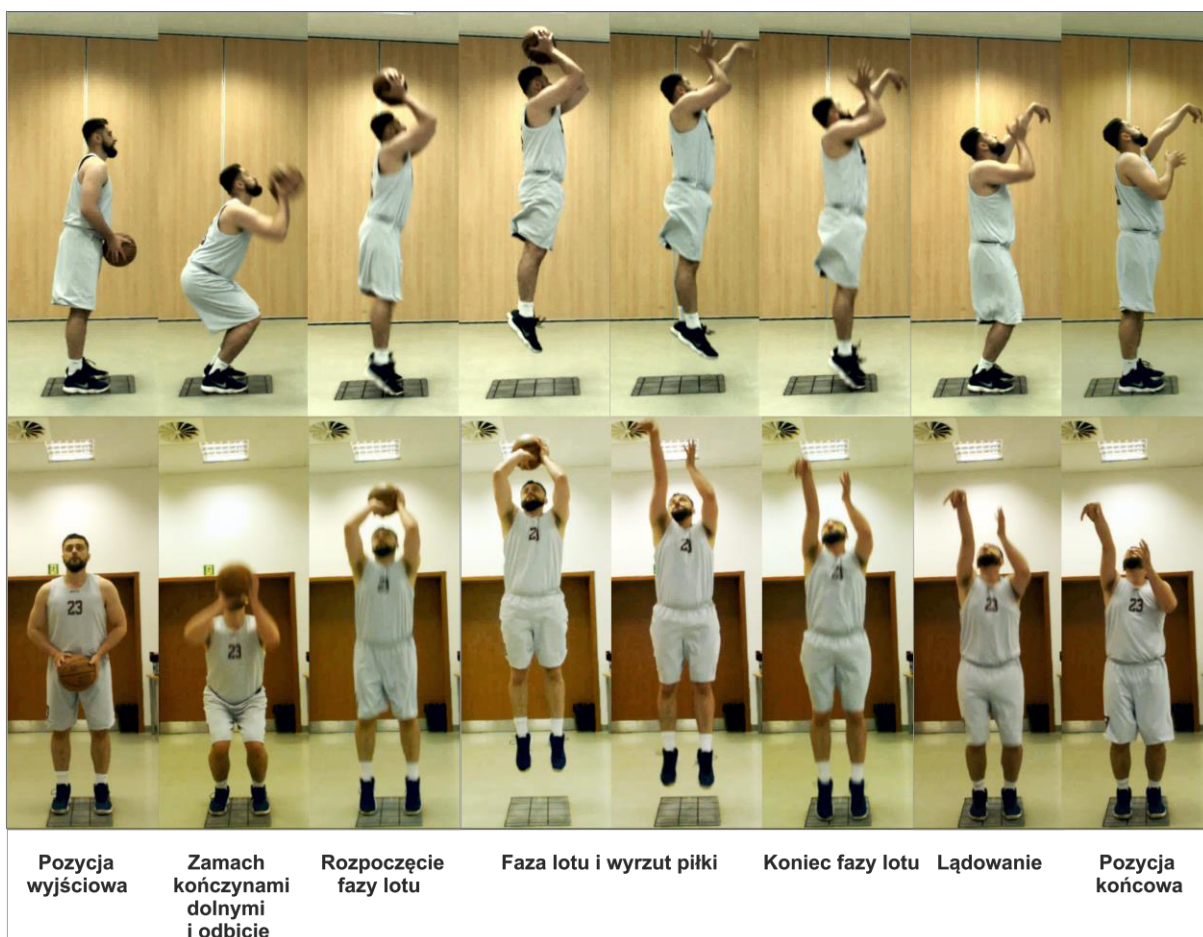
W latach 40-tych XX wieku było wielu przeciwników wprowadzenia nowej techniki rzutu. Uważano, że wykonywanie JS może powodować zbytne zaburzenie koordynacji zawodnika oraz zawahanie przy podejmowaniu decyzji podczas fazy lotu. Takie sytuacje mogły determinować niebezpieczeństwo popełnienia błędu, a w konsekwencji stratę piłki na rzecz drużyny przeciwnej. Mimo to, po paru latach od pojawienia się pierwszych prób JS w lidze akademickiej NCAA, został on bardzo szybko spopularyzowany i wdrożony w procesie nauczania gry w koszykówkę. Nowa technika rzutowa wywarła ogromny wpływ na liczbę zdobywanych punktów podczas meczu. W latach 40-tych XX wieku średni przedział zdobywanych punktów przez drużyny w lidze NCAA to 39,2 - 49,1. Natomiast już w latach 50-tych, kiedy JS zdominował koszykówkę, uzyskiwano pomiędzy 66,2 a 74,0 punktów na mecz, kiedy nie obowiązywała jeszcze linia rzutów za 3 punkty (Fury 2017). JS wprowadził nieprzewidywalność podczas gry w ataku, większą ilość zdobywanych punktów, a przede wszystkim możliwość egzekwowania rzutu pod silną presją obrońcy (Hay 1985; Elliotti White 1989; Pomohaci i Sopa 2021).

I 4. Technika rzutu z wyskoku

Knudson (1993) podkreślał potrzebę wykonania biomechanicznej analizy techniki JS, ukierunkowanej na poznanie jej krytycznych elementów. Naukowe podejście do JS może mieć bezpośrednie przełożenie na osiągnięcie przyszłego sukcesu (Knudson 1993). Z biomechanicznego punktu widzenia JS jest złożoną czynnością ruchową ze względu na zachwiane warunki równowagi oraz występowanie skomplikowanego łańcucha biomechanicznego (Aschenbrenner i Tymański 2017; Rupčić i wsp. 2020). Ruch ciała powinien być zautomatyzowany aby osiągnąć maksymalną powtarzalność niezależną od czynników zewnętrznych (Kornecki i wsp. 2002), co w konsekwencji prowadzi do nabycia wzorca ruchu jakim jest rzut do kosza (Dobovičnik i wsp. 2015). Okazaki i Rodacki (2018) stwierdzają, że doświadczenie zawodnicze koszykarza ma znaczący związek z płynnością wykonywanych przez niego ruchów (koordynację ruchów poszczególnych elementów ciała) podczas rzutu. Czynnikiem determinującym efektywne wykonanie JS, jest m.in. uzyskanie (sub)maksymalnej wysokości skoku, zachowanie koordynacji ruchowej i orientacji przestrzennej (Arlet 2001). Podczas JS ważnym elementem jest utrzymanie stabilnej postawy, pomimo możliwego kontaktu z przeciwnikiem (Huciński i Kisiel 2008). Technika rzutu jest

również zależna od innych czynników zewnętrznych tj. sytuacji na boisku w jakiej znajduje się rzucający zawodnik, odległości od kosza, czy obecności obrońcy (Štrumbelj 2013) oraz od czynników wewnętrznych, czyli m.in. długości i proporcji kończyn górnych i dolnych (Kornecki i wsp. 2002).

Każdy z zawodników posiada swój unikalny, międzyosobniczy styl rzutu (Okazaki i Rodacki 2012). Pomimo to, poziom skuteczności rzutowej u różnych zawodników może być do siebie bardzo zbliżony (França i wsp. 2021). Dominujący wpływ JS na ostateczny wynik meczu, doprowadził badaczy do poszukiwania najważniejszych czynników wpływających na jego efektywność, pomimo międzyosobniczej różnorodności wzorców ruchowych. Uniwersalny model JS, określający wspólne ruchy poszczególnych elementów ciała, funkcjonuje jako wzorcowa technika w procesie nauczania i doskonalenia umiejętności koszykarskich (Okazaki i wsp. 2015). Literatura dotycząca JS popiera referencyjny wzorec rzutu jaki zaprezentował Struzik i wsp. (2014) oraz Okazaki i wsp. (2015).



Ryc. 2. Schemat wykonania rzutu z wysoku (JS), na podstawie: Struzik i wsp. 2014.

Wg Struzika i wsp. (2014) rzut z wysokości składa się z 5 faz (zobrazowanych dodatkowo na ryc. 2):

1. Pozycja wyjściowa.
2. Zamach kończynami dolnymi i odbicie.
3. Faza lotu.
4. Lądowanie.
5. Pozycja końcowa.

Najważniejszym etapem, mającym największy wpływ na osiągnięcie maksymalnej wysokości skoku oraz mocy w fazie odbicia (zmiennie określane jako potencjał skocznościowy zawodnika) to druga faza. W fazie zamachu kończynami dolnymi następuje aktywacja cyklu rozciągnięcie-skurcz (SSC). Cykl ten wykorzystuje zdolność mięśni do gromadzenia i odzyskiwania potencjalnej energii sprężystości. Miarą własności sprężystych tkanek miękkich jest stosunek wartości przyczyn powodujących odkształcenie (siła lub moment siły) do wartości odkształcenia (wydłużenie, ugięcie) (Bober i Zawadzki 2006). Podczas fazy zamachu mamy do czynienia ze skurczem ekscentrycznym prostowników (w obrębie stawów biodrowych, kolanowych oraz skokowych), czyli zamachem kończynami dolnymi (ruch ciała w dół), który powoduje gromadzenie potencjalnej energii sprężystości. Wspomniana energia zostaje wykorzystana w fazie koncentrycznej pracy mięśni (etap skracania mięśni), czyli zgromadzona wcześniej energia zostaje w ten sposób odzyskana i wykorzystana w fazie odbicia (Grimshaw i wsp. 2014). Dzięki wykonaniu zamachu kończynami dolnymi można osiągnąć większą początkową siłę wypadkową oraz w efekcie uzyskać większą wartość pracy jaką może wykonać mięsień podczas jego skracania (skurcz koncentryczny) (Bober i Zawadzki 2006). Długość trwania fazy ekscentrycznej i koncentrycznej mięśnia ma istotny wpływ na uzyskiwaną moc odbicia. Im krótszy czas pracy, tym większa wartość rozwijanej mocy (Bober i Zawadzki 2006). Opanowanie techniki sportowej wiąże się m.in. z umiejętnością wykorzystywania właściwości energii sprężystości (Okazaki i Rodacki 2018). Bober i Zawadzki (2006) stwierdzają, iż wykorzystywanie SSC może spowodować uzyskanie większej wysokości skoku o około 10%.

Okazaki i wsp. (2015) zaproponowali szczegółowy schemat wzorca JS, składającego się również z 5 faz :

1. Faza przygotowawcza. Podczas tej fazy zawodnicy używają obu kończyn górnych aby umieścić piłkę blisko ciała na wysokości stawów biodrowych. Rozłożone palce na piłce ułatwiają stabilne utrzymanie piłki. Jedna dłoń (rzucająca) jest umieszczona nad piłką. Kończyna górna niedominująca, umieszczona jest z bocznej strony piłki, podtrzymuje

piłkę podczas fazy przygotowawczej. Stopy są rozstawione na szerokość ramion, a ciężar ciała zawodnika jest rozłożony równomiernie na obie stopy. Stopa po stronie kończyny górnej dominującej (rzucającej), jest umieszczona nieco z przodu w stosunku do drugiej, aby zwiększyć powierzchnię podparcia oraz w celu zmniejszenia rotacji obręczy kończyny górnej, tułowia i miednicy podczas fazy wypuszczenia piłki. Takie ustawienie stóp zapobiega niepożądanym ruchom ciała zawodnika w przód i w tył podczas skoku i pomaga utrzymać ramię rzucającego zawodnika, a zarazem piłkę w jednej linii z koszem. Stawy skokowe, kolanowe i biodrowe podczas przygotowania do skoku rozpoczynają ruch zgięcia, co skutkuje lekkim pochyleniem tułowia do przodu. Wzrok zawodnika jest skierowany na przednią część obręczy kosza (nie na piłkę). Obręcz kosza jest wykorzystywana jako podstawowy wizualny punkt odniesienia. Zmiana punktu odniesienia może znacząco wpłynąć na dokładność i powtarzalność rzutu.

2. Faza uniesienia piłki. Rozpoczyna się od zgięcia kończyn górnych w stawach ramiennych i łokciowych w celu ustawienia piłki do rzutu. Ramię wykonuje ruch zgięcia do kąta pomiędzy 90 a 135 stopni, dzięki któremu unosi piłkę do góry. Staw łokciowy jest umieszczony pod piłką, równo w linii z koszem. W celu poprawy dokładności rzutu, ruchy ramienia, przedramienia i dłoni odbywają się w jednej płaszczyźnie, która jest wynikiem wcześniejszego ustawienia stawów ramiennych, łokciowych i nadgarstkowych. Piłka jest umieszczona blisko ciała aby zwiększyć równowagę i zmniejszyć możliwość przemieszczenia poziomego ciała. Wyprost w stawach biodrowych, kolanowych oraz skokowych następuje jednocześnie wraz z podnoszeniem piłki nad głowę.
3. Faza stabilizacji. Stabilizacja i kontrola ruchu są podstawowymi cechami wpływającymi na dokładność rzutu. Zgięte kończyny dolne poprzez wyprost inicjują skok oraz wznoszenie się ciała i rozpoczęcia fazy lotu. Stawy nadgarstkowe kończyny górnej rzucającej zostają zgięte grzbietowo podczas fazy uniesienia piłki, aby w najwyższym punkcie skoku wypuścić piłkę. Przeciwnie ruchy stawu promieniowo-nadgarstkowego kończyny górnej rzucającej poprzez zgięcie grzbietowe w fazie przygotowawczej oraz zgięcie dłoniowe w fazie wypuszczenia piłki pozwalają wykorzystać energię sprężystości przez rozciągnięcie zginaczy stawów nadgarstkowych.
4. Faza wypuszczenia piki. Rozpoczyna się od wyprostowania stawu łokciowego i zgięcia dłoniowego stawu nadgarstkowego, a kończy się na wypuszczeniu piłki z dłoni. Wyrzucenie piłki powinno być wykonane poprzez zgięcie palców oraz stawów

nadgarstkowych aby zapewnić paraboliczną trajektorię oraz wsteczną rotację podczas lotu do kosza.

5. Faza inercyjna / faza podążania za piłką. Ostatnia faza rozpoczyna się wraz z wypuszczeniem piłki. Charakteryzuje się zgięciem dłoniowym stawu nadgarstkowego oraz zmniejszonym zgięciem w stawach ramiennych. Kończyna górna, rzucająca jest wyprostowana w stawie łokciowym. Dłoń kończyny górnej rzucającej jest skierowana równolegle do podłoża, a jej palce skierowane w stronę kosza.

I 5. Przegląd literatury dotyczącej rzutu z wyskoku

I 5.1. Przegląd piśmiennictwa dotyczącego kończyn górnych przy rzucie z wyskoku

Wraz z rozwojem technologicznym, powstały możliwości przeprowadzania szczegółowej analizy kinetycznej i kinematycznej JS. Dotychczasowe badania dotyczące JS zajmowały się przede wszystkim analizami: zmiennych kinematycznymi poszczególnych stawów kończyny górnej, położenia ogólnego środka masy ciała (COM), kątów i prędkości wypuszczenia piłki, wysokości wypuszczenia piłki (wysokość piłki w momencie ostatniego kontaktu z opuszkami palców w fazie lotu tzw. „*release height*”) oraz trajektorii lotu piłki (Penrose i Blanksby 1976; Hudson 1983; Tsarouchas i wsp. 1988; Elliot i White 1989; Knudson 1993; Miller i Barlett 1993; Okazaki i Rodacki 2012; Struzik i wsp. 2014; Dobovičnik i wsp. 2015; Okazaki i wsp. 2015; Okubo i Hubbard 2015; Podmenik i wsp. 2017; Okazaki i Rodacki 2018; Silverberg i wsp. 2018; Aksović i wsp. 2020; Nakano i wsp. 2020a; Nakano i wsp. 2020b; Zarić i wsp. 2020; Vencúrik i wsp. 2021; Cabarkapa i wsp. 2022a). Zatem w kręgu zainteresowań dotyczących poprawy efektywności JS najbardziej absorbująca była problematyka mechaniki górnej części ciała, głównie kończyn górnych (Williams i wsp. 2016). Poruszając tematykę efektywności JS, nie sposób nie przywołać i nie usystematyzować, jedne z ważniejszych i często cytowanych prac w obszarze górnej części ciała. Należy szczegółowo zrozumieć poruszaną tematykę i występującą dysproporcję pomiędzy badaniami dotyczącymi obszaru kończyn górnych, względem badań obejmujących obszar kończyn dolnych w trakcie wykonywania JS.

Jedną z bardziej cenionych publikacji przez wielu autorów zgłębiających tematykę biomechanicznego poznania JS, jest często cytowana praca Knudson’a (1993). Główną determinantą przedstawioną przez Knudson’a (1993) jest odpowiednia pozycja ciała („*body position*”), rozpatrywana z perspektywy wychyleń COM. Wg Knudson’a (1993) stabilna podstawa podparcia, o minimalnych wychyleniach COM, znacząco zwiększa szansę

powodzenia rzutu. Knudson (1993) stwierdza, że zawodnicy wykonując skok podczas rzutu, powinni utrzymywać ciało stabilnie jak najbliżej płaszczyzny czołowej, czyli minimalizując wychylenia COM poza anatomiczne granice stabilności wyznaczone przez pole powierzchni podstawy podparcia stóp (Sobera 2010). Hudson (1983) na podstawie badań własnych spostrzegł, że grupy doświadczonych koszykarek wykazywały się zdecydowanie mniejszymi wychyleniami COM, w przeciwieństwie do grupy charakteryzującej się niższym poziomem umiejętności koszykarskich. Elliot i White (1989) stwierdzają (za: Penrose i Blanksby 1976), że średnie odchylenie ciała od pionu w momencie wypuszczenia piłki powinno wynosić 2° , m.in. ze względu na uzyskanie w konsekwencji pożądanego kąta wypuszczenia piłki. Z kolei odchylenie tułowia do tyłu ($\sim 3^\circ$) może przyczynić się bezpośrednio do zwiększenia wysokości wypuszczenia piłki (Nakano i wsp. 2020b). Okazaki i Rodacki (2018) stwierdzają, że profesjonalni koszykarze wykazują się mniejszymi wychyleniami COM w przeciwieństwie do amatorów, co jest związane z posiadaniem większego poziomu zdolności siłowych przez zawodników profesjonalnych.

Kolejnym ważnym czynnikiem mającym związek z efektywnością JS, wymienianym również przez Knudson'a (1993), jest wysokość wypuszczenia piłki („*release height*”). Im wyżej występuje punkt wypuszczenia piłki, tym większe prawdopodobieństwo osiągnięcia celnego rzutu. Uzyskiwana wysokość skoku podczas rzutu oraz odpowiednia koordynacja ruchów poszczególnych części ciała są zmiennymi determinującymi wysokość wypuszczenia piłki (Miller i Barlett 1993, 1996). Okazaki i Rodacki (2012 i 2018) oraz Okazaki i wsp. (2015) stwierdzają, że większa wysokość wypuszczenia piłki pozwala na uzyskiwanie mniejszych prędkości wypuszczenia piłki, tym samym powodując zwiększenie prawdopodobieństwa celnego rzutu, z racji krótszej trajektorii lotu piłki. W badaniach Hudson'a (1983) grupa profesjonalnych koszykarek wykazała się istotnie większą wysokością wypuszczenia piłki w stosunku do grupy amateerek. W grupie amateerek dodatkowo zaobserwowano, że w przypadku celnych rzutów, wysokość wypuszczenia piłki była średnio o 4 cm większa względem rzutów niecelnych. Cabarkapa i wsp. (2022a) również odnotowali w grupie profesjonalnych koszykarzy większą wysokość wypuszczenia piłki podczas 2PTS i 3PTS względem grupy amatorów. Knudson (1993), Struzik i wsp. (2014) oraz Zarić i wsp. (2020) stwierdzają, że większa wysokość wypuszczenia piłki jest zdolnością, która charakteryzuje zawodowych koszykarzy, a jej głównymi zaletami są zwiększenie skuteczności rzutowej oraz możliwość zabezpieczenia piłki przed jej zablokowaniem. Zawodnicy borykający się z deficytem siłowym (szczególnie dzieci) charakteryzują się stosunkowo mniejszą wysokością wypuszczenia piłki i w konsekwencji dłuższą trajektorią

lotu piłki (Zarić i wsp. 2020). Dodatkowo Aksović i wsp. (2020) stwierdzają, iż zwiększenie wysokości wypuszczenia piłki (ściśle związane z wysokością skoku) wydłuża możliwość regulacji prędkości wypuszczenia piłki przez zawodnika. Wysokość wypuszczenia piłki jest silnie związana z wysokością ciała zawodnika, poziomem zdolności skocznościowych oraz koordynacyjnych (Aksović i wsp. 2020; Zarić i wsp. 2020). Zarić i wsp. (2020) sugerują nawet, że wysokość ciała powinna odgrywać znaczącą rolę w procesie selekcji zawodników do drużyn narodowych. Zarić i wsp. (2020) odnotowali, że drużyny narodowe, które zajmowały na Mistrzostwach Świata (2010, 2014 i 2019) miejsca od 1 do 16, posiadały zawodników na pozycjach PG, SG i SF o istotnie większej wysokości ciała od swoich odpowiedników z drużyn zajmujących dalsze miejsca w mistrzostwach. Silverberg i wsp. (2018) na podstawie własnych badań dotyczących problemu powtarzalności techniki rzutów wolnych stwierdzają, że czynnikiem najbardziej determinującym skuteczność rzutów wolnych, jest wysokość wypuszczenia piłki.

Prędkość wypuszczenia piłki („*release velocity*”), to kolejny z istotnych czynników wyszczególniony m.in. przez Knudson’a (1993). Miller i Barlett (1993) oraz Okazaki i Rodacki (2018) stwierdzają, że JS powinien być wykonywany z jak najmniejszą możliwą prędkością wypuszczenia piłki (będąca wynikiem prędkości kątowych stawów biorących udział w JS) dla danej odległości od kosza, w celu zwiększenia prawdopodobieństwa skuteczności rzutu. Stosunkowo mała prędkość wypuszczenia piłki pozwala zawodnikowi uzyskać dodatkowy czas na korektę ruchu, za pomocą wizualnego i proprioceptywnego sprzężenia zwrotnego (Aksović i wsp. 2020). Miller i Barlett (1993), Nakano i wsp. (2020a) oraz Vencúrik i wsp. (2021) wykazali, że prędkość wypuszczenia piłki, zwiększa się wprost proporcjonalnie do odległości od kosza. Elliot i White (1989) na podstawie badań przeprowadzonych na koszykarkach stwierdzili, że prędkość wypuszczenia piłki w przypadku 3PTS była istotnie większa względem 2PTS. Zawodniczki, posiadając mniejszy potencjał siłowy kończyn górnych w przeciwieństwie do mężczyzn, podczas 3PTS wypuszczały piłkę przed osiągnięciem maksymalnej wysokości skoku. Elliot i White (1989) oraz Tsarouchas i wsp. (1988) stwierdzają, że kobiety wykorzystują prędkość pionową COM podczas fazy wznoszenia do zwiększenia prędkości piłki. We wcześniejszych badaniach Penrose’a i Blanksby’ego (1976), zawodowi koszykarze podczas wykonywania JS, wypuszczali piłkę w najwyższym punkcie skoku. Zatem prędkość piłki była w dużej mierze wynikiem prędkości poziomej kończyny górnej, a prędkość pionowa COM była wykorzystywana głównie do uzyskania maksymalnej wysokości skoku. Vencúrik i wsp. (2021) odnotowali w badanych grupach młodzieżowych, że grupa U16 chłopców uzyskała większą prędkość wypuszczenia

piłki podczas 3PTS w przeciwieństwie do starszej grupy U18. Taką samą tendencję zaobserwowano również między grupami dziewcząt U16 a U18. Aksović i wsp. (2020), Dobovičnik i wsp. 2015 oraz Okazaki i Rodacki (2018) również stwierdzają, że zawodnicy o mniejszym poziomie zdolności siłowych, szczególnie w początkowych etapach procesu treningowego, wykazują się zbyt dużą prędkością wypuszczenia piłki, poprzez zwiększone zaangażowanie kończyn dolnych i tułowia, co odbija się na dokładności rzutu. Ponadto Elliot i White (1989) oraz Vencúrik i wsp. (2021) odnotowali, że koszykarki, w przeciwieństwie do koszykarzy, wykazywały się większymi przemieszczeniami poziomymi COM podczas 3PTS względem 2PTS, powodując tym samym dodatkowe zwiększanie prędkości wypuszczenia piłki. Elliot i White (1989) oraz Vencúrik i wsp. (2021) jednoznacznie wskazują, że powodem zwiększenia przemieszczeń poziomych COM przez koszykarki jest ich zbyt niski poziom zdolności siłowych, w szczególności dotyczący górnej części ciała. Taki stan rzeczy powinien skłaniać dodatkowo zawodniczki np. do samodzielnego zwiększania potencjału siłowego kończyn górnych. Profesjonalni koszykarze, aby uzyskać mniejszą prędkość wypuszczenia piłki wykonują przeciwruchy w stawach łokciowych i nadgarstkowych (które się nawzajem kompensują) oraz rotację wsteczną piłki w momencie jej wypuszczenia (Button i wsp. 2003; Okubo i Hubbard 2015). Rotacja wsteczna piłki powoduje zmniejszenie jej prędkości poziomej, co pozwala zwiększyć celność rzutu uzyskując tzw. „miękki rzut” (Knudson 1993; Aksović i wsp. 2020). Dodatkowo rotacja wsteczna ułatwia zdobywanie punktów w przypadku odbicia piłki od tablicy kosza (Miller i Bartlett 1993; Knudson 1993; Nakanoi i wsp. 2020a). Istotny udział rotacji wstecznej piłki w skuteczności rzutowej marginalizują Dobovičnik i wsp. (2015), którzy stwierdzają, że rotacja wsteczna piłki jest drugorzędną zmienną, w stosunku do kąta wypuszczenia piłki, kąta wejścia piłki do kosza czy jej prędkości. Okubo i Hubbard (2015) wykazali, że uzyskanie optymalnej prędkości wypuszczenia piłki jest kwestią ściśle związaną z cechami somatycznymi oraz sytuacją w jakiej znajduje się zawodnik na boisku. Okubo i Hubbard (2015) stwierdzają, że istnieje wiele możliwych kombinacji wartości prędkości kątowych stawów ramiennych, łokciowych i nadgarstkowych dla uzyskania optymalnej prędkości wypuszczenia piłki. Prędkość wypuszczenia piłki jest zmienną odpowiedzialną za możliwość wykonywania rzutów z różnych odległości i to jej, w przypadku zmian odległości od kosza, powinno być poświęćane najwięcej uwagi podczas biomechanicznej analizy JS (Nakano i wsp. 2020a).

Kolejnymi ważnymi zmiennymi kinematycznymi, wyszczególnionymi również przez Knudson'a (1993), wpływającymi na efektywność JS są kąt wypuszczenia piłki („*release*

angle”) oraz kąt wpadania piłki do kosza („*angle of entry of the basketball*”). Większy kąt wypuszczenia piłki, pozwala na uzyskanie większego kąta wejścia piłki do kosza, co „zwiększa powierzchnię” wirtualnego celu (Okazaki i Rodacki 2012; Dobovičnik i wsp. 2015; Okazaki i wsp. 2015). Erčulj i Supej (2009) wskazują negatywne skutki nadmiernego zwiększania kąta wypuszczenia piłki. Przy większym kącie wypuszczenia piłki, droga jaką pokonuje piłka od momentu jej wypuszczenia do momentu wpadania do obręczy jest dłuższa, przez co zawodnik musi nadać piłce większą prędkość (poprzez wygenerowanie większej siły), zarazem utrudniając zachowanie dokładności i powtarzalności rzutów. Prędkość wypuszczenia piłki ma silny związek z kątem jej wyrzutu. Niewielka zmiana jednej z wymienionych zmiennych wymaga natychmiastowej zmiany drugiej, aby rzut był celny. W rzeczywistości istnieją różne kombinacje kątów i prędkości wypuszczenia piłki, które umożliwiają uzyskanie celnego rzutu (Knudson 1993). Aksović i wsp. (2020) stwierdzają, że zwiększony kąt wypuszczenia piłki automatycznie powoduje zwiększenie kąta wejścia piłki do kosza. Cabarkapa i wsp. (2022a) odnotowali, że profesjonalni zawodnicy podczas 2PTS osiągnęli większy kąt wypuszczenia piłki poprzez wyższe ustawienie stawu łokciowego (większa wysokość piłki) oraz większe zgięcie w stawach ramiennych i łokciowych. W badaniach Vencúrik’a i wsp. (2021) grupa koszykarzy U18 uzyskała większe kąty zgięcia w stawach ramiennych oraz większe kąty wejścia piłki do obręczy, względem grupy U16. Poza tym wykazano, że podczas 3PTS większy kąt wejścia piłki do kosza był uzyskiwany przy celnych rzutach niż przy niecelnych. W badaniach Miller’a i Barlett’a (1993) kąty wypuszczenia piłki dla dwóch bliższych badanych dystansów (2,74 m i 4,57 m od kosza) były w przedziale (52 – 55) stopni. Z kolei podczas rzutów z dalszej odległości (6,40 m) zakres kątów wypuszczenia piłki zmniejszył się względem bliższych odległości do (48 – 50) stopni. Dobovičnik i wsp. (2015) w badaniach zmiennych kinematycznych podczas 3PTS przeprowadzonych na 52 doświadczonych koszykarzach wykazali, że średnie wartości kątów wypuszczenia piłki nie różniły się istotnie pomiędzy zawodnikami grającymi na różnych pozycjach (SG, SF, C) i oscylowały w okolicach 42 stopni. Hudson (1983) odnotował, że średni kąt wypuszczenia piłki w grupie profesjonalnych koszykarek wynosił 52 stopnie, a jego zakres zawierał się w przedziale (46 – 60) stopni. Knudson (1993) proponuje (za: Hay 1985), aby rzuty ze średniego dystansu („*midrange*”) były wykonywane przy kącie wypuszczenia piłki między 49 a 55 stopni (gdzie kąt 52 stopnie jest najbardziej pożądanym), co potwierdzają również w swojej publikacji Elliot i White (1989). Wypuszczenie piłki pod kątem 52 stopni zapewnia uzyskanie możliwie minimalnej prędkości piłki potrzebnej do skutecznego rzutu, a zarazem pożądanego kąta wejścia piłki do kosza. Natomiast rzuty

z bliższej odległości, powinny być oddawane przy większych kątach wypuszczenia piłki. Fagaras i wsp. (2017) przeprowadzając analizę rzutu wolnego („free throw”), zbliżonego techniką wykonania do JS, stwierdzili, iż przyczynami uzyskiwania nieprawidłowego kąta wypuszczenia piłki mogą być wykonywane ruchy kompensacyjne (wychylenia) COM w przód, w tył i na boki, spowodowane przede wszystkim deficytem siłowym kończyn górnych. Jak zaznaczają Ernst (2010) oraz Veljović i wsp. (2021), kąt wyrzutu piłki będzie zawsze kwestią indywidualną, zależną m.in. od cech somatycznych zawodnika, jego długości ramion czy wysokości ciała.

Knudson (1993) jako kolejny z czynników decydujący o efektywności JS wyszczególnia odpowiednią koordynację ruchów kończyn dolnych i synchronizację z ruchami kończyn górnych. Knudson (1993) informuje również o braku badań dotyczących określenia prawidłowej koordynacji ruchów podczas JS w tamtych latach. Dobovičnik i wsp. (2015) wykonali badania polegające na analizie koordynacji ruchów podczas JS i wykazali, że występujące chwilowe zatrzymanie ruchu w niektórych momentach JS, może być przyczyną wolniej wykonywanego rzutu i w efekcie umożliwić skuteczne działanie obrońców. Fagaras i wsp. (2017) przedstawili praktyczne wskazówki dla polepszenia efektywności rzutów, które polegają na utrzymaniu stabilnej postawy ciała oraz odpowiedniej koordynacji elementów ciała (synchronizacji: kończyny dolne - górne) zaangażowanych podczas rzutu.

Kolejnym obszarem badań JS, absorbującym wielu badaczy jest wpływ zmęczenia zawodnika na kinematykę oraz skuteczność rzutu. Erčulj i Supej (2009) obserwowali wpływ zmęczenia zawodnika na uzyskiwane wartości kątów w stawach kończyn górnych oraz wysokości skoku podczas JS. Ardigo i wsp. (2018) oraz Matulaitis i wsp. (2019) badali wpływ intensywności wysiłku (poprzez częstość skurczów serca HR) na skuteczność 3PTS. Wykazano, iż przy 80% HR_{max} (czyli intensywności jaka występuje mniej więcej podczas gry), w stosunku do 50% HR_{max} i 0% HR_{max} (spoczynkowa częstość skurczów serca), skuteczność 3PTS znacząco się obniża. Ardigo i wsp. (2018) oraz Matulaitis i wsp. (2019) stwierdzają, że wyniki ich badań świadczą o fundamentalnej zasadzie nowoczesnego treningu koszykarskiego jaką jest prowadzenie treningów (w szczególności 3PTS) w warunkach zbliżonych do meczowego HR. Rupčić i wsp. (2020) oraz Li i wsp. (2021) analizowali wpływ zmęczenia na zmienne kinematyczne JS. Wykazano wpływ zmęczenia na analizowane zmienne kinematyczne, zmniejszyła się wysokość wypuszczenia piłki oraz zmniejszył kąt wejścia piłki do kosza. Niemniej jednak Li i wsp. (2021) zaobserwowali, że koszykarki potrafiły dostosować swój układ nerwowo-mięśniowy do zmieniających się warunków,

o czym świadczy uzyskiwanie podobnej skuteczności rzutowej podczas zmęczenia jak i podczas jego braku. Pojskic i wsp. (2018) przeprowadzili badania dotyczące analizy związku poziomu zdolności kondycyjnych ze skutecznością JS u profesjonalnych zawodników. Wykazano istotny związek mocy maksymalnej oraz wydolności beztlenowej ze skutecznością JS wykonywanego z dalszej odległości. Louis i wsp. (2018) badali wpływ odwodnienia u elitarnych zawodników na zmienne kinematyczne (tj. kąty w stawach skokowych, kolanowych, biodrowych, ramiennych, łokciowych, nadgarstkowych) oraz zmienne opisujące wypuszczenia piłki (tj. wysokość, prędkość i kąt) podczas 3PTS. Profesjonalni zawodnicy wykazali się zachowaniem wzorców kinematycznych podczas rzutów pomimo 2% odwodnienia, co stanowi tolerowany poziom odwodnienia dla utrzymania efektywności i odpowiedniej techniki JS podczas 3PTS.

Innym obszarem zainteresowań naukowców, był wpływ obrońcy na zachowanie się zawodnika rzucającego, uzyskiwane przez niego zmienne kinematyczne oraz efektywność rzutu. Rojas i wsp. (2000) badali wpływ obecności obrońcy podczas JS na wybrane zmienne kinematyczne. Wyniki badań świadczą, że obecność obrońcy podczas JS powoduje uzyskanie przez rzucającego większej wysokości wypuszczenia piłki oraz szybsze jej wypuszczenie w stosunku do rzutu wykonywanego bez obrońcy. Kambič i wsp. (2022) określili determinanty celnego JS względem różnej wysokości przeszkody imitującej obrońcę. Badania wykazały, że rzuty wykonywane nad wyższymi przeszkodami skutkowały większą wysokością skoku, większą wysokością wypuszczenia piłki i większym kątem wejścia piłki do obręczy, przy jednoczesnym obniżeniu skuteczności rzutowej.

Kolejnym obszarem zainteresowań badaczy jest fiksacja wzroku podczas rzutu. Van Maarseveen i Oudejans (2018) badali zachowanie się wzroku graczy podczas rzutu z nabiegającym obrońcą i bez obrońcy oraz wpływ tej sytuacji na fiksację wzroku (utrzymanie wzroku w konkretnej lokalizacji) na obręczy. Zbliżający się obrońca, próbujący zablokować rzut powodował znaczące zmiany w wykonaniu ruchu przez rzucającego oraz zachowaniu wzroku. Zawodnicy dostosowywali wykonywaną czynności ruchową (JS) do zbliżającego się obrońcy. Rzut był wykonywany szybciej, rzucający uzyskiwali większą wysokość skoku oraz wyższą trajektorię lotu piłki, co potwierdziło wyniki uzyskane przez Gorman'a i Maloney'a (2016) w analogicznych badaniach. Dodatkowo zawodnicy uzyskujący podobną skuteczność JS z obrońcą i bez obrońcy wykazywali się niezmienną i niezaburzoną fiksacją końcową (wzrok skupiony na obręczy). Oudejans i wsp. (2002) oraz Ferraz de Oliveira i wsp. (2007) badali wpływ programowania wzrokowego, czyli otrzymywanej informacji wzrokowej 350 ms przed oddaniem rzutu na efektywność JS.

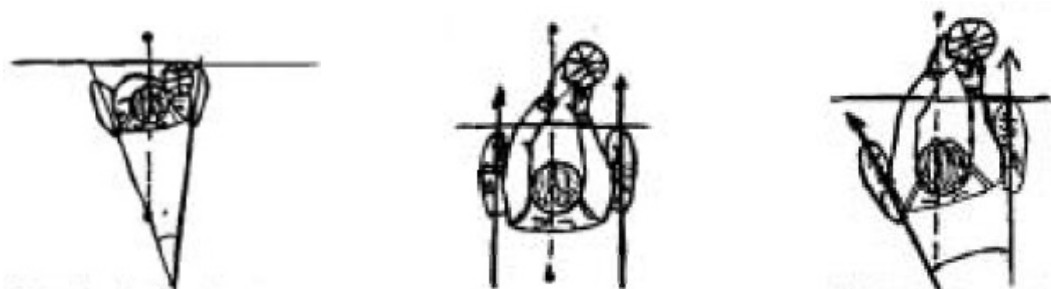
Wykazano, że rozbudowane i szczegółowe programowanie ruchu poprzez zmysł wzroku jest zbędne. Stwierdzono, że otrzymywanie informacji w czasie rzeczywistym (bez wcześniejszego programowania ruchu) jest wystarczające dla efektywnego wykonania rzutu. Z kolei Uchida i wsp. (2014) przeprowadzili badania dotyczące umiejętności przewidywania celności rzutów wolnych poprzez analizę fiksacji wzroku na konkretnych obszarach i elementach ciała. Uchida i wsp. (2014) potwierdzili wcześniejsze doniesienia Ishibashi'ego i wsp. (2010), iż doświadczeni gracze w przewidywaniu celności rzutów innego zawodnika wykonującego rzut, kierują się strategią wizualną opartą na obserwacji względnych pozycji stawów dolnej i górnej części ciała oraz trajektorii lotu piki. Natomiast amatorzy skupiają swój wzrok głównie na piłce. Profesjonaliści wykazują się w przeciwieństwie do amatorów, wyższym poziomem selektywności uwagi i wyższą efektywnością przewidywania akcji ofensywnych (Ibáñez i wsp. 2009).

Z perspektywy zmiennych kinematycznych, najistotniejsze okazują się cechy osobnicze koszykarza, takie jak cechy somatyczne czy poziom zdolności motorycznych (Okazaki i wsp. 2015; França i wsp. 2021; Grenha i wsp. 2022) oraz okoliczności występujące podczas meczu (zmęczenie czy obecność obrońcy). Nie istnieje jedna idealna technika, którą można dopasować do każdego zawodnika. Każdy z doświadczonych zawodników wyróżnia się odrębnym „mistrzowskim” stylem rzutowym (França i wsp. 2021).

I 5.2. Przegląd piśmiennictwa dotyczącego kończyn dolnych podczas rzutu z wysoku

Badań pod kątem pracy kończyn dolnych podczas rzutu jest stosunkowo niewiele. Jedne z pierwszych wykonali Ryan i Holt (1989). Autorzy pracy przeprowadzili analizę rzutów wolnych (zblizonych pod względem techniki do JS) wykonywanych przez 67 koszykarzy o wysokim poziomie umiejętności technicznych. Każdy z badanych wykonał 100 rzutów wolnych w celu podziału na 2 grupy, zależnie od poziomu reprezentowanej skuteczności rzutowej. Jedna grupa składała się z osób ze skutecznością powyżej 69%, a druga grupa poniżej 69%. Zawodnicy z grupy o większej skuteczności rzutowej charakteryzowali się mniejszą powierzchnią podparcia (węższe ustawienie stóp) oraz kątem utworzonym przez stopy względem osi długiej i płaszczyzny czołowej pomiędzy 14 a 18 stopni (ryc. 3a). Grupa o niższej skuteczności rzutowej charakteryzowała się szerszym ustawieniem stóp w płaszczyźnie poprzecznej (ryc. 3b i 3c). Kąt utworzony przez stopy u części zawodników o niższym poziomie skuteczności był mniejszy niż 14 stopni (ryc. 3b) lub większy niż 18 stopni (ryc. 3c). Ryan i Holt (1989) wywnioskowali, iż istnieje pewien optymalny zakres ustawienia stóp, który sprzyja w osiągnięciu wysokiej skuteczności rzutów

wolnych. Dodatkowo stwierdzają, że prawidłowe ustawienie stóp eliminuje podrotację i nadrotację obręczy kończyny górnej jaka powstaje podczas rzutu do kosza. Grupa o większej skuteczności rzutowej charakteryzowała się dodatkowo odchyleniem tułowia do tyłu w granicach od 3 do 10 stopni oraz wyższym uniesieniem stóp (wspięcie na palce) od grupy o niższej skuteczności rzutowej.



- | | | |
|---|--|--|
| a) Zawodnicy o rozstawie stóp 14-18 stopni
(skuteczność > 69%) | b) Zawodnicy o rozstawie stóp < 14 stopni
(skuteczność < 69%) | c) Zawodnicy o rozstawie stóp > 18 stopni
(skuteczność < 69%) |
|---|--|--|

Ryc. 3. Różne ustawienia stóp podczas wykonywania rzutu wolnego.

Za: Ryan P., Holt L.E. (1989) *Kinematic variables as predictors of performance in the basketball free-throw*. [w:] Morrison W.E. (red.), ISBS – Conference Proceedings: 7 International Symposium on Biomechanics in Sports, Footscray, Victoria, Australia, 1989, 79-88.

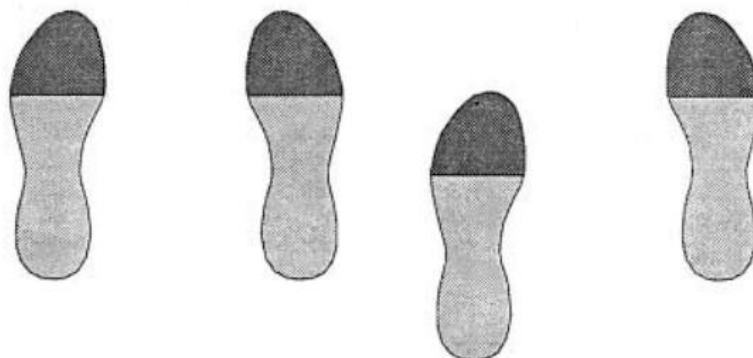
Knudson (1993) stwierdza, że odpowiednie ustawienie stóp (ryc. 3a) pozwala na skuteczne przeciwdziałanie siłom zaburzającym równowagę, minimalizując poziome ruchy COM, umożliwiając oddanie celnego rzutu. Knudson (1993) wskazuje, że postawa przed wykonaniem rzutu, powinna być wykroczo - dominująca (nie określił natomiast dokładnej odległości pomiędzy stopami). Stopy mogą być lekko skierowane na zewnątrz, tworząc kąt między 14 a 18 stopni (ryc. 3a), co potwierdza wcześniejsze doniesienia Ryan'a i Holt'a (1989). Wspomniane ustawienie stóp Knudson (1993) określa jako najbardziej efektywne z perspektywy procesu utrzymania równowagi ciała (wychyleń COM). Lekko rozstawione stopy na zewnątrz pozwalają zawodnikowi zminimalizować wychylenia COM do przodu i do tyłu oraz na boki. Knudson (1993) stwierdza, że efektywność rzutów jest największa jeżeli zawodnik utrzymuje piłkę oraz stawy: promieniowo-nadgarstkowy, łokciowy oraz ramienny w jednej linii wraz z wykroczną stopą ręki rzucającej. Wykroczo - dominujące

ustawienie stóp pozwala zawodnikowi ułożyć ramię kończyny rzucającej idealnie w linii prostej do kosza, tym samym ułatwiając celowanie do niego wzdłuż płaszczyzny strzałkowej.

Miller (1996) wykonał biomechaniczną analizę porównawczą pomiędzy JS a rzutami z miejsca w netballu (gra zespołowa, która jest uznawana za prekursora dzisiejszej koszykówki). Miller (1996) stwierdza, że badani koszykarze jak i zawodniczki netballu, przyjmowali postawę wykroczo - dominującą wykonując rotację stawów ramiennych i biodrowych względem osi długiej ciała, w celu ustawienia oka, stawu ramiennego, łokciowego i promieniowo-nadgarstkowego kończyny górnej rzucającej, w jednej linii wzdłuż płaszczyzny strzałkowej względem kosza, zwiększając precyzję rzutu. Koszykarze wykazali się mniejszym rozstawem stóp zarówno w płaszczyźnie strzałkowej jak i poprzecznej względem zawodniczek netballu. Zawodniczki stosowały większą podstawę podparcia względem koszykarzy, co przyczyniło się do uzyskania mniejszej rotacji w stawach biodrowych i ramiennych względem osi długiej ciała, w przeciwieństwie do koszykarzy. Zatem postawa wykroczo – dominująca, zwiększa potencjalną zdolność zawodnika do utrzymania równowagi, poprzez zwiększenie powierzchni podstawy podparcia. Dodatkowo z perspektywy pracy kończyn górnych zaobserwowano, że podczas wypuszczenia piłki kąty w stawie ramiennym, łokciowym i promieniowo-nadgarstkowym były mniejsze u koszykarzy, względem kątów uzyskanych przez zawodniczki netballu. Przyczyną osiągnięcia mniejszego kąta wypuszczenia piłki przez koszykarzy był wykonywany przez nich skok podczas rzutu, w przeciwieństwie do rzutu w netballu wykonywanego z miejsca.

Spina i wsp. (1996) wykonali analizę porównawczą dwóch zawodników, profesjonalisty i amatora, podczas wykonywania JS, w celu określenia różnic w zdolności utrzymania równowagi. Zadaniem obu koszykarzy było wykonanie JS po dowolnym zatrzymaniu (dogodniejszym dla siebie ustawieniu stóp) na platformie dynamometrycznej znajdującej się w odległości linii rzutów wolnych od kosza. Profesjonalny gracz zatrzymał się w równoległym ustawieniu stóp, natomiast gracz amator w ustawieniu wykroczo - dominującym (ryc. 4). Wartości wychyleń COM w płaszczyźnie strzałkowej były zbliżone u obu badanych zawodników, pomimo przyjęcia przez amatora, z punktu widzenia wielkości powierzchni podparcia, efektywniejszej postawy. Natomiast wychylenia w płaszczyźnie poprzecznej były mniejsze u profesjonalisty. Zatem równoległe ustawienie stóp może sprzyjać utrzymaniu ciała w równowadze w płaszczyźnie poprzecznej, a wykroczo – dominujące w płaszczyźnie strzałkowej podczas wykonywania JS. Powodów stosowania odmiennego ustawienia stóp przez zawodników należy doszukiwać się w różnym stopniu

doświadczenia koszykarskiego oraz w rozbieżnym poziomie zdolności siłowych (Spina i wsp. 1996).



Ryc. 4. Ustawienia stóp podczas wykonywania rzutu z wysokości (JS) przez profesjonalistę (po lewej) i amatora (po prawej).

Za: Spina M.S, Cleary T.D, Hudson J.L. (1996) An exploration of balance and skill in the jump shot. [w:] T. Bauer (red.), XIII International symposium for biomechanics in sport: proceedings, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, July 18-22, 1995. Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, 294-297.

Aschenbrenner i Tymański (2017), wykonali badania na 13 profesjonalnych koszykarzach, w celu zdiagnozowania różnic w charakterystyce przebiegu sił reakcji podłoża, pomiędzy rzutami celnymi i niecelnymi. Aschenbrenner i Tymański (2017) stwierdzili, że dłuższy czas odbicia oraz większe wartości maksymalnej siły reakcji podłoża w fazie lądowania były charakterystyczne dla wszystkich rzutów niecelnych (1PTS, 2PTS, 3PTS). Podczas celnych 1PTS występowała większa maksymalna siła reakcji podłoża w fazie odbicia w porównaniu do niecelnych. W rzutach 2PTS dłuższy czas lotu charakteryzował rzuty niecelne. Natomiast podczas 3PTS, maksymalna siła reakcji podłoża w fazie odbicia była większa dla rzutów niecelnych. Dodatkowo wychylenia poziome COM są większe podczas rzutów niecelnych. Największe wartości sił reakcji podłoża w fazach odbicia oraz lądowania, jak i najdłuższy czas lotu występowały przy rzutach 3PTS. Aschenbrenner i Tymański (2017) stwierdzili, że istotnymi umiejętnościami mającymi największy związek ze skutecznością rzutową są dostosowanie siły, jej kierunku oraz czasu odbicia do sytuacji rzutowej (odległości od kosza i obecności przeciwnika).

Struzik i wsp. (2014) przeprowadzili biomechaniczną analizę porównawczą, pod kątem uzyskanej wysokości skoku oraz mocy w fazie odbicia, pomiędzy JS wykonywanym bez piłki

w warunkach laboratoryjnych a ACMJ. Badania przeprowadzono na grupie 20 zawodników drugoligowych rozgrywek PZKosz. Wykazano, że podczas JS wykonywanego bez piłki, w porównaniu do ACMJ, zawodnicy osiągnęli krótsze czasy odbicia oraz większe wartości mocy maksymalnej i średniej. Natomiast wysokości obydwu rodzajów skoków były do siebie zbliżone. Zatem ruch wykonywany przez kończyny górne podczas JS można uznać za prowizoryczny zamach, z perspektywy techniki wykonania CMJ, gdzie specyficzny ruch kończyn górnych wykazuje istotne korzyści w stosunku do ACMJ. W związku z tym, Struzik i wsp. (2014) stwierdzają, że ruch kończyn górnych podczas JS, oprócz oczywistego celu jakim jest podniesienie piłki nad głowę do wykonania celnego rzutu, może również powodować zwiększenie potencjału skocznościowego zawodnika.

Okazaki i wsp. (2015) (za: Elliot i White 1989; Knudson 1993; Miller 1996) poruszają zagadnienie biomechanicznej analizy JS stwierdzając, że wykroczo - dominujące ustawienie stóp (determinowane przez kończynę górną rzucającą), umożliwia zawodnikowi uzyskanie większego poziomu równowagi, a także powoduje zmniejszenie występujących podczas rzutu rotacji stawów biodrowych, kolanowych i tułowia podczas fazy wypuszczenia piłki. Okazaki i wsp. (2015) dodają również, że wykroczo – dominujące ustawienie stóp znacząco zapobiega ruchom ciała w płaszczyźnie strzałkowej oraz pomaga utrzymać ramię zawodnika oraz piłkę w jednej linii z koszem, zwiększając przy tym precyzję rzutu.

Williams i wsp. (2016) stwierdzają, że ustawienie stóp i równowaga ciała są kluczowymi elementami efektywnego wykonania JS. Wspomniani autorzy wykonali badania na 11 koszykarkach z I dywizji NCAA (najwyższy poziom rozgrywek amerykańskiej ligi uczelnianej). Celem badania było sprawdzenie wpływu różnego ustawienia stóp na celność JS. Średnia wieku wśród zawodniczek wynosiła 19,3 lat. Koszykarki charakteryzowały się, co najmniej 5 letnim stażem treningowym. 9 zawodniczek było praworęcznych, a 2 leworęczne. Ocena celności rzutów odbywała się przy użyciu protokołu opracowanego za: Pojskić i wsp. (2011) o nazwie 2PTSP, który to test ma za zadanie odzwierciedlać fizjologicznie warunki meczowe. Zawodniczki wykonywały rzuty z 5 pozycji, z odległości 5 m od kosza, łącznie 30 JS, po wcześniejszym otrzymaniu podania. Podczas badań wyróżniono 3 rodzaje ustawienia stóp (ryc. 5):

- pozycja wykroczo - dominująca: dla praworęcznych – PL (prawa stopa z przodu), dla leworęcznych – LP (lewa stopa z przodu),
- pozycja równoległa: R (obie stopy ustawione równolegle),
- pozycja skrzyżnie - dominująca: dla praworęcznych – LP (lewa stopa z przodu), dla leworęcznych – PL (prawa stopa z przodu).



Ryc. 5. Trzy różne rodzaje ustawienia stóp zawodniczki praworęcznej podczas wykonywania rzutu z wyskoku (JS).

Za: Williams C.Q., Webster L., Spaniol F., Bonnette R. (2016) *The effect of foot placement on the jump shot accuracy of NCAA Division I basketball players*. *The Sport Journal*, 24(5), 1-15.

Wyniki badań Williams'a i wsp. (2016) ukazują, że koszykarki podczas rzutów preferowały dominujące i równoległe ustawienie stóp. U żadnej z zawodniczek, wykroczo - skrzyżne ustawienie stóp nie występowało jako technika dominująca. Potwierdzono tym samym wcześniejsze doniesienia Elliot'a i White'a (1989), Knudson'a (1993) oraz Spina'y i wsp. (1996), że doświadczeni gracze stosują zarówno wykroczo – dominujące, jak i równoległe ustawienie stóp podczas wykonywania JS. Zauważono również, że największą skuteczność rzutową odnotowano u niektórych zawodniczek podczas wykroczo – skrzyżnego ustawienia stóp. Jednakże wynik ten nie jest miarodajny ze względu na małą liczbę prób rzutowych oddanych tą techniką. Wystąpienie takiego zjawiska czyni je interesującym z perspektywy obecnie obowiązującego „złotego standardu” i zachęcającym do powtórzenia badań na większej liczbie badanych. W następnej kolejności, z perspektywy skuteczności, uplasowały się rzuty wykonane z równoległego ustawienia stóp. Najniższy poziom skuteczności rzutowej występował w ustawieniu wykroczo – dominującym (jednocześnie przy największej liczbie prób). Wyniki Williams'a i wsp. (2016) sugerują, że ustawienie stóp jest istotną składową techniki JS, ale nie mającą kluczowego wpływu na celność wśród koszykarek. Zawodniczki ligi akademickiej preferują ustawienie wykroczo - dominujące lub

równoległe podczas wykonywania JS, w większości nie korzystając z ustawienia wykroczo – skrzyżnego. Niektóre koszykarki zachowały wysoki poziom skuteczności rzutowej stosując różne ustawienia stóp, co należy uznać za pożądane z perspektywy wszechstronności i szybkości dostosowania się zawodnika do danej sytuacji podczas gry. Jest to pierwsza, merytorycznie interesująca wzmianka, na drodze do głębszego poznania problemu techniki ustawienia stóp przy JS. Badania Williams'a i wsp. (2016), z racji otrzymania nieoczywistych i ciekawych wyników oraz ze względu na swój pionierski charakter dotyczący wpływu różnego ustawienia stóp na skuteczność rzutową powinny być powtórzone na większej liczbie badanych osób (profesjonalnych zawodników zarówno płci żeńskiej jak i męskiej).

Aktualnie w literaturze naukowej, dotyczącej porównania różnego ustawienia stóp (PL, R, LP) podczas wykonywania JS, względem jego efektywności, a przede wszystkim zmiennych biomechanicznych opisujących go, występuje wyraźna luka. W związku z tym, że w literaturze naukowej nie znalazłem zbyt dużo informacji dotyczących poruszanego przeze mnie problemu badawczego, zacząłem przeszukiwać literaturę przeznaczoną dla trenerów koszykówki. Począwszy od lat 50-tych XX wieku, kiedy to JS już na dobre zdominował koszykówkę, aż po dzień dzisiejszy. W literaturze trenerskiej widnieje niewiele informacji dotyczących ustawienia stóp podczas JS. Każdy z autorów począwszy od publikacji Kłyszajko (1951), poprzez opracowania PZKosz dotyczące nauczania techniki koszykarskiej (2016), aż po obecne anglojęzyczne publikacje czy strony internetowe przeznaczone przede wszystkim w odbiorze dla trenerów, wskazuje na pozycję wykroczo – dominującą, gdzie kończyna dolna, która znajduje się w wykroku (mniej więcej o połowę stopy z przodu względem drugiej) jest determinowana przez rzucającą kończynę górną (praworęczni: prawa kończyna dolna w wykroku, leworęczni: lewa kończyna dolna w wykroku). Autorzy, którzy w wyżej wymieniony sposób opisywali ustawienie stóp przy wykonywaniu JS na przestrzeni lat:

- Kłyszajko W. (1951) *Koszykówka: podręcznik dla zawodnika i instruktora*,
- Mikułowski J., Oszast H. (1968) *Metodyka nauczania techniki i taktyki zespołowych gier sportowych: koszykówka*,
- Mikułowski J., Oszast H. (1976) *Koszykówka*,
- Wyżnikiewicz Z. (1977) *Koszykówka dzieci i młodzieży*,
- Oszast H., Kasperzec M. (1988) *Koszykówka: taktyka, technika, metody nauczania*,
- Klimontowicz W. (1999) *Koszykówka: program szkolenia dzieci i młodzieży*,
- Drążczyk S. (2000) *Koszykówka: wybór ćwiczeń do nauczania techniki*,
- Arlet T. (2001) *Koszykówka. Podstawy techniki i taktyki*,

- Ljach W. (2005) *Koszykówka: podręcznik dla studentów Akademii Wychowania Fizycznego (część I)*,
- Krause J.V., Meyer D., Meyer J. (2008) *Basketball skills and drills*,
- Radu A. (2010) *Basketball: a guide to skills techniques and tactics*,
- Filippi A. (2011) *Shot like the pros: the road to a successful shooting technique*,
- Dembiński J. (2011) *Koszykówka*,
- Litkowycz R., Olex-Zarychta D. (2012) *Uczymy grać w koszykówkę: taktyka, technika, metodyka nauczania koszykówki w lekcjach wychowania fizycznego, część 1: indywidualny i zespołowy atak*,
- Maciejewski D., Kopaczewski J. (2012) *Pierwsze kroki w nauczaniu koszykówki: podręcznik dla studentów AWF, nauczycieli wychowania fizycznego, instruktorów i trenerów grup wstępnego szkolenia*,
- Miniscalco K., Kot G. (2015) *Survival guide for coaching youth basketball: only the essential drills, practice plans, plays, and coaching tips!*
- Opracowanie Polskiego Związku Koszykówki (2016), *Szkolny program koszykówki - podręcznik dla trenerów*,
- Basketball for Coaches (<https://www.basketballforcoaches.com>, data dostępu: 04.03.2022),
- Shot Science Basketball (<https://www.shotscience.com>, data dostępu: 04.03.2022).

Nikt z wyżej wymienionych autorów nie podaje żadnej argumentacji, dlaczego ustawienie stóp podczas JS musi być wykonywane wg konkretnego, obowiązującego od lat schematu. W wyniku tak zastanego stanu faktycznego literatury dotyczącej poruszanego przeze mnie problemu oraz z racji chęci osiągnięcia, jako trener, lepszych efektów w tym kluczowym elemencie gry, uważam, że obecną lukę należy wypełnić rozpoczynając od analizy zmiennych biomechanicznych JS, opisujących jego efektywność.

I 6. Biomechaniczna charakterystyka skoków pionowych

Hatze (1974, s. 189) definiuje, że „*biomechanika jest badaniem struktury i funkcji ustrojów biologicznych za pomocą metod mechaniki*”. Wg Bobera i Zawadzkiego (2006) „*biomechanika jest nauką zajmującą się działaniem wewnętrznych i zewnętrznych sił na ciało – strukturę biologiczną istot żywych oraz skutkami tych działań*”. Grimshaw i wsp. (2014) podają natomiast następującą definicję: „*biomechanika to badanie sił i działania tych sił na organizmy żywe*”. Biomechanika, słowo pochodzenia greckiego, gdzie „*bios*” oznacza życie, a „*mēchanikē*” sztukę konstruowania maszyn (za: Encyklopedia PWN, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/;3877853>, data dostępu: 28.11.2022). Biomechanika,

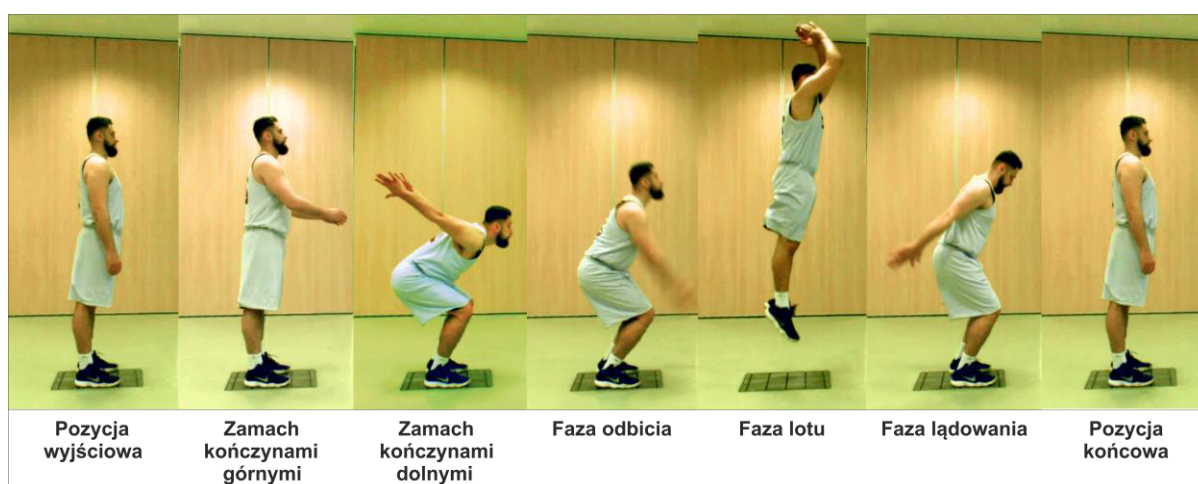
to interdyscyplinarna nauka zajmująca się badaniem przyczyn i skutków działania sił zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych na układ biologiczny istot żywych tj. roślin, zwierząt, w szczególności *homo sapiens* (Struzik 2018, McGinnis 2021). Biomechanika jako interdyscyplina obejmuje swym zasięgiem szerokie spektrum zainteresowań z różnych dyscyplin naukowych m.in. biomechanikę ruchu - w sporcie i ćwiczeniach ruchowych, która specjalizuje się badaniem wyłącznie człowieka uprawiającego daną dyscyplinę sportową lub podejmującego aktywność ruchową (McGinnis 2021). Celem biomechaniki sportu jest doskonalenie czynności ruchowych wykonywanych w danej dyscyplinie sportowej oraz zapobieganie urazom i usprawnianie osób niesprawnych do pełnej sprawności (rehabilitacja).

Dla autora pracy – trenera koszykówki z wieloletnim stażem, najważniejszym celem jest profesjonalne szkolenie młodzieży oraz w konsekwencji osiągnięcie coraz lepszych wyników sportowych przez prowadzone przez niego zespoły. Wyniki sportowe są ściśle związane z poziomem prezentowanej techniki sportowej, która powinna być ustawicznie doskonała. Zatem najważniejszym zadaniem zarówno trenera jak i badacza jest scharakteryzowanie techniki danej czynności ruchowej z perspektywy biomechanicznej. Na podstawie stworzonej diagnozy należy dokonać zmian, mających na celu doskonalenie, usprawnienie czynności ruchowej lub opracowanie nowej, skuteczniejszej techniki w oparciu o analizę biomechaniczną.

Skok pionowy CMJ jest powszechnie stosowanym rodzajem skoku, wykonywanym w celu oceny możliwości skocznościowych sportowców (Gillett i wsp. 2021). Do analizy przejawów zdolności skocznościowych oraz mocy kończyn dolnych wielu badaczy wybierało przede wszystkim testy specyficzne i preferowane dla koszykarzy. Delextrat i Cohen (2008), Ziv i Lidor (2009), Castagna i wsp. (2009), Pareja-Blanco i wsp. (2016), Gomes i wsp. (2017), Gonzalo-Skok i wsp. (2017) oraz Garcia-Gil i wsp. (2018) wykonywali badania przejawów zdolności skocznościowych (zmiennych opisujących skok) za pomocą testu CMJ uznawanego jako „złoty standard” w ocenie zdolności skocznościowych. Natomiast Boone i Bourgois (2013), Santos i wsp. (2014) oraz Ramos i wsp. (2018) do określania zmiennych oceniających poziom zdolności skocznościowych, preferowali użycie skoku pionowego rozpoczynającego się z pozycji statycznej - półprzysiadu (SJ). CMJ z pośród innych skoków pionowych (SJ, ACMJ, DJ) wydaje się być najbardziej zbliżony swoją techniką wykonania do techniki JS (Mancha-Triguero i wsp. 2019).

CMJ jest złożonym ruchem, który do poprawnego wykonania angażuje kończyny dolne jak i kończyny górne. Najważniejszą miarą efektywności CMJ jest uzyskana wartość wysokości skoku (Hof 1997, Struzik 2018). Wysokość skoku jest rozumiana jako

maksymalne uniesienie COM w fazie lotu w stosunku do jego położenia w momencie odbicia (Hof 1997; Struzik 2018). Struzik (2018) wyróżnia 7 faz ruchu podczas skoku CMJ (ryc. 6): pozycja wyjściowa, zamach kończynami górnymi, zamach kończynami dolnymi, odbicie, lot, lądowanie, powrót do pozycji wyjściowej (Struzik 2018). CMJ rozpoczyna się z postawy wyprostowanej, od zgięcia w stawach biodrowych oraz tyłozgięcia w stawach ramiennych. Następnie rozpoczyna się zgięcie w stawach kolanowych oraz zgięcie grzbietowe stawów skokowych, przez co COM osoby skaczącej obniża się. Od minimalnego położenia COM nad podłożem rozpoczyna się faza odbicia. Unoszenie COM rozpoczyna się poprzez wykonanie wyprostu w stawach biodrowych, wraz ze wznoszeniem tułowia oraz wykonaniem wyprostu w stawach kolanowych, zgięcia podeszwowego w stawach skokowych i przodozgięcia w stawach ramiennych. W momencie oderwania stóp od podłoża, rozpoczyna się faza lotu. Następnie poprzez fazę lądowania, która charakteryzuje się amortyzacją sił uderzenia, osoba wykonująca skok powraca do pozycji wyjściowej (Struzik 2018).



Ryc. 6. Skok pionowy CMJ z podziałem na 7 faz ruchu, na podstawie: Struzik (2018).

CMJ jest skokiem, który wymaga odpowiedniego poziomu zdolności koordynacyjnych i szybkościowo-siłowych (Hara i wsp. 2008, Struzik 2018; Pomohaci i Sopa 2021). Zwiększenie efektywności ruchu odbywa się poprzez wykorzystanie energii sprężystości w SSC oraz mechanizmu neurofizjologicznego jakim jest odruch mięśni na ich rozciąganie („*stretch reflex*”), pełniącego rolę ochronną i zapobiegającą nadmiernemu rozciągnięciu i obciążeniu mięśni (Bober i Zawadzki 2006; Gajewski i Mazur-Różycka 2016; Struzik 2018). Wykorzystanie SSC jest silnie związane z krótszym czasem wykonania pracy, który w konsekwencji wpływa na osiąganą wartość rozwijanej mocy (Bober i Zawadzki 2006). Zbyt wolne wykonanie zamachu kończynami dolnymi może spowodować rozproszenie

zgromadzonej energii sprężystości w fazie ekscentrycznej (Zawadzki 2005; Bober i Zawadzki 2006; Struzik 2018; Struzik i Zawadzki 2019). Okres połowicznego rozpadu energii sprężystości wynosi 0,85 s, natomiast całkowite rozproszenie energii sprężystości następuje po 4 s (Bober i Zawadzki 2006; Struzik 2018). Zatem chcąc wykorzystać energię sprężystości należy wykonać skok w czasie poniżej 1 s. Dłuższy czas skoku spowoduje brak możliwości wykorzystania właściwości sprężystych tkanek przez organizm, a skok zostanie wykonany niczym dwa oddzielne ruchy, tj. ruch ekscentryczny i ruch koncentryczny (Bober 1995; Struzik 2018). W związku z tym zmiana kierunku ruchu COM powinna nastąpić w jak najkrótszym czasie wraz z zachowaniem optymalnego zakresu zamachu (Kabaciński i wsp. 2016). Zakres ruchu w fazie zamachu kończynami dolnymi został określony przez Bobera (1964). W zgięciu stawów biodrowych „optymalne” wartości wynoszą pomiędzy 70 a 105 stopni, natomiast w zgięciu stawów kolanowych pomiędzy 78 a 92 stopnie. Wykonanie głębokiego zamachu kończynami dolnymi powoduje zbyt długi czas trwania skoku, a zbyt płytki zamach może spowodować niedostateczne rozciągnięcie mięśni przed wykonaniem skurczu, co w konsekwencji zmniejszy wartość potencjalnej energii sprężystości (Struzik 2018).

Na wysokość skoku ma również wpływ zamach kończynami górnymi. Odmianą CMJ, bez wykonania zamachu kończynami górnymi jest ACMJ (*akimbo countermovement jump*). Zjawisko uzyskania większej wysokości skoku przy wykonaniu zamachu kończynami górnymi nie jest jednoznacznie wyjaśnione. Istnieją pewne doniesienia naukowe, które określają możliwe przyczynki tego zjawiska. Jedną z nich może być zwiększenie wykonanej pracy przez kończyny dolne w wyniku dodatkowego ich obciążenia zamachem kończynami górnymi (Hara i wsp. 2008). Dodatkowo odnotowano zwiększenie maksymalnej siły reakcji podłoża i mocy maksymalnej podczas wykonywania skoków z zamachem kończynami górnymi (Harman i wsp. 1990). Struzik (2018) donosi, iż podczas CMJ wartość sztywności kończyn dolnych jest większa niż w ACMJ, co może być przyczyną uzyskania większych wysokości CMJ. Podczas ACMJ, przeważnie uzyskiwana jest mniejsza wartość wysokości o około 10% względem CMJ (Hara i wsp. 2008). Struzik (2018) stwierdził większą rozbieżność przy porównywaniu wysokości CMJ i ACMJ. Skoki CMJ były wyższe względem ACMJ w grupie mężczyzn o 17%, a w grupie kobiet o 19%. W badaniach przeprowadzonych przez Gillett i wsp. (2021) młodzi adepci koszykówki (średnia wieku 13 lat) w skokach CMJ również uzyskali większą wysokość w porównaniu z ACMJ. Zatem można stwierdzić, że wykonanie zamachu kończynami dolnymi jak i górnymi wpływa korzystnie na uzyskiwaną wysokość skoku. Dodatkowo, zamach kończynami górnymi podczas CMJ powoduje

zwiększenie sztywności kończyn dolnych w fazie zamachu oraz w fazie odbicia w porównaniu z ACMJ. Uzyskana w fazie zamachu większa wartość sztywności kończyn dolnych wpływa korzystnie na uzyskaną w fazie odbicia wartość mocy kończyn dolnych (Struzik 2018). Struzik (2018) stwierdził, że istnieją konkretne wartości sztywności kończyn dolnych, które mogą dodatkowo sprzyjać osiągnięciu maksymalnej wysokości CMJ. Z kolei w badaniach przeprowadzonych przez Struzika i wsp. (2014) wykazano korzyści wynikające z prowizorycznego zamachu kończynami górnymi, jaki wykonuje zawodnik podczas JS. Istotnie większe wartości mocy maksymalnej oraz średniej w fazie odbicia odnotowano podczas JS, w porównaniu z ACMJ.

Z perspektywy uzyskania maksymalnej wysokości skoku i generowanej mocy w fazie odbicia, właściwym rodzajem testu dla koszykarzy wydaje się zastosowanie skoku pionowego po uprzednim spadku z pewnej wysokości (DJ - „*drop jump*”). Bober i Zawadzki (2006) oraz Acero i wsp. (2012) wykazują przewagę DJ nad CMJ w możliwości uzyskiwania maksymalnej wysokości skoku jak i mocy. Stosując DJ należy najpierw wyznaczyć „optimum” obciążenia, które pozwala uzyskać jego najwyższą efektywność, a zarazem określenia indywidualnej, preferowanej wysokości podestu (Bober 1994; Acero i wsp. 2012). „Optimum” obciążenia jest zdefiniowane przez Bobera (1994) jako obciążenie, które pozwala osiągnąć najlepszy efekt odbicia, odzwierciedlony w postaci wygenerowanej wartości pracy pozytywnej. Istotą DJ jest osiągnięcie dużej prędkości rozciągnięcia mięśni przy jak najkrótszym kontakcie stóp z podłożem. Egzemplifikacją DJ w treningu umiejętności skocznościowych są ćwiczenia plyometryczne (Bober i Zawadzki 2006; Struzik 2018). Pewne zakresy „optymalnych” wartości wysokości podestu wyznaczyli Bober i Zawadzki (2006). Dla grup „słabo wytrenowanych” Bober i Zawadzki (2006) wysokość podestu wskazali na poziomie 30 - 45 cm, a w przypadku osób „dobrze wytrenowanych” na poziomie 60 - 70 cm. W przypadku zastosowania DJ pojawia się zasadniczy problem dotyczący możliwości wystandaryzowania, poprzez dobranie odpowiedniego obciążenia w formie wysokości podestu, dostosowanego do poziomu zdolności siłowych ćwiczącego (Bober 1994; Acero i wsp. 2012; Struzik 2018).

Biomechaniczne skoki pionowe, stosowane m.in. w celu określania maksymalnych wartości zmiennych decydujących o poziomie ich efektywności, są wykonywane przy zastosowaniu równoległego ustawienia stóp. Z perspektywy indukcyjnego rozumowania nie jest jasne jakie wartości względem równoległego ustawienia stóp można osiągnąć w wykroczo – dominującym jak i w wykroczo – skrzyżnym ustawieniu. Tym samym powstaje pytanie, czy ustawienie stóp może istotnie przyczynić się do wartości

uzyskiwanych zmiennych podczas skoku, oraz które ustawienie, wykazane na drodze empirycznej, może okazać się najbardziej efektywne. Również możliwość przewidywania jakie ustawienie stóp jest najbardziej efektywne w przypadku JS jest mocno ograniczona.

II Założenia i cel pracy

JS rozpoczyna się od fazy przygotowawczej, podczas której zawodnik, mając w domyśle wykonanie rzutu, rozpoczyna czynność ruchową od odpowiedniego ustawienia stóp. Stworzona powierzchnia podstawy podparcia jest niezbędnym elementem do uzyskania stabilności ciała i wykonania JS (Knudson 1993; Miller 1996). Zdecydowana większość dotychczasowych publikacji dotyczących poznania i doskonalenia techniki JS koncentrowała się wokół zagadnień związanych z górną częścią ciała, a w szczególności z kończynami górnymi (Penrose i Banksby 1976; Hudson 1983; Elliot i White 1989; Knudson 1993; Miller i Barlett 1993; Rojas 2000; Oudejans i wsp. 2002; Ferraz de Oliveira i wsp. 2007; Erčulj i Supej 2009; Ishibashi i wsp. 2010; Okazaki i Rodacki 2012; Uchida i wsp. 2014; Dobovičnik i wsp. 2015; Fagaras i wsp. 2017; Ardigò i wsp. 2018; Louis i wsp. 2018; Okazaki i Rodacki 2018; Pojskic i wsp. 2018; van Maarseveen i Oudejans 2018; Matulaitis i wsp. 2019; Aksović i wsp. 2020; Nakano i wsp. 2020b; Rupčić i wsp. 2020; Zarić i wsp. 2020; Li i wsp. 2021; Cabarkapa i wsp. 2022b; Grenha i wsp. 2022; Kambič i wsp. 2022). Publikacji w obszarze JS dotyczących dolnej części ciała i kończyn dolnych jest stosunkowo niewiele. W większości prac tylko wspomina się o ogólnie funkcjonującej technice ustawienia stóp, traktując ją jako swego rodzaju obowiązujący aksjomat w procesie nauczania rzutów (Ryan i Holt 1989; Elliot i White 1989; Knudson 1993; Miller 1996; Okazaki i wsp. 2015; Nakano i wsp. 2020b). Tematyka ustawienia stóp nie była dotąd powszechnie rozpatrywana *stricte* jako główny problem badawczy. Williams i wsp. (2016), jako jedyni podjęli tematykę różnego ustawienia stóp w kontekście celności rzutów. Są to cenne badania z wieloma interesującymi hipotezami, choć niestety z niewielką liczbą badanych osób ($n = 11$). Można stwierdzić, że obecnie mamy do czynienia w literaturze z luką, dotyczącą poznania tematyki wpływu ustawienia stóp na efektywność JS.

Podczas własnej pracy trenerskiej, prowadząc systematycznie treningi z grupami młodzieżowymi, czy seniorskimi oraz obserwując zachowanie zawodników z innych klubów koszykówki, zauważyłem, że mimo funkcjonującego paradygmatu w technice ustawienia stóp (wykroczo - dominującego), wielu zawodników oraz młodych adeptów koszykówki, ustawiało stopy podczas rzutów w różny sposób (PL, R, LP). Zacząłem zastanawiać się czym jest podyktowane nauczanie techniki ustawienia stóp podczas JS, obowiązujące od czasu jej powstania, aż do chwili obecnej? Dlaczego nie uczy się przyszłych zawodników innego schematu ustawienia stóp: równoległego lub skrzyżno – dominującego? Czy jest to podyktowane zmiennymi biomechanicznymi, które mają istotny wpływ na wysokość skoku

i moc w fazie odbicia? Czy jest to związane z charakterem gry, czyli możliwością ochrony piłki przed przeciwnikiem? Jakie ustawienie stóp powinno być pożądane z perspektywy efektywności JS? Zadając takie pytania doświadczonym trenerom z wieloletnim stażem pracy w najlepszych klubach koszykarskich w Polsce, nie otrzymałem merytorycznych i satysfakcjonujących odpowiedzi. Pomocne natomiast może być biomechaniczne poznanie powstałego problemu badawczego. Zrozumienie dlaczego powinno się ustawiać stopy w taki, a nie inny sposób oraz określenie najefektywniejszej techniki ustawienia stóp podczas wykonywania JS, może przyczynić się do poszerzenia wiedzy trenerów koszykówki. Bezpośrednie korzyści mogą również osiągnąć koszykarze oraz wszystkie osoby zainteresowane podnoszeniem swoich umiejętności koszykarskich przez praktyczną implikację wyników niniejszej pracy. Na podstawie przeprowadzonych przeze mnie badań, analizy wyników, obliczeń statystycznych i wynikających z nich wniosków, mam zamiar uzyskać odpowiedzi na wyżej postawione pytania.

II 1. Cel pracy

Celem pracy jest poszukiwanie związku techniki wykonania odbicia podczas rzutu z wyskoku (rodzajem ustawienia stóp) ze zmiennymi biomechanicznymi opisującymi wyskok, tj. wysokością skoku oraz mocą maksymalną i mocą średnią uzyskanymi w fazie odbicia.

II 2. Pytania badawcze:

1. Podczas którego ustawienia stóp (PL, R, LP) badani uzyskiwali największą wysokość rzutu z wyskoku?
2. Podczas którego ustawienia stóp (PL, R, LP) badani uzyskiwali największą wysokość skoku CMJ?
3. Podczas którego ustawienia stóp (PL, R, LP) badani uzyskiwali największą moc maksymalną w fazie odbicia rzutu z wyskoku?
4. Podczas którego ustawienia stóp (PL, R, LP) badani uzyskiwali największą moc maksymalną w fazie odbicia skoku CMJ?
5. Podczas którego ustawienia stóp (PL, R, LP) badani uzyskali największą moc średnią w fazie odbicia rzutu z wyskoku?
6. Podczas którego ustawienia stóp (PL, R, LP) badani uzyskali największą moc średnią w fazie odbicia skoku CMJ?

7. Czy podczas rzutu z wysoku badany uzyskuje swój maksymalny potencjał skocznościowy?
8. Czy przeprowadzone badania będą przyczynkiem do modyfikacji nauczania techniki rzutu i jej praktycznej implikacji?

III Materiał i metody badawcze

III 1. Materiał

W badaniach wzięło udział 41 mężczyzn trenujących koszykówkę, którzy charakteryzowali się co najmniej 5-letnim koszykarskim stażem treningowym. Badani zostali podzieleni na 2 grupy, amatorów (A) i profesjonalistów (P). Grupa A ($n = 21$), to zawodnicy amatorsko trenujący koszykówkę oraz rozgrywający mecze na najwyższym poziomie lig amatorskich lub trenujący w najniższej w hierarchii klasie rozgrywkowej koszykówki w Polsce (III liga męska). Natomiast, grupę P reprezentują zawodowi gracze, trenujący profesjonalnie koszykówkę i na co dzień występujący w najwyższej, w hierarchii klasie rozgrywkowej koszykówki w Polsce - Ekstraklasie (obecnie EBL) oraz zawodnicy występujący w I lidze (tzw. zaplecze ekstraklasy, druga w hierarchii klasa rozgrywkowa koszykówki w Polsce). Grupę P stanowi 20 badanych. W kwestii lateralizacji, prawie wszyscy badani wykazywali się dominacją prawej kończyny górnej, oprócz jednej osoby w grupie A, która charakteryzowała się dominacją lewej kończyny górnej. Lateralizację określano na podstawie rzucającej kończyny górnej. W Tabeli 1 przedstawiono średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym wieku badanych, wysokości ciała, masy ciała oraz koszykarskiego stażu treningowego z podziałem na dwie grupy: A i P.

Tabela 1. Charakterystyka grup badawczych (\pm SD)

Grupa (n)	Wiek (lata)	Wysokość ciała (cm)	Masa ciała (kg)	Staż treningowy (lata)
Amatorzy (21)	$23,8 \pm 7,5$	$188,6 \pm 6,3$	$83,7 \pm 8,7$	$11,3 \pm 7,6$
Profesjonaliści (20)	$24,9 \pm 5,6$	$194,2 \pm 8,0$	$89,4 \pm 9,8$	$13,1 \pm 5,5$

Uczestnicy eksperymentu podczas badań oraz w czasie pomiarów antropometrycznych (wysokość i masa ciała) mieli na sobie profesjonalne obuwie koszykarskie, w którym na co dzień trenują i rozgrywają mecze (z wysoką oraz niską cholewką). Wykonywanie pomiarów antropometrycznych koszykarzy w specjalistycznym obuwiu jest wieloletnim standardem pochodzącym z ligi NBA. Badanie zawodników w obuwiu, z racji zindywidualizowanego oddziaływania na ciało zawodnika, oraz systematyczne przebywanie w nim w trakcie treningów i podczas meczów, jest jego nieodzownym elementem, o którym nie powinno się zapominać w trakcie przeprowadzania badań (Blache i wsp. 2011; Struzik 2018). W analizie przeprowadzonej przez Jiang (2020), nie wykazano istotnych statystycznie

różnic w stabilności stawu skokowego, a zarazem większej podatności na skręcenia stawu skokowego przy używaniu butów z wysoką albo niską cholewką. Zhang i wsp. (2019) dodatkowo stwierdzają, że najważniejszymi zmiennymi świadczącymi o odpowiednim i indywidualnym doborze obuwia, są jego funkcjonalność, a przede wszystkim komfort zawodnika oraz subiektywna percepcja koszykarza. Badani uczestniczyli w eksperymencie we własnym stroju koszykarskim.

Badania przeprowadzono w Pracowni Analiz Biomechanicznych Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu, która posiada certyfikat zarządzania jakością ISO (norma 9001:2009). Eksperyment poznawczy uzyskał pozytywną opinię i zgodę Komisji ds. Etyki Badań Naukowych AWF Wrocławiu na przeprowadzenie badań dotyczących niniejszej pracy (uchwała nr 12/2020 z dnia 17.04.2020). Przed rozpoczęciem badań koszykarze zostali poinformowani o charakterze testów oraz o występowaniu przeciwwskazań do wykonywania skoków pionowych. Wszyscy badani wyrazili pisemną zgodę na przeprowadzenie badań oraz wykazali brak przeciwwskazań do udziału w eksperymencie. Przed rozpoczęciem eksperymentu poznawczego wszyscy uczestnicy zostali zapoznani z celem badań. Zawodników poinformowano o czynnościach jakie będą wykonywane podczas trwania eksperymentu. Badani wypełniali oświadczenia potwierdzające szczegółowe zapoznanie się ze sposobem przeprowadzenia badań oraz zostali uświadomieni o istotności wyników badań. Osoby badane przed każdą częścią eksperymentu były motywowane do poprawnego wykonania poleconych zadań. Dodatkowo każdy badany był zobowiązany do poinformowania prowadzącego badania o pojawieniu się ewentualnych dolegliwości przed lub w trakcie badań. Każdy z badanych był świadomy możliwości rezygnacji z uczestnictwa w trakcie eksperymentu na każdym jego etapie. Poza tym, osoby badane pisemnie zobowiązały się do przestrzegania poleceń osoby prowadzącej pomiary.

III 2. Metody badawcze

III 2.1. Protokoły badawcze

Przed rozgrzewką, wykonano pomiary wysokości ciała przy pomocy wagi z wysokościomierzem magnetycznym. Następnie zawodnicy zakładali sport tester Polar RCX5 GPS na nadgarstek lewego przedramienia oraz nadajnik Polar X2 bezpośrednio na ciało na wysokości klatki piersiowej, zgodnie z dołączoną instrukcją. Pulsometr wyświetlał wartość pomiaru w czasie rzeczywistym. Badani wykonywali zindywidualizowaną

rozgrzewkę, przygotowującą do wysiłku o charakterze mocy maksymalnej. Zastosowano ogólny schemat rozgrzewki dla każdego zawodnika, na podstawie doniesień i propozycji struktur zaproponowanych przez Chmurę (2014). Przygotowanie organizmu do wysiłku trwało około 15 minut. Rozgrzewka została podzielona na 3 podstawowe fazy. Pierwsza część to faza lokalna, trwająca około 4 minuty. Charakteryzowała się przede wszystkim podniesieniem temperatury mięśni, przez wykonywanie biegu o niskiej intensywności. W drugiej części fazy lokalnej, koszykarze wykonywali ćwiczenia ekscentryczne i koncentryczne. Były to ćwiczenia mające na celu wykonywanie zgięć i wyprostów w stawach biodrowych, kolanowych, skokowych, ramiennych i łokciowych z oporem w postaci gum oporowych. Gumy oporowe były dobierane indywidualnie, w zależności od możliwości siłowych badanych. Druga część rozgrzewki, to faza ogólna trwająca ok. 6-7 min. Polegała ona na zwiększeniu zakresu ruchu w stawach, poprzez wykonywanie czynności ruchowych charakteryzujących się rozciąganiem dynamicznym. W drugiej części fazy ogólnej, wykonywano ćwiczenia koordynacyjne na drabince koordynacyjnej w połączeniu z krótkim odcinkiem sprintu (5 metrów), mającym na celu przede wszystkim pobudzenie układu nerwowego. Ostatnią częścią rozgrzewki była faza specyficzna, która trwała ok. 4-5 min. Ta część miała za zadanie w dalszym ciągu pobudzić układ nerwowy oraz przygotować organizm do wykonania skoków pionowych na maksymalną wysokość podczas badań właściwych. W tej fazie badani, wykonywali ćwiczenia z gumami oporowymi imitującymi wykonywanie CMJ (skok był wykonywany z zamachem kończynami górnymi i dolnymi z dwoma gumami oporowymi), z zachowaniem przerwy ok. 20-30 s między skokami. Gourgoulis i wsp. (2003) wykazał, że stosowanie ćwiczeń dynamicznych z dodatkowym oporem podczas rozgrzewki, korzystnie wpływa na osiąganą później wysokość skoku pionowego, w przeciwieństwie do rozgrzewki wykonywanej bez dodatkowego oporu. Dodatkowe obciążenie pozwala osiągnąć większe pobudzenie ośrodkowego układu nerwowego (Gourgoulis i wsp. 2003). Podczas rozgrzewki była kontrolowana częstość skurczów serca badanego, aby zapobiec zbyt szybko narastającemu zmęczeniu, co w konsekwencji mogłoby obniżyć poziom sprawności zawodnika i gotowości do wykonywania skoków (Chmura 2014). W ostatniej fazie rozgrzewki, utrzymywano częstość skurczów serca w granicach 165-180 skurczów serca na minutę, czyli osiągając pożądany zakres przygotowujący organizm do wysiłku o charakterze mocy maksymalnej (Birch i wsp. 2012; Chmura 2014). Po przeprowadzonej części rozgrzewkowej badany stawał na platformie dynamometrycznej w wyznaczonym wcześniej miejscu w pozycji

wyprostowanej, utrzymując ciało przez 5 s w bez ruchu w celu dokonania pomiaru ciężaru ciała zawodnika.



Ryc. 7. Rodzaje ustawienia stóp na platformie dynamometrycznej podczas rzutów z wyskoku.

Pierwsza część badań właściwych polegała na wykonaniu 10 pojedynczych skoków CMJ_{MAX} , w celu wyznaczenia maksymalnego potencjału skocznościowego zawodnika, czyli wyznaczenie maksymalnej wysokości skoku (h), maksymalnej mocy w fazie odbicia (P_{MAX}) oraz średniej mocy w fazie odbicia (P_{MEAN}). Badany stosując się do wskazówek osoby obsługującej aparaturę pomiarową, stawał na platformie dynamometrycznej ze stopami ustawionymi równoległe na szerokość bioder, dochodząc do wyznaczonej linii znajdującej się na platformie (ryc. 7). Następnie zawodnicy wykonywali skoki CMJ_{MAX} . Badany miał za zadanie wylądować w obszarze platformy, tak aby zarejestrować poprawnie fazę lądowania. Między każdym skokiem zastosowano przerwę 24 s. Czas trwania przerwy został wyznaczony z perspektywy charakterystyki czasowej z jaką zawodnicy mają styczność podczas meczów koszykówki (24 sekundy na wykonanie akcji rzutowej w koszykówce) oraz z uwzględnieniem pogłębiającego się zmęczenia mogącego wpłynąć na wyniki prób (Kuitunen i wsp. 2007). Z racji czasu trwania wysiłku oraz przerwy między skokami, można przyjąć, że każdy z wykonanych skoków był wysiłkiem o dominującym charakterze fosfagenowym (ATP-PCr). Ten rodzaj przemian energetycznych jest głównym źródłem energii dla krótko trwających, maksymalnych i submaksymalnych pojedynczych prób wysiłkowych takich jak skoki czy rzuty (Birch i wsp. 2012; Baker i wsp. 2010). Po 10 skokach CMJ_{MAX} , zawodnicy odbywali 3 minutową bierną przerwę. Po przerwie, każdy zawodnik wykonał 9 JS z piłką w warunkach laboratoryjnych do osoby oddalonej

o 3 metry. JS były wykonywane przy różnym ustawieniu stóp (w kolejności losowej): 3 rzuty ze stopami ustawionymi równoległe (R), 3 rzuty z prawą stopą w wykroku (PL, postawa wykroczo - dominująca), 3 rzuty z lewą stopą z przodu (LP, postawa wykroczo – skrzyżna). Podczas każdego JS stopy były rozstawione mniej więcej na szerokość bioder. Między każdym rzutem również była zachowana 24 s przerwa. Przy ustawieniu stóp PL i LP, stopa znajdująca się w wykroku była wysunięta do przodu o 1/3 stopy badanego (ryc. 7). JS miały być wykonane na maksymalną możliwą wysokość (tak jakby przed badanymi znajdował się obrońca). Następnie po 3 minutowej, biernej przerwie zawodnicy wykonywali wg wyżej wymienionego schematu 9 skoków CMJ w różnym ustawieniu stóp: 3 skoki PL, trzy skoki R oraz trzy skoki LP (w kolejności losowej). Między skokami również była zachowana przerwa 24 s.

III 2.2. Aparatura pomiarowa

Do pomiaru sił reakcji podłoża podczas skoków CMJ oraz JS wykorzystano platformę dynamometryczną firmy Kistler (Winterthur, Szwajcaria), model 9281B13 (ryc. 8). Dane rejestrowano za pomocą oprogramowania Kistler Mars Power 2875A. Piłka do koszykówki o standardowych parametrach wg zaleceń FIBA, przeznaczona do wykonywania JS, to piłka firmy Spalding w rozmiarze nr 7.



Ryc. 8. Platforma dynamometryczna wykorzystana do pomiarów.

III 3. Metody obliczeniowe

Dla każdego rodzaju skoku: JS, CMJ_{MAX} oraz CMJ (w różnych ustawieniach stóp) zostały obliczone następujące zmienne: wysokość skoku (h), maksymalna moc mięśniowa w fazie odbicia odniesiona do masy ciała (P_{MAX}) oraz średnia moc mięśniowa w fazie odbicia

odniesiona do masy ciała (P_{MEAN}). Obliczenia wykonano przy użyciu oprogramowania Kistler Mars.

III 3.1. Metoda obliczeniowa wysokości skoku

Metoda obliczeniowa wysokości skoku (h) bazuje na równaniu swobodnego spadku ciała. Równanie to zakłada, że czas spadania COM z pewnej wysokości jest równy czasowi wznoszenia się na tę wysokość. Zarejestrowany czas trwania fazy lotu (t_f) pozwala, na oszacowanie wysokości skoku (h):

$$h = [g \cdot (t_f)^2] / 8, \quad (1)$$

gdzie (h) oznacza wysokość skoku, (t_f) oznacza czas trwania fazy lotu, a (g) wartość przyspieszenia ziemskiego.

III 3.2. Metody obliczeniowe mocy mięśniowej w fazie odbicia

Chwilową moc rozwijaną podczas fazy odbicia wyznaczono jako iloczyn składowej pionowej siły reakcji podłoża (zarejestrowanej przez platformę dynamometryczną) i składowej pionowej prędkości COM. Składowa pionowa prędkości COM została obliczona na podstawie całkowania chwilowego przebiegu składowej pionowej przyspieszenia COM (wyznaczonego na podstawie przebiegu siły reakcji podłoża). P_{MAX} stanowiła największa wartość iloczynu składowej pionowej siły reakcji podłoża i składowej pionowej prędkości COM w fazie odbicia. P_{MAX} została dodatkowo odniesiona do masy ciała (podzielona przez masę ciała badanej osoby).

Praca użyteczna równa jest przyrostowi energii kinetycznej skoczka nabytej w fazie odbicia, a moc średnia jest stosunkiem pracy do czasu, w którym została ona wykonana. Na tej podstawie P_{MEAN} została obliczona jako stosunek pracy wykonanej w fazie odbicia do czasu trwania tej fazy. P_{MEAN} również została odniesiona do masy ciała (podzielona przez masę ciała badanej osoby).

III 3.3. Metody analizy statystycznej

Wyniki zmiennych ilościowych przedstawiono za pomocą statystyk opisowych (średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe). Ocenę rozkładu analizowanych zmiennych wykonano przy użyciu testów Shapiro-Wilka i Lillieforsa. Wszystkie zmienne miały rozkład zbliżony do normalnego, co potwierdzono testem Kołmogorowa-Smirnowa ($p > 0,05$).

W celu sprawdzenia powtarzalności wyników badanych zmiennych posłużono się współczynnikiem korelacji wewnątrzklasowej – ICC.

Aby ocenić istotność różnic pomiędzy wartościami zmiennych opisującymi skoki (CMJ, JS) ze względu na różne ustawienie stóp (PL, R, LP) wykorzystano analizę wariancji dla powtarzanych pomiarów (ANOVA) z dwoma efektami różnicującymi (R1 – powtarzany pomiar oraz Grupa). Jeśli wynik ANOVA wskazywał na istotne różnice wykonano test wielokrotnych porównań *post hoc* Tukeya.

W celu oceny istotności różnic pomiędzy wartościami zmiennych u tych samych osób zastosowano test *t* dla prób zależnych. Do oceny istotności różnic pomiędzy dwiema grupami (A i P) użyto testu *t* dla prób niezależnych. Związki pomiędzy zmiennymi badano za pomocą współczynnika korelacji *r*-Pearsona. Jako graniczny poziom istotności przyjęto $p < 0,05$. Obliczenia wykonano w programie IBM SPSS.

IV Wyniki

Spośród 10 skoków pionowych CMJ_{MAX} zostały wybrane najwyższe próby pod względem uzyskanej wysokości skoku dla każdego z badanych. Analogicznie z 9 prób JS wybrano najlepsze pod względem wysokości skoku dla każdego z trzech rodzajów ustawienia stóp. P_{MAX} i P_{MEAN} oznaczano z próby, podczas której badany uzyskiwał maksymalną h .

IV 1. Analiza powtarzalności wysokości skoków

W Tabeli 2 zawarto wartości średnie, minimalne, maksymalne oraz rozstęp (różnica pomiędzy wartością maksymalną i minimalną) wysokości z trzech powtórzeń analizowanych rodzajów skoków (JS-PL, JS-R, JS-LP, CMJ-PL, CMJ-R, CMJ-LP). Z kolei w Tabeli 3 przedstawiono wartości współczynników korelacji wewnątrzklasowej (ICC) określające powtarzalność wysokości (z trzech powtórzeń) analizowanych rodzajów skoków. Dla każdego rodzaju skoku wartości ICC były większe od 0,90 ($p < 0,001$) co oznacza znakomitą powtarzalność h przy danym ustawieniu stóp.

Tabela 2. Wartości średnie, minimalne, maksymalne oraz rozstęp wysokości z trzech powtórzeń analizowanych rodzajów skoków

Rodzaj skoku:	wysokość skoku - h (m)			
	średnia	minimum	Maximum	rozstęp
JS-PL	0,389	0,388	0,390	0,002
JS-R	0,395	0,392	0,399	0,007
JS-LP	0,388	0,386	0,390	0,004
CMJ-PL	0,428	0,425	0,432	0,007
CMJ-R	0,433	0,430	0,436	0,006
CMJ-LP	0,425	0,423	0,426	0,003

Tabela 3. Wartości współczynników korelacji wewnątrzklasowej (ICC), 95% granice przedziału ufności oraz analiza wariancji dla powtarzalności wysokości (z trzech powtórzeń) analizowanych rodzajów skoków

Rodzaj skoku:	ICC	95% przedział ufności		<i>F</i>	<i>P</i>
		dolna granica	górną granica		
JS-PL	0,977	0,960	0,987	42,7	< 0,001
JS-R	0,980	0,966	0,988	48,9	< 0,001
JS-LP	0,987	0,978	0,992	74,8	< 0,001
CMJ-PL	0,975	0,959	0,986	40,6	< 0,001
CMJ-R	0,982	0,968	0,990	54,3	< 0,001
CMJ-LP	0,985	0,974	0,991	65,8	< 0,001

F – wartość testu, *p* – prawdopodobieństwo testowe

IV 2. Porównanie zmiennych opisujących skoki pionowe o różnej technice odbicia

W Tabeli 4 przedstawiono średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym wysokości skoku (h), mocy maksymalnej odniesionej do masy ciała w fazie odbicia (P_{MAX}) oraz mocy średniej odniesionej do masy ciała w fazie odbicia (P_{MEAN}), uzyskane w różnych rodzajach skoków (JS, CMJ) przy różnych ustawieniach stóp (PL, R, LP) z podziałem na dwie grupy: A i P. Dodatkowo w Tabeli 4 zaznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy poszczególnymi zmiennymi (na podstawie analizy wariancji ANOVA dla powtarzanych pomiarów). W Tabelach 5-10 zawarto szczegółowe wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej.

Tabela 4. Średnie wartości (\pm SD) wysokości skoku (h), mocy maksymalnej w fazie odbicia (P_{MAX}) oraz mocy średniej w fazie odbicia (P_{MEAN}), uzyskane podczas rzutów z wysokości (JS) oraz skoków CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Grupa:	Rodzaj skoku:	Ustawienie stóp:		
		PL	R	LP
h (m)				
A	JS	0,39 \pm 0,07^a	0,40 \pm 0,08^{a,b}	0,39 \pm 0,08^b
P	JS	0,41 \pm 0,06	0,42 \pm 0,07	0,41 \pm 0,06
A	CMJ	0,44 \pm 0,07	0,44 \pm 0,07	0,43 \pm 0,07
P	CMJ	0,45 \pm 0,06	0,46 \pm 0,06^c	0,44 \pm 0,05^c
P_{MAX} (W/kg)				
A	JS	57,8 \pm 8,9	57,8 \pm 8,5	56,5 \pm 9,0
P	JS	59,5 \pm 7,4	59,8 \pm 7,9	59,5 \pm 7,2
A	CMJ	60,2 \pm 9,5^d	58,1 \pm 9,4^d	59,0 \pm 10,3
P	CMJ	62,7 \pm 7,1	62,2 \pm 9,3	60,9 \pm 6,8
P_{MEAN} (W/kg)				
A	JS	14,8 \pm 4,3	15,2 \pm 4,1	14,7 \pm 4,4
P	JS	15,0 \pm 3,0	14,9 \pm 3,4	14,9 \pm 2,9
A	CMJ	14,6 \pm 4,0^e	14,0 \pm 4,0^e	14,5 \pm 4,0
P	CMJ	15,2 \pm 2,9	14,6 \pm 2,7	14,5 \pm 3,0

a, b, c, d, e – istotne różnice pomiędzy zaznaczonymi parami zmiennych

W grupie A uzyskano istotne statystycznie różnice w h pomiędzy JS w ustawieniach stóp PL a R oraz pomiędzy JS w ustawieniach stóp R a LP (Tabela 4, oznaczenia ^a i ^b; Tabele 5 i 5a). W obu przypadkach większe wartości h uzyskano przy ustawieniu stóp R. Nie wykazano z kolei istotnych statystycznie różnic w h pomiędzy JS w ustawieniach stóp PL a LP. W grupie P nie wykazano istotnych statystycznie różnic w h pomiędzy JS w różnych ustawieniach stóp (PL a R, PL a LP, R a LP).

Tabela 5. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem wysokości skoku (R1) oraz grupy badanych (Grupa) dla rzutów z wyskoku (JS) przy różnych ustawieniach stóp

Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	P
Wyraz wolny	20,03380	1	20,03380	1364,753	> 0,001
Grupa	0,01584	1	0,01584	1,079	0,31
Błąd	0,57250	39	0,01468		
R1	0,00289	2	0,00145	14,284	> 0,001
R1*Grupa	0,00020	2	0,00010	1,009	0,37
Błąd	0,00790	78	0,00010		

Tabela 5a. Testowanie *post hoc* (wartości p) zmian wysokości skoku (h) dla rzutów z wyskoku (JS) przy różnych ustawieniach stóp, z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Grupa	h	JS-R	JS-LP
A	JS-PL	> 0,01	0,91
A	JS-R		> 0,001
P	JS-PL	0,24	0,99
P	JS-R		0,13

W grupie A nie wykazano istotnych statystycznie różnic w h CMJ przy różnych ustawieniach stóp (PL a R, PL a LP, R a LP). Z kolei w grupie P wykazano istotne statystycznie różnice w h CMJ pomiędzy skokami w ustawieniach stóp R a LP (Tabela 4, oznaczenie ^c; Tabele 6 i 6a). Większe wartości h CMJ uzyskano przy ustawieniu stóp R. Nie odnotowano natomiast istotnych statystycznie różnic w h CMJ w ustawieniach stóp PL a R oraz PL a LP.

Tabela 6. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem wysokości skoku (R2) oraz grupy badanych (Grupa) dla skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp

Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	P
Wyraz wolny	24,09467	1	24,09467	1976,351	> 0,001
Grupa	0,00375	1	0,00375	0,307	0,58
Błąd	0,47547	39	0,01219		
R2	0,00364	2	0,00182	12,841	> 0,001
R2*Grupa	0,00063	2	0,00032	2,230	0,11
Błąd	0,01106	78	0,00014		

Tabela 6a. Testowanie *post hoc* (wartości *p*) zmian wysokości skoków (*h*) CMJ przy różnych ustawieniach stóp, z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Grupa	h	CMJ-R	CMJ-LP
A	CMJ-PL	0,79	0,96
A	CMJ-R		0,27
P	CMJ-PL	0,27	0,06
P	CMJ-R		> 0,001

W grupach A i P (Tabela 7) nie wykazano istotnych statystycznie różnic w P_{MAX} podczas JS przy różnych ustawieniach stóp (PL-R, PL-LP, R-LP).

Tabela 7. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MAX} (R3) oraz grupy badanych (Grupa) dla rzutów z wyskoku (JS) przy różnych ustawieniach stóp

Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	P
Wyraz wolny	420422,1	1	420422,1	2160,534	> 0,001
Grupa	152,4	1	152,4	0,783	0,38
Błąd	7589,1	39	194,6		
R3	13,9	2	7,0	2,253	0,11
R3*Grupa	8,9	2	4,5	1,443	0,24
Błąd	240,8	78	3,1		

W grupie A wykazano istotne statystycznie różnice w P_{MAX} pomiędzy skokami CMJ w ustawieniach stóp PL a R (Tabela 4, oznaczenie ^d; Tabele 8 i 8a). Większe wartości P_{MAX} uzyskano przy ustawieniu stóp PL. Nie odnotowano natomiast istotnych statystycznie różnic w P_{MAX} przy ustawieniach stóp PL a LP oraz R a LP. Z kolei w grupie P nie wykazano istotnych statystycznie różnic w P_{MAX} pomiędzy skokami CMJ przy różnych ustawieniach stóp (PL-R, PL-LP, R-LP).

Tabela 8. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MAX} (R4) oraz grupy badanych (Grupa) dla skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp

Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	P
Wyraz wolny	450118,8	1	450118,8	2022,450	> 0,001
Grupa	247,2	1	247,2	1,111	0,30
Błąd	8679,9	39	222,6		
R4	53,8	2	26,9	4,037	> 0,05
R4*Grupa	27,3	2	13,6	2,045	0,14
Błąd	520,2	78	6,7		

Tabela 8a. Testowanie *post hoc* (wartości *p*) zmian P_{MAX} podczas skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Grupa	<i>h</i>	CMJ-R	CMJ-LP
A	CMJ-PL	> 0,05	0,64
A	CMJ-R		0,89
P	CMJ-PL	0,99	0,26
P	CMJ-R		0,57

W grupach A i P (Tabela 9) nie wykazano istotnych statystycznie różnic w P_{MEAN} podczas JS przy różnych ustawieniach stóp (PL-R, PL-LP, R-LP).

Tabela 9. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MEAN} (R5) oraz grupy badanych (Grupa) dla rzutów z wyskoku (JS) przy różnych ustawieniach stóp

Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	P
Wyraz wolny	199350560	1	199350560	656,6878	> 0,001
Grupa	237202	1	237202	0,7814	0,38
Błąd	11839221	39	303570		
R5	10217	2	5109	0,8669	0,42
R5*Grupa	14787	2	7394	1,2546	0,29
Błąd	459664	78	5893		

W grupie A wykazano istotne statystycznie różnice w P_{MEAN} pomiędzy skokami CMJ w ustawieniach stóp PL a R (Tabela 4, oznaczenie e ; Tabele 10 i 10a). Większe wartości P_{MEAN} uzyskano przy ustawieniu stóp PL. Nie odnotowano natomiast istotnych statystycznie różnic w P_{MEAN} przy ustawieniach stóp PL a LP oraz R a LP. Z kolei w grupie P nie wykazano istotnych statystycznie różnic w P_{MEAN} pomiędzy skokami CMJ przy różnych ustawieniach stóp (PL-R, PL-LP, R-LP).

Tabela 10. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MEAN} (R6) oraz grupy badanych (Grupa) dla skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp

Efekt	SS	Stopnie swobody	MS	F	P
Wyraz wolny	189013804	1	189013804	780,4381	> 0,001
Grupa	402868	1	402868	1,6634	0,21
Błąd	9445386	39	242189		
R6	57460	2	28730	6,0975	> 0,01
R6*Grupa	16735	2	8368	1,7759	0,18
Błąd	367518	78	4712		

Tabela 10a. Testowanie *post hoc* (wartości p) zmian P_{MEAN} podczas skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Grupa	h	CMJ-R	CMJ-LP
A	CMJ-PL	> 0,05	0,99
A	CMJ-R		0,36
P	CMJ-PL	0,22	0,84
P	CMJ-R		0,99

IV 3. Analiza różnic w poziomie zdolności skocznościowych pomiędzy grupami amatorów, a profesjonalistów

W Tabeli 11 przedstawiono średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym wysokości uzyskanych w różnych rodzajach skoków z podziałem na dwie grupy: A i P. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w h pomiędzy grupą A, a grupą P dla wszystkich rodzajów wykonanych skoków (JS-PL, JS-R, JS-LP, CMJ-PL, CMJ-R, CMJ-LP, CMJ_{MAX}). Grupa A uzyskała zatem zbliżone wartości h (dla wszystkich rodzajów) w porównaniu do grupy P.

Tabela 11. Średnie wartości (\pm SD) wysokości skoku (h) podczas rzutów z wyskoku (JS) oraz skoków CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Rodzaj skoku:	Rodzaj ustawienia stóp	Amatorzy (A)	Profesjoniści (P)
JS (m)	PL	0,39 \pm 0,07	0,41 \pm 0,06
JS (m)	R	0,40 \pm 0,08	0,42 \pm 0,07
JS (m)	LP	0,39 \pm 0,08	0,41 \pm 0,06
CMJ (m)	PL	0,44 \pm 0,07	0,45 \pm 0,06
CMJ (m)	R	0,44 \pm 0,07	0,46 \pm 0,06
CMJ (m)	LP	0,43 \pm 0,07	0,44 \pm 0,05
CMJ _{MAX} (m)	R	0,46 \pm 0,06	0,47 \pm 0,07

W Tabeli 12 przedstawiono średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym P_{MAX} uzyskanej w różnych rodzajach skoków z podziałem na dwie grupy: A i P. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w wartościach P_{MAX} pomiędzy grupą A, a grupą P dla wszystkich rodzajów wykonanych skoków (JS-PL, JS-R, JS-LP, CMJ-PL, CMJ-R, CMJ-LP, CMJ_{MAX}). Grupa A uzyskała zatem zbliżone wartości P_{MAX} (dla wszystkich rodzajów skoków) w porównaniu do grupy P.

Tabela 12. Średnie wartości (\pm SD) P_{MAX} podczas rzutów z wysokości (JS) oraz skoków pionowych CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Rodzaj skoku:	Rodzaj ustawienia stóp	Amatorzy (A)	Profesjoniści (P)
JS (W/kg)	PL	57,8 \pm 8,9	59,5 \pm 7,4
JS (W/kg)	R	57,8 \pm 8,5	59,8 \pm 7,9
JS (W/kg)	LP	56,5 \pm 9,0	59,5 \pm 7,2
CMJ (W/kg)	PL	60,2 \pm 9,5	62,7 \pm 7,1
CMJ (W/kg)	R	58,1 \pm 9,4	62,2 \pm 9,3
CMJ (W/kg)	LP	59,0 \pm 10,3	60,9 \pm 6,8
CMJ _{MAX} (W/kg)	R	64,2 \pm 11,0	63,8 \pm 7,0

W Tabeli 13 przedstawiono średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym P_{MEAN} uzyskanej w różnych rodzajach skoków z podziałem na dwie grupy: A i P. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w wartościach P_{MEAN} pomiędzy grupą A a grupą P dla wszystkich rodzajów wykonanych skoków (JS-PL, JS-R, JS-LP, CMJ-PL, CMJ-R, CMJ-LP, CMJ_{MAX}). Grupa A uzyskała zatem zbliżone wartości P_{MEAN} (dla wszystkich rodzajów skoków) w porównaniu do grupy P.

Tabela 13. Średnie wartości (\pm SD) P_{MEAN} podczas rzutów z wysokości (JS) oraz skoków pionowych CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Rodzaj skoku:	Rodzaj ustawienia stóp	Amatorzy (A)	Profesjoniści (P)
JS (W/kg)	PL	14,8 \pm 4,3	15,0 \pm 3,0
JS (W/kg)	R	15,2 \pm 4,1	14,9 \pm 3,4
JS (W/kg)	LP	14,7 \pm 4,4	14,9 \pm 2,9
CMJ (W/kg)	PL	14,6 \pm 4,0	15,2 \pm 2,9
CMJ (W/kg)	R	14,0 \pm 4,0	14,6 \pm 2,7
CMJ (W/kg)	LP	14,5 \pm 4,0	14,5 \pm 3,0
CMJ _{MAX} (W/kg)	R	15,8 \pm 3,9	15,6 \pm 3,2

IV 4. Analiza związków pomiędzy zmiennymi opisującymi rzuty z wyskoku i skoki CMJ

Poniżej przedstawiono analizę związków pomiędzy JS a skokiem CMJ (przy analogicznych ustawieniach stóp) dla h , P_{MAX} oraz P_{MEAN} . W Tabeli 14 zamieszczono wartości współczynników korelacji pomiędzy wysokością uzyskaną podczas JS a wysokością CMJ (przy trzech różnych ustawieniach stóp: PL, R, LP). Grupy A oraz P uzyskały bardzo silne, istotne statystycznie, dodatnie związki pomiędzy wysokością JS a wysokością CMJ w każdym z trzech ustawień stóp. Zatem im większa wysokość była uzyskiwana podczas CMJ, tym większa wysokość może być uzyskana podczas JS. Grupa P uzyskała większe wartości współczynników korelacji od grupy A.

Tabela 14. Wartości współczynników korelacji pomiędzy uzyskaną wysokością JS a wysokością skoku CMJ przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Wysokość skoku h (JS-CMJ):	A	P
PL	0,82	0,84
R	0,78	0,85
LP	0,81	0,87

W Tabeli 15 przedstawiono wartości współczynników korelacji dla P_{MAX} pomiędzy JS a CMJ. Grupy A oraz P uzyskały bardzo silne, istotne statystycznie dodatnie związki pomiędzy JS- P_{MAX} a CMJ- P_{MAX} w każdym z trzech ustawień stóp. Zatem im większa P_{MAX} była uzyskiwana w fazie odbicia podczas CMJ, tym większa P_{MAX} może być uzyskana podczas JS. Grupa A uzyskała mniejszą wartość współczynnika korelacji od grupy P przy ustawieniu stóp PL. Z kolei przy ustawieniach stóp R i LP grupa A uzyskała większe wartości współczynników korelacji.

Tabela 15. Wartości współczynników korelacji dla P_{MAX} pomiędzy JS a skokiem CMJ przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

P_{MAX} (JS-CMJ):	A	P
PL	0,86	0,91
R	0,89	0,76
LP	0,91	0,86

W Tabeli 16 przedstawiono wartości współczynników korelacji dla P_{MEAN} pomiędzy JS a CMJ. Grupy A oraz P uzyskały bardzo silne, istotne statystycznie dodatnie związki pomiędzy JS- P_{MEAN} a CMJ- P_{MEAN} w każdym z trzech ustawień stóp. Zatem im większa P_{MEAN} jest uzyskiwana w fazie odbicia podczas CMJ, tym większa P_{MEAN} może być uzyskana podczas JS. Grupa A uzyskała większe wartości współczynników korelacji od grupy P przy ustawieniach stóp PL i LP. Podczas ustawienia stóp R wartości współczynników korelacji były dla grup A i P na zbliżonym poziomie.

Tabela 16. Wartości współczynników korelacji dla P_{MEAN} pomiędzy JS a skokiem CMJ przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

P_{MEAN} (JS-CMJ):	A	P
PL	0,86	0,80
R	0,87	0,87
LP	0,87	0,82

IV 5. Analiza wykorzystywania maksymalnego potencjału skocznościowego podczas rzutu z wyskoku

Wartości procentowe przedstawione w Tabeli 17 świadczą, że badani koszykarze podczas wykonywania JS wykorzystywali ponad 80% swoich maksymalnych możliwości skocznościowych (oszacowanych na podstawie h CMJ_{MAX}). Grupa P uzyskała zbliżone wartości procentowe (wykorzystania maksymalnego potencjału skocznościowego) w porównaniu do grupy A (brak istotnych statystycznie różnic) dla każdego rodzaju ustawienia stóp podczas JS.

Tabela 17. Średnie wartości procentowe (\pm SD) wysokości JS względem wysokości skoku (h) CMJ_{MAX} (maksymalny potencjał skocznościowy) przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

h_{JS}/h_{CMJmax} (%)	A	P
PL	0,83 \pm 0,09	0,87 \pm 0,08
R	0,85 \pm 0,10	0,89 \pm 0,08
LP	0,82 \pm 0,10	0,87 \pm 0,07

Wartości procentowe przedstawione w Tabeli 18 świadczą, że badani koszykarze podczas wykonywania JS wykorzystywali ponad 80% swoich maksymalnych możliwości do wyzwania mocy maksymalnej w fazie odbicia (oszacowanych na podstawie P_{MAX} skoków CMJ_{MAX}). Grupa P uzyskała zbliżone wartości procentowe (wykorzystania możliwości do wyzwania mocy maksymalnej) w porównaniu do grupy A (brak istotnych statystycznie różnic) dla każdego rodzaju ustawienia stóp podczas JS.

Tabela 18. Średnie wartości procentowe (\pm SD) P_{MAX} podczas JS względem P_{MAX} skoku CMJ_{MAX} przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

$P_{MAX-JS}/P_{MAX-CMJmax}$	A	P
PL	0,87 \pm 0,09	0,88 \pm 0,09
R	0,87 \pm 0,10	0,88 \pm 0,11
LP	0,85 \pm 0,09	0,87 \pm 0,09

Wartości procentowe przedstawione w Tabeli 19 świadczą, że grupa P wykorzystywała podczas wykonywania JS ponad 90% swoich maksymalnych możliwości do wyzwania mocy w fazie odbicia (oszacowanych na podstawie P_{MEAN} skoków CMJ_{MAX}), w przeciwieństwie do grupy A, która wykorzystywała do 90% swoich maksymalnych możliwości do wyzwania mocy w fazie odbicia. Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami A i P w wykorzystaniu maksymalnych możliwości do wyzwania mocy w fazie odbicia.

Tabela 19. Średnie wartości procentowe (\pm SD) P_{MEAN} podczas JS względem P_{MEAN} skoku CMJ_{MAX} przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

$P_{MEAN-JS}/P_{MEAN-CMJmax}$	A	P
PL	0,87 \pm 0,13	0,94 \pm 0,16
R	0,90 \pm 0,14	0,92 \pm 0,12
LP	0,86 \pm 0,13	0,93 \pm 0,15

W Tabeli nr 20 przedstawiono numery skoków CMJ_{MAX} , w których z kolei uzyskano maksymalne wartości h , P_{MAX} i P_{MEAN} . W przypadku h uzyskano istotną statystycznie różnicę, pomiędzy grupą A, a grupą P, dla $p < 0,01$. Natomiast w przypadku zmiennych P_{MAX} i P_{MEAN} nie wykazano różnic istotnych statystycznie.

Tabela 20. Średnie wartości ($\pm SD$) numeru skoku CMJ_{MAX} , w którym z kolei zawodnicy osiągnęli maksymalną wysokość skoku (h), moc maksymalną w fazie odbicia (P_{MAX}) oraz moc średnią w fazie odbicia (P_{MEAN}), z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P)

Zmienna:	A	P
H	4,3 \pm 2,5	6,7 \pm 3,0
P_{MAX}	3,4 \pm 2,7	4,8 \pm 2,8
P_{MEAN}	4 \pm 3,5	5 \pm 2,9

W Tabeli 21 przedstawiono wartości współczynników korelacji zachodzącymi pomiędzy osiąganymi wartościami h , a uzyskanymi podczas tych JS wartościami P_{MAX} oraz P_{MEAN} . Grupy A i P oraz grupa A + P uzyskały bardzo silne, istotne statystycznie dodatnie związki pomiędzy JS- h a JS- P_{MAX} oraz pomiędzy JS- h a JS- P_{MEAN} . Zatem im większa h podczas JS, tym uzyskiwane były większe wartości JS- P_{MAX} i JS- P_{MEAN} . Zarówno grupa A, P, jak i A + P uzyskały większe wartości współczynników korelacji JS- h z JS- P_{MAX} , względem wartości współczynników korelacji JS- h z JS- P_{MEAN} .

Tabela 21. Wartości współczynników korelacji pomiędzy uzyskiwaną wysokością skoku (h), a wartościami P_{MAX} i P_{MEAN}

Zmienne:	A	P	A + P
JS- h – JS- P_{MAX}	0,89	0,82	0,83
JS- h – JS- P_{MEAN}	0,76	0,79	0,76

V Dyskusja

Po przeprowadzonej analizie statystycznej można stwierdzić, że miara rozproszenia wartości pomiędzy uzyskaną maksymalną a minimalną wartością, w przypadku wysokości JS i CMJ oscylowała pomiędzy 0,002 a 0,007 m, co świadczy o małym rozstępie wyników. Uzyskany wynik jednoznacznie wskazuje na odpowiednio dobrane, jednorodne grupy badawcze (A i P). Wg restrykcyjnych wytycznych zestawu interpretacji wartości ICC, autorstwa Koo i Li (2016), uzyskano znakomitą powtarzalność h . W następstwie, wykonane pomiary są wiarygodne i użyteczne do dalszej interpretacji.

Nowatorski charakter badań wiąże się z brakiem możliwości bezpośredniego porównania wyników z wynikami innych prac naukowych. Brak badań dotyczących *stricte* zagadnienia wpływu ustawienia stóp na h , P_{MAX} i P_{MEAN} , obliguje autora niniejszej rozprawy do przytoczenia i odniesienia się do innych wyników prac biomechanicznych, poruszających podobne zagadnienia oraz do prawidłowości funkcjonujących w dziale fizyki jakim jest mechanika.

V 1. Wysokość rzutu, a rodzaj ustawienia stóp

Wysokość skoku pionowego jest najważniejszą i najczęściej opisywaną zmienną świadczącą o jego efektywności (Mandic i wsp. 2015; Stojanović i wsp. 2017; Gajewski i wsp. 2018; Pomohaci i Sopa 2021). Wysokość skoku w pośredni sposób stanowi o końcowym sukcesie koszykarza (Struzik i Pietraszewski 2010; Zhu i wsp. 2020). Bliski kontakt obrońcy podczas wykonywania JS, obliguje zawodnika ataku do uzyskania najwyższej możliwej wysokości COM, w celu osiągnięcia przewagi nad oponentem (Zhu i wsp. 2020). JS oddany z większej wysokości, stwarza również sprzyjające warunki do uzyskania jego większej efektywności. Skrócenie trajektorii lotu piłki, poprzez uzyskanie większej wysokości jej wypuszczenia, może powodować zmniejszenie wydatku energetycznego rzucającej kończyny górnej oraz zmniejszenie prędkości wypuszczenia piłki, co w konsekwencji ma istotny wpływ na dokładność rzutu (Tsarouchas i wsp. 1988; Okazaki i wsp. 2015; Aksović i wsp. 2020). Knudson (1993), Struzik i wsp. (2014) oraz Zarić i wsp. (2020) stwierdzają iż, większa wysokość wypuszczenia piłki jest cechą charakterystyczną i odróżniającą zawodowych koszykarzy od amatorów koszykówki.

W badaniach niniejszej rozprawy, w grupie A uzyskano istotne statystycznie różnice pomiędzy wysokością JS, w ustawieniach stóp PL, a R oraz w ustawieniach stóp LP, a R.

W obu przypadkach grupa A uzyskała większe wartości h podczas ustawienia stóp R. Pomiedzy ustawieniami stóp PL, a LP nie wykazano istotnych różnic w wysokości JS. Natomiast w przypadku grupy P, nie wykazano istotnych różnic, w uzyskanych wartościach h , pomiedzy wszystkimi ustawieniami stóp (PL-R, LP-R, PL-LP). Grupa A uzyskała średnie wartości h równe $0,40 \pm 0,08$ m, a grupa P $0,42 \pm 0,07$ m. W badaniach Buśko (1988), ówczesni przedstawiciele kadry narodowej w koszykówce mężczyzn, uzyskali średnie maksymalne wartości h na poziomie $0,443 \pm 0,06$ m. Natomiast koszykarki będące przedstawicielkami polskiej, żeńskiej kadry narodowej uzyskały średnie wartości h równe $0,359 \pm 0,05$ m. Zatem uzyskane wartości h zarówno w grupie A jak i P, były niższe od tych uzyskanych przez zawodników, a wyższe od zawodniczek ówczesnych kadr narodowych.

Można stwierdzić, że w przypadku grupy A ustawienie stóp R okazało się najbardziej efektywne z perspektywy maksymalnej wartości h . Natomiast dla grupy P, ustawienie stóp nie odgrywało zasadniczego znaczenia, gdyż osiągnane wartości h w różnych ustawieniach stóp podczas JS, były do siebie zbliżone. Do podobnych wniosków doszli Spina i wsp. (1996) stwierdzając, że w przypadku profesjonalnego gracza, ustawienie stóp może nie odgrywać znaczącej roli podczas JS. Badania Spina'y i wsp. (1996), pomimo małej liczby badanych osób, są jednymi z nielicznych, które pośrednio poruszają problematykę wpływu różnego ustawienia stóp na zmienne kinematyczne, podczas wykonywania rzutu przez koszykarzy. Głównym celem Spina'y i wsp. (1996), było poznanie i sprawdzenie w jaki sposób profesjonalni koszykarze oraz amatorzy regulują proces utrzymania równowagi ciała podczas JS. Wyniki badań Spina'y i wsp. (1996) mogą świadczyć o tym, że korzystniejszą postawą z punktu widzenia wychyleń COM w płaszczyźnie poprzecznej jest ustawienie stóp R, względem ustawienia wykroczo – dominującego (dla praworęcznych - PL). Amator wykazał się większymi wychyleniami COM w płaszczyźnie poprzecznej w wykroczo - dominującym ustawieniu stóp, względem koszykarza profesjonalisty wykonującego rzut z równoległego ustawienia stóp. Dodatkowo z perspektywy wychyleń COM w płaszczyźnie strzałkowej amator osiągnął zbliżone wyniki do profesjonalisty. Specyficzne ustawienie kończyny górnej rzucającej (przed ciałem) podczas wykonywania JS wraz z generowanym i ostatecznie egzekwowanym dynamicznym ruchem wyrzutu piłki, powoduje zaburzenie równowagi ciała zawodnika poprzez wychylenie COM w przód (McGinnis 2021). Poziom zdolności siłowych koszykarza powinien być na tyle duży aby, umożliwić przeciwstawienie się siłom, które mogą spowodować nadmierne zaburzenie równowagi ciała, a w konsekwencji powodować obniżenie efektywności rzutu (McGinnis 2021). Hudson (1983) oraz Knudson (1993) stwierdzają, że profesjonalisci charakteryzują się mniejszymi wychyleniami COM względem

amatorów. Dodatkowo Fagaras i wsp. (2017) stwierdzają, że stabilna postawa ciała oraz odpowiednia koordynacja ruchów w stawach, są cechami odróżniającymi rzuty celne od niecelnych. Zastosowanie postawy wykroczo – dominującej, zapobiega nadmiernym i niekontrolowanym wychyleniom COM. Fagaras i wsp. (2017) stwierdzają, że wychylenia COM są ruchami kompensacyjnymi, spowodowanymi deficytem siłowym. Zatem stopa wykroczo, spełnia funkcję wysuniętego punktu podparcia dla przesuniętego COM, ułatwiając utrzymanie równowagi ciała w płaszczyźnie strzałkowej podczas JS (Knudson 1993; McGinnis 2021). Tym samym, wykroczo – dominujące ustawienie stóp wydaje się być korzystniejsze z perspektywy techniki wykonywania rzutu oraz wielkości płaszczyzny podparcia (Miller 1996). Spina i wsp. (1996) z kolei stwierdzają, że wykroczo ustawienie stóp jest mniej efektywne pod względem uzyskiwanej wysokości skoku i celności JS (mimo większej podstawy podparcia), względem ustawienia R. Fakt ten może wskazywać, iż profesjonaliści wykazują się większym poziomem zdolności siłowych, który umożliwia im zastosowanie ustawienia stóp R, o mniejszej powierzchni podparcia. Williams i wsp. (2016) również założyli, iż poziom zdolności siłowych może być jedną z głównych przyczyn wpływających na ustawienie stóp podczas JS. Wyniki niniejszej rozprawy, dotyczące średnich wartości procentowych wykorzystania maksymalnego potencjału skocznościowego przez grupy A i P podczas JS, wydają się również potwierdzać wyżej wymienianą przez badaczy zależność. Elliot i White (1989), Miller i Barlett (1993) oraz Vencúrik i wsp. (2021) zauważyli, że zawodnicy posiadający większy deficyt siłowy, uzyskiwali większe przemieszczenia COM w płaszczyźnie strzałkowej. Penrose i Blanksby (1976), Elliot i White (1989), Williams i wsp. (2016) oraz Okazaki i Rodacki (2018) jednoznacznie wskazują, że odzwierciedleniem poziomu zdolności siłowych zawodników może być osiągnięta przez nich prędkość wypuszczenia piłki podczas JS. Zawodnicy o niskim potencjale siłowym mocno akcentują pracę kończyn dolnych oraz tułowia w przeciwieństwie do koszykarzy, którzy dodatkowo charakteryzują się wypuszczeniem piłki w najwyższym punkcie skoku, istotnie angażując podczas wykonywania JS generowaną siłę przez kończyny górne (Penrose i Blanksby 1976).

Williams i wsp. (2016) analizowali wpływ różnego ustawienia stóp (PL, R, LP), na skuteczność JS wykonywanych przez koszykarki z I dywizji ligi NCAA. Zawodniczki większość swoich rzutów wykonywały z pozycji wykroczo – dominującej. Natomiast najwyższy procent celnych rzutów osiągnęły przy wykroczo - skrzyżnym ustawieniu stóp, następnie równoległym i wykroczo - dominującym. Jednakże fakt ten należy potraktować z pewną dozą ostrożności ze względu na to, iż pozycja skrzyżna była używana najrzadziej.

Mimo to, pojawienie się takiej zależności, powinno wywołać zainteresowanie wśród naukowców, w celu przeprowadzenia szczegółowych badań, potwierdzających lub zaprzeczających wynikom Williams'a i wsp. (2016). Dodatkowo Williams i wsp. (2016) stwierdzają, iż w przypadku wysoko wykwalifikowanych koszykarek, ustawienie stóp może nie odgrywać znaczącej roli podczas wykonywania JS.

Williams i wsp. (2016) stwierdzają, iż niektóre zawodniczki znajdujące się we wczesnym etapie rozwoju motorycznego wykonują JS przy wykroczo - skrzyżnym ustawieniu stóp. Wg Williams'a i wsp. (2016) fakt ten jest konsekwencją występowania deficytu siłowego górnej części ciała u młodych dziewcząt, który jest kompensowany przez wykonywanie JS w formie imitacji rzutu zamachowego. Rzut zamachowy, to charakterystyczna technika czynności ruchowych wykonywanych głównie w lekkoatletyce, których istotą jest przemieszczenie sprzętu na jak największą odległość np. rzut oszczepem, rzut piłeczką palantową (Cieszkowski i wsp. 2002). W rzucie zamachowym głównym celem fazy wyrzutu jest maksymalne zwiększenie prędkości sprzętu poprzez nadanie mu odpowiedniej prędkości wypadkowej, przez nagłą, dynamiczną i skoordynowaną pracę mięśni. Kończyna dolna znajdująca się w fazie wyrzutu, w wykroku skrzyżnym (przeciwna do kończyny górnej rzucającej), umożliwia uzyskanie większego przyspieszenia w przód, z wcześniej uzyskanego pędu wygenerowanego podczas rozbiegu (Mleczo 2007). Wykroczo - skrzyżne ustawienie stóp wspomaga wykonanie skrętu tułowia (ruchu obrotowego) i wraz z wytworzoną siłą mięśniową, powoduje przyspieszenie COM osoby miotającej w przód, a zarazem rzucanego przedmiotu (Iskra i wsp. 2004). Dodatkowo, kończyna dolna wykroczo (skrzyżna), wykonuje pracę oporową, czyli hamującą ruch dolnych części ciała w przód. Moment postawienia kończyny dolnej skrzyżnej w przód umożliwia zawodnikom osiągnięcie istotnego napięcia mięśni kończyny dolnej oporowej i tułowia (Iskra i wsp. 2004). Dynamiczny skręt tułowia (obrót w stawie biodrowym), podczas wykonywania rzutu zamachowego, powoduje wytworzenie dużego momentu siły mięśniowej i przyspieszenia środka masy ciała, umożliwiając wykorzystanie zależności wynikającej z drugiej zasady dynamiki Newtona (Iskra i wsp. 2004; McGinnis 2021). Zmianę pędu ciała (rzucanego przedmiotu) można uzyskać przez osiągnięcie zmiany jego masy lub prędkości. W rozpatrywanej sytuacji rzutowej, a także podczas innych czynności ruchowych sportowca, zmiana pędu wynika ze zmiany prędkości, a nie masy ciała rzucanego lub własnego, gdyż masa rzucanego przedmiotu lub ciała własnego zawodnika jest stała (McGinnis 2021). Zatem nadanie większej wartości pędu rzucanemu przedmiotowi jest możliwe, poprzez zwiększenie średniej siły wypadkowej działającej na ciało w pewnym przedziale czasu. Osiągnięcie

większej prędkości ciała (przedmiotu), umożliwia również wydłużenie czasu przyłożenia siły, m.in. przez zwiększenie zakresu ruchów w stawach istotnych dla danej czynności ruchowej (Grimshaw i wsp. 2014; McGinnis 2021). Podczas rzutu zamachowego, w wykroczo – skrzyżnym ustawieniu stóp, następuje gwałtowny wyprost, a następnie przeprost tułowia w przód. Dodatkowo podczas wykonywania kroku skrzyżnego, kontakt kończyny dolnej z podłożem powoduje znaczące napięcie zarówno w mięśniach kończyny dolnej jak i tułowia (zwłaszcza wśród prostowników), generując duży moment siły mięśniowej (McGinnis 2021). W piłce siatkowej, podczas wykonywania zagrywki tenisowej (bez wyskoku), efektywne nadanie pędu piłce również następuje w wyniku wykroczo - skrzyżnego ustawienia stóp. Takie ustawienie stóp umożliwia zawodnikowi wykorzystanie maksymalnych zakresów ruchów w stawach oraz rotacji w stawie biodrowym (skręt tułowia). Gracz najpierw wykonuje odchylenie tułowia do tyłu aby zwiększyć zakres pracy w stawach i czas oddziaływania siły, a następnie wyprost i przeprost tułowia w przód (Papageorgiou i Spitzley 1998; McGinnis 2021). Podczas wykonywania serwisu płaskiego w tenisie, wykorzystanie drugiej zasady dynamiki Newtona, umożliwia zwiększenie efektywności jego wykonania poprzez zastosowanie postawy wykroczo - skrzyżnej. Badania Miller'a (1996) porównujące technikę wykonania JS w koszykówce z rzutem z miejsca w netballu wykazały, że zawodnicy i zawodniczki podczas JS w obu dyscyplinach przyjmowali dominującą postawę ciała, a nie skrzyżną jak to ma miejsce podczas rzutów zamachowych.

Rzuty zamachowe, występujące w lekkoatletyce, podczas zagrywki tenisowej w siatkówce, serwisie płaskim w tenisie oraz podczas rzutu piłki przez miotacza w baseballu, wymagają osiągnięcia możliwie maksymalnej prędkości rzucanego lub uderzanego przyboru. Osiągnięcie wyżej wymienionego celu ułatwia zastosowanie postawy wykroczo – skrzyżnej podczas fazy wyrzutu. Natomiast w koszykówce podczas JS, najważniejszym celem jest uzyskanie precyzyjnego rzutu do środka obręczy, co silnie wiąże się z uzyskaniem możliwie jak najmniejszej prędkości wypuszczenia piłki dla danej odległości od kosza (Miller i Barlett 1993, 1996; Okazaki i Rodacki 2018). Ryan i Holt (1988), Knudson (1993) oraz Miller (1996) popierają schemat dominująco - wykrocznego ustawienia stóp, które wg nich powoduje dodatkowo zwiększenie efektywności rzutu, w wyniku ustawienia piłki, stawów nadgarstkowych, łokciowego oraz ramiennego kończyny górnej rzucającej w jednej linii z koszem. Zdaniem Ingram'a i Snowden'a (1989), Miller'a i Barlett'a (1993) oraz Knudson'a (1993), równoległe ustawienie stóp utrudnia utrzymanie w jednej linii z koszem piłki i stawów kończyny górnej rzucającej, co może potencjalnie wpłynąć na jego niższą efektywność.

W literaturze specjalistycznej, przeznaczonej dla trenerów koszykówki, dominuje pogląd, że jedyną prawidłową postawą do rzutu jest ustawienie wykroczo - dominujące. Pożądane ustawienie stóp, podczas wykonywania JS, powinno być ściśle egzekwowane, szczególnie podczas procesu nauczania (Kłyszewko 1951; Mikułowski i Oszast 1968, 1976; Oszast i Kasperzec 1988; Drażczyk 2000; Ljach 2005; Krause i wsp. 2008; Radu 2010; Filippi 2011; Dembiński 2011; Litkowycz i Olex-Zarychta 2012; Maciejewski i Kopaczewski 2012; Miniscalco i Kot 2015). Od 1951 r. technika ustawienia stóp podczas JS jest przekazywana w podobnej, niezmienionej, aksjomatycznej formie. M.in. z racji braku satysfakcjonujących argumentów popierających wykroczo - dominujące ustawienie stóp w literaturze naukowej oraz trenerskiej, dalsze poszukiwania argumentów opartych o naukowe procesy poznania, w myśl rozumowania dedukcyjnego prowadzą do zapoznania się z dokonaniem biomechaników, a szczególnie w obszarze badań skoków CMJ. Poparciem takiego toku myślenia, mogą być wyniki analizy związków uzyskanej wysokości podczas JS z wysokością uzyskaną podczas skoków CMJ, przy trzech różnych ustawieniach stóp. Grupy (A i P) uzyskały bardzo silne, dodatnie związki. Należy również zaznaczyć, że grupa P wykazała się większymi wartościami współczynników korelacji niż grupa A. Im wyższa była wysokość CMJ, tym większą wysokość można uzyskać podczas JS. Zatem z perspektywy wyników własnych oraz za: Struzik i wsp. (2014), Okazaki i wsp. (2015), Gillett i wsp. (2021), oraz Pomohaci i Sopa (2021) można uznać JS jako egzemplifikację skoku pionowego.

V 2. Wysokość skoku pionowego CMJ, a rodzaj ustawienia stóp

W badaniach niniejszej pracy, w przypadku wykonywanych skoków CMJ, w grupie A nie wykazano istotnych różnic w h pomiędzy wszystkimi badanymi ustawieniami stóp (PL-R, LP-R, PL-LP). Zatem A uzyskali podobne wartości h w każdym ustawieniu stóp (PL, R, LP). Natomiast w grupie P uzyskano istotne różnice w wartościach h CMJ, pomiędzy ustawieniem stóp R, a LP. W ustawieniu stóp R, P uzyskali większe h względem ustawienie LP. Między pozostałymi badanymi ustawieniami stóp, nie wykazano istotnych różnic w h (PL-R, PL-LP).

Publikacji nt. skoku pionowego z perspektywy techniki ustawienia stóp jest stosunkowo niewiele. Brakuje badań, które jednoznacznie udzieliłyby odpowiedzi na pytanie, jakie ustawienie stóp (wykroczo – dominujące, równoległe, wykroczo – skrzyżne) jest najbardziej efektywne (z perspektywy wysokości skoku). Skok CMJ w badaniach biomechanicznych jest bardzo często stosowany jako podstawowy test, nazywany „złotym

standardem”, w celu m.in. diagnozowania potencjału skocznościowego badanych oraz szacowania poziomu siły i mocy kończyn dolnych w różnych dyscyplinach sportowych (Pomohaci i Sopa 2010; Maćkała i wsp. 2013a; Mancha-Triguero i wsp. 2019). Skok CMJ charakteryzuje się prostotą wykonania, swoistą naturalnością techniki ruchu oraz możliwością wykonania go w każdych warunkach. Dodatkowo, do wykonania skoku CMJ badana osoba nie wymaga długotrwałego procesu nauczania. Popularność testu w procesach diagnostycznych, umożliwia łatwe porównanie wyników z innymi wynikami badań. Niestety, również w obszarze badań biomechanicznych brakuje doniesień, ściśle porównujących wpływ różnego ustawienia stóp podczas skoków CMJ na jego efektywność. Występują natomiast prace badawcze, dzięki którym istnieje możliwość porównania uzyskiwanych wyników badanych zmiennych kinematycznych. W badaniach tych określano m.in. h CMJ zarówno u koszykarzy, a także zawodników innych dyscyplin sportowych oraz studentów wychowania fizycznego.

W niniejszych badaniach, grupa A uzyskała średnią wartość h równą $0,46 \pm 0,06$ m, a grupa P $0,47 \pm 0,07$ m. Buśko (1988) podczas badań koszykarzy kadry narodowej uzyskał wartości h CMJ na poziomie $0,48 \pm 0,06$ m, a w przypadku koszykarek $0,37 \pm 0,05$ m. Buśko (1989) w badaniach koszykarzy kadry narodowej uzyskał wartości h CMJ równe $0,50 \pm 0,19$ m dla PG, $0,50 \pm 0,19$ m dla skrzydłowych oraz $0,45 \pm 0,20$ m dla C. Koszykarki kadry narodowej uzyskały wartości h CMJ $0,39 \pm 0,18$ m dla PG, $0,39 \pm 0,16$ m dla skrzydłowych oraz $0,34 \pm 0,15$ m dla C. Buśko i wsp. (2017) u drugoligowych zawodników rozgrywek PZKosz, uzyskali wartości h CMJ na poziomie $0,53 \pm 0,05$ m. Rozpatrując chronologicznie badania dotyczące innych dyscyplin sportowych, Bartosiewicz i Wit (1985), w badaniach na siatkarzach ówczesnej kadry narodowej uzyskali wyniki wartości h CMJ pomiędzy $0,33$ a $0,54$ m. Buśko i Nowak (2008) badając judoków kadry narodowej uzyskali wartości h CMJ równe $0,51 \pm 0,06$ m. Schiltz i wsp. (2009) w przypadku grupy profesjonalnych koszykarzy uzyskali średnie wartości h CMJ $0,49 \pm 0,05$ m, a w przypadku grupy juniorskiej $0,51 \pm 0,08$ m. Struzik i Pietraszewski (2010) badając grupę studentów wychowania fizycznego, którzy posiadali co najmniej pięcioletni staż treningowy różnych zespołowych dyscyplin sportowych, uzyskali wartości h CMJ na poziomie $0,40 \pm 0,06$ m. Makaruk i Sacewicz (2010) wśród badanych studentów wychowania fizycznego uzyskali wartości h CMJ dla dwóch grup kolejno $0,42 \pm 0,07$ m i $0,41 \pm 0,07$ m. Buśko i wsp. (2014) badając zawodników Polskiej Ligi Siatkówki uzyskali wartości h CMJ $52,2 \pm 5,4$ cm. Markovic i wsp. (2014) badając studentów wychowania fizycznego uzyskali wartości h CMJ na poziomie $0,43 \pm 0,05$ m. Buśko i wsp. (2015) badając siatkarzy w wieku licealnym ze Szkoły Mistrzostwa Sportowego

uzyskali wartości h CMJ równe $0,47 \pm 0,04$ m. Gajewski i wsp. (2018) badając stu młodych sportowców w wieku $16,8 \pm 1,8$ lat uzyskali wartości h CMJ kolejno: dla grupy pływaków $0,43 \pm 0,05$ m, siatkarzy $0,49 \pm 0,06$ m, piłkarzy ręcznych $0,47 \pm 0,05$ m, kajakarzy $0,43 \pm 0,05$ m. Zatem wyniki h CMJ zarówno w przypadku grupy A oraz P były zbliżone do wyników koszykarzy badanych przez innych autorów, ale nie największe. Zdecydowanie większymi wartościami h CMJ wykazali się siatkarze, judocy oraz koszykarze i siatkarze w wieku juniora. Natomiast koszykarze z grup A i P uzyskali większe h CMJ od studentów wychowania fizycznego.

W badaniach niniejszej rozprawy wykazano, że ustawienie stóp podczas wykonywania skoków CMJ w przypadku grupy A nie odgrywa znaczącej roli. Natomiast w przypadku P, bardziej efektywnym pod względem h ustawieniem stóp, podczas skoku CMJ jest ustawienie R względem LP. Buśko (1989) w badaniach przeprowadzonych na koszykarzach oraz koszykarkach będących wówczas zawodnikami kadry narodowej, na podstawie własnych obserwacji, stwierdził brak występowania znaczącego wpływu różnego ustawienia stóp podczas wykonywania prób skoków CMJ na badane zmienne kinematyczne. W badaniach Buśko (1989) nie oznaczano i nie określano różnego ustawienia stóp podczas skoku, a stwierdzenie to jest wynikiem jedynie obserwacji. W badaniach niniejszej rozprawy wykazano, iż ustawienie stóp PL charakteryzuje się podobną efektywnością (h) jak ustawienie R. Uzyskane podobne wartości w grupie P przy ustawieniach stóp R i PL mogą być również wynikiem powstania nawyku utrwalonego podczas specjalistycznego procesu treningowego. Definiując trening specjalistyczny jako systematyczny, zaplanowany, wieloletni proces rozwoju techniki, sprawności fizycznej, osobowości oraz wiedzy z zakresu uprawianej dyscypliny sportowej, umożliwiający zawodnikowi uzyskanie maksymalnych wyników, mistrzostwa sportowego w danej dyscyplinie (Sozański 1999). W przypadku amatorów nie mamy do czynienia ze specjalistycznym procesem treningowym, jaki występuje u profesjonalnych graczy. Amatorzy mogą wykazywać się nawykiem o różnym stopniu utrwalenia. Natomiast na podstawie wyników niniejszej pracy można stwierdzić, że tendencje ustawienia stóp w grupie A, pokrywają się z preferencjami grupy P. Może być to spowodowane, specyficzną charakterystyką grupy A (średniozaawansowaną), której badani wykazywali się okresowym czynnym uczestnictwem w specjalistycznym procesie treningowym o charakterze co najmniej nauczającym. Wpływ nawyków wytworzonych na skutek trenowania określonej dyscypliny sportowej zauważyli również Maćkała i wsp. (2013a). Maćkała i wsp. (2013a) wykonali badania na sześciu profesjonalnych sprinterach w celu wykazania wpływu różnego ustawienia stóp, podczas dwóch różnych skoków SJ

(równoległe ustawienie stóp) i CMJ (wykroczone ustawienie stóp), na ich efektywność. Podczas skoków CMJ badani przyjmowali postawę wykroczo – skrzyżną, czyli analogiczną do przyjmowanej przez nich podczas startu w blokach startowych.

Maćkała i wsp. (2013b) wykonali nowatorskie badania, których celem było sprawdzenie wpływu różnego ustawienia stóp, na osiągnięte zmienne kinematyczne i dynamiczne podczas skoku w dal. W badaniach wzięło udział sześciu wysokiej klasy sprinterów. Badani wykonywali serie skoków w dal w równoległym ustawieniu stóp (R) oraz w wykroczo - skrzyżnym ustawieniu stóp (LP), które było analogicznym ustawieniem jakie stosowali w blokach startowych. Wyniki badanych wskazały na istotną różnicę między ustawieniem stóp R, a LP w uzyskanej odległości skoków. Większe odległości skoków badani uzyskali w wykrocznym ustawieniu stóp LP. Różnica między odległościami skoków wynosiła ok. 13 cm. Dodatkowo, zaobserwowano większe wartości siły reakcji podłoża w wykrocznym ustawieniu stóp LP, względem równoległego ustawienia stóp R, co według Maćkały i wsp (2013b) przyczyniło się do uzyskania dłuższych skoków. Ponadto stwierdzono, że uzyskanie dłuższego skoku poziomego w wyroku, może być spowodowane mniejszymi kątami zgięcia w stawach kolanowych i biodrowych, a w konsekwencji generowanym większym momentem siły podczas odbicia. Maćkała i wsp. (2013b) stwierdzają, że faza odbicia jest najważniejszą częścią skoku, która w konsekwencji wpływa na jego efektywność. Jednakże jak stwierdzają Nagano i wsp. (2007) oraz Rutkowska-Kucharska (2020), mechanika skoku poziomego znacząco różni się od mechaniki skoku pionowego. Wypadkowy wektor siły reakcji podłoża jest inny podczas skoku poziomego, jest on skierowany w przód pod kątem ok. 45 stopni. Natomiast podczas skoku pionowego CMJ wektor siły jest skierowany pionowo w górę (Nagano i wsp. 2007). Również badania aktywacji mięśniowej, wykazały znaczące różnice w odmienności profili skoków poziomych i pionowych (Nagano i wsp. 2007). Skoki poziome, w przeciwieństwie do skoków pionowych, wymuszają większy ruch tułowia do przodu, który ma związek z uzyskaniem większego kąta przemieszczenia się ciała zawodnika (większe wychylenie COM do przodu w pozycji wykroczo - skrzyżnej LP, względem pozycji R) (Nagano i wsp. 2007).

Równie ważnym czynnikiem efektywności skoku poziomego jak i pionowego jest odpowiedni poziom koordynacji poszczególnych grup mięśniowych (Maćkała i wsp. 2013a; Rutkowska-Kucharska 2020). Jak stwierdzają Tai i wsp. (2020), efektywność skoku pionowego jest osiągana dzięki właściwej koordynacji elementów ciała oraz pracy mięśni. Koordynacja ruchów podczas skoku poziomego jest inna niż podczas skoku pionowego (Rutkowska-Kucharska 2020). Gabbard i Hart (1996) oraz Maćkała i wsp (2013a)

stwierdzają, że podczas rozwoju psychomotorycznego człowieka ujawnia się podział na dwie strony ciała, z wyraźną dominacją jednej w zakresie dokładności, a drugiej w zakresie dominacji generowanej siły. Miyaguchi i Demura (2010) oraz Rouissi i wsp. (2015) również wykazują istnienie asymetrii kończyn dolnych ze względu na dominację w obszarze zdolności zręcznościowych (kończyna dolna dominująca), czyli ta którą osoba wykona kopnięcie lub manipulacje piłki oraz ze względu na dominację w obszarze wytwarzania siły mięśniowej, związanej z podtrzymywaniem własnego ciężaru ciała lub w staniu na jednej stopie. Gabbard i Hart (1996) wskazują, że preferencyjność stopy ujawnia się znacząco po okresie wczesnego i średniego dzieciństwa (4 i 8 r.ż.) i w tym czasie zdecydowanie częściej występuje przesunięcie w kierunku prawostronności. Natomiast względnie stała preferencja ustala się do 11 r.ż. Między trzecim, a jedenastym rokiem życia, ok. 30% dzieci wykazuje się brakiem preferencji jednej ze stron. Wśród młodzieży i dorosłych występowanie osób z brakiem dominacji jednej stopy nad drugą wynosi ok. 19%. Neuropsycholog Maruszewski (1975) stwierdza, iż asymetria funkcji wśród „narządów parzystych” (w szczególności kończyn), występująca u człowieka na przestrzeni jego dziejów, osiągnęła zdecydowanie większy poziom, niż u jakiegokolwiek gatunku zwierząt. Charakterystyczną asymetrią dla człowieka jest asymetria stron ciała, czyli zdecydowanej dominacji prawej strony ciała względem lewej, a w szczególności prawej ręki nad lewą. Wg Maruszewskiego (1975) liczba osób leworęcznych oscyluje w okolicach 5-10% populacji osób zdrowych. Natomiast w przypadku dominacji kończyny dolnej, lateralizacja nie jest tak silnie determinowana jak w przypadku kończyny górnej, gdzie częściej występuje lateralizacja skrzyżowana, niepełna lub jej brak. Gabbard i Hart (1996) potwierdzają doniesienia Maruszewskiego (1975) argumentując, że czynności wykonywane przy użyciu stóp są zazwyczaj mniej złożone i praktykowane względem kończyn górnych oraz lateralizacja kończyn dolnych podlega w mniejszym stopniu presji społecznej. Gabbard i Hart (1996), na podstawie 956 przebadanych osób stwierdzają, że bardziej prawdopodobne jest ustalenie preferencyjności kończyny górnej niż dolnej (stopy), choć we wszystkich badanych grupach niezależnie od wieku, była widoczna preferencja prawej stopy. Dominacja kończyny dolnej jest zależna od rodzaju wykonywanej pracy, widoczna szczególnie wśród sportowców, gdy asymetria międzykończynowa jest odzwierciedleniem wymagań danej dyscypliny sportowej (Hewit i wsp. 2012). Zatem opierając się na powyższych doniesieniach, których tematyka jest ściśle związana z występującą lateralizacją człowieka, czyli jednym z głównych przedmiotów badań w psychologii rozwojowej oraz na podstawie otrzymanych wartości h CMJ można stwierdzić, że JS należy do czynności ruchowych precyzyjnych, gdzie ustawienie stóp wykroczo –

dominujące będzie bardziej komfortowe dla zawodnika, choć niekoniecznie najbardziej efektywne. W badaniach Rutkowskiej-Kucharskiej (2020) wykazano istotny związek pomiędzy uzyskaną h skoku pionowego, a wskaźnikiem asymetrii siły reakcji podłoża, podczas fazy odbicia. Występowanie tej zależności oznacza, że im mniejsza jest wartość asymetrii siły reakcji podłoża między kończynami dolnymi, tym większa jest h skoku pionowego oraz mniejsze prawdopodobieństwo powstawania urazów. Dodatkowo z badań Rutkowskiej-Kucharskiej (2020) wynika, że większą h młodzi zawodnicy osiągnęli poprzez równoległe ustawienie stóp, względem wykrocznego, co wg Rutkowskiej-Kucharskiej jest spowodowane występowaniem mniejszej wartości wskaźnika asymetrii siły reakcji podłoża.

Podsumowując podrozdziały dotyczące wpływu techniki ustawienia stóp na osiąganą wartość h podczas JS i CMJ oraz mając na uwadze wszelkie doniesienia w obszarze problemu badawczego, a także własne wyniki badań, można sformułować następujące wnioski. Zawodnik – nowicjusz (dzieci, początkujący, kobiety), wykazujący się deficytem siłowym (szczególnie górnej części ciała), z perspektywy celności JS, powinien stosować postawę wykroczo – dominującą, umożliwiającą osiągnięcie stabilności ciała, w decydującej płaszczyźnie strzałkowej, aby uzyskać podobne wyniki wychyleń COM jak u profesjonalistów. Dodatkowo, dominująco – wykroczone ustawienie powinno wspomóc wykonanie precyzyjnego rzutu. Niestety uzyskanie stabilności umożliwiającej wykonanie rzutu w przypadku amatora, odbywa się kosztem h oraz poziomu skuteczności rzutowej. Natomiast zawodnik średniozaawansowany charakteryzujący się mniejszym deficytem siłowym niż nowicjusz, ale większym niż profesjonalista, powinien dążyć do stosowania równoległego ustawienia stóp podczas JS, w celu osiągnięcia jak najwyższej efektywności (h oraz skuteczność). Większa h podczas JS, umożliwi osiągnięcie większego poziomu skuteczności rzutowej oraz dodatkowej przewagi nad obrońcą. Większy poziom siły, umożliwia zawodnikowi – średniozaawansowanemu skupienie uwagi na podnoszeniu poziomu celności JS oraz poprawy techniki w czasie rzeczywistym poprzez zastosowanie równoległego ustawienia stóp. W przypadku profesjonalistów, wysoki poziom zdolności siłowych powinien umożliwiać uzyskiwanie podobnych wartości h niezależnie od rodzaju ustawienia stóp (wykroczo – dominujące, równoległe, wykroczo – skrzyżne) w zależności od sytuacji rzutowej podczas meczu. Z racji występujących powiązań, zależnych od poziomu rozwoju motorycznego i doświadczenia, trenerzy powinni wykazywać się zindywidualizowanym podejściem do nowicjusza, średniozaawansowanego czy profesjonalisty aby rozwijać i podwyższać poziom ich efektywności w JS. Zastosowanie odpowiedniego ustawienia stóp, zależnego od poziomu rozwoju podopiecznego, oraz

od indywidualnych preferencji związanych z dominującą kończyną dolną (odpowiedzialną za precyzję) może okazać się kluczowym elementem procesu treningowego. Z perspektywy diagnostyki wyznaczania maksymalnego potencjału skocznościowego (h), zaleca się stosowanie równoległego ustawienia stóp niezależnie od poziomu doświadczenia zawodnika ze względu na uzyskanie wystandaryzowanych i rzetelnych wyników.

V 3. Moc maksymalna i moc średnia w fazie odbicia podczas rzutów z wysoku oraz skoków pionowych CMJ

Badania określające P_{MAX} i P_{MEAN} podczas skoków pionowych jak i JS, zazwyczaj występują w kontekście ich relacji z maksymalną wysokością skoku (Buśko 1988; Makaruk i Sacewicz 2010; Buśko i wsp. 2014; Markovic i wsp. 2014; Buśko i wsp. 2015; Stojanović i wsp. 2017; Gajewski i wsp. 2018; Pomohaci i Sopa 2021). Relacja mocy i h pozostaje w dalszym ciągu obiektem sporów badaczy, z racji uzyskiwanych odmiennych wyników (Markovic 2014; Gajewski i wsp. 2018). Skok pionowy CMJ jest uważany za jeden z wiarygodnych testów diagnozujących poziom umiejętności skocznościowych oraz ich efektywność. Jest również wykorzystywany jako wyznacznik zmiennych kinetycznych i kinematycznych, m.in. generowanej mocy (Buśko 1988; Trzaskoma 1998). Natomiast Bartosiewicz i Wit (1985) stwierdzili, że skok pionowy nie powinien być stosowany jako obiektywny test mocy, ze względu na brak (wg autorów pracy) statystycznych i fizycznych ku temu podstaw. Moc generowana podczas skoku pionowego CMJ jest jednym z ważniejszych czynników, determinującym wartość prędkości końcowej w fazie odbicia, która w konsekwencji decyduje o h (Baker i wsp. 2001; Struzik 2018). Autor rozprawy doktorskiej uzyskał bardzo silne, dodatnie związki pomiędzy wartościami P_{MAX} i P_{MEAN} , uzyskanych podczas JS, względem wartości P_{MAX} i P_{MEAN} otrzymanych podczas CMJ. Zatem im większe wartości P_{MAX} i P_{MEAN} uzyskali badani zawodnicy podczas CMJ, tym większe osiąkali podczas JS. W związku z tym oba rodzaje skoków, można potraktować równoważnie. Toteż właściwym wydaje się rozpoczęcie dyskusji od pojęć podstawowych, występujących w metadziejzinie biomechaniki, którą jest fizyka, a w szczególności dziale mechaniki (Kossecki 2018; McGinnis 2020).

W fizyce, moc definiuje się jako stosunek pracy do czasu w jakim została wykonana. W badaniach biomechanicznych skoków pionowych, spotykamy określanie zarówno mocy bezwzględnej jak i mocy względnej (Bartoszewicz i Wit 1985; Buśko i wsp. 2014; Buśko i wsp. 2015; Gajewski i wsp. 2018). W niniejszej rozprawie autor wyznaczył i zastosował moc względną. Moc względna jest to, moc bezwzględna przeliczona na jednostkę masy ciała

[W/kg] (Trzaskoma 1998; Buśko i wsp. 2014; Buśko i wsp. 2015; Gajewski i wsp. 2018). Rozpatrując moc z perspektywy pracy mięśni, możemy ją zdefiniować jako iloczyn siły mięśniowej i prędkości skracania się mięśnia (Bober i Zawadzki 2006; Grimshaw i wsp. 2014; McGinnis 2021). Równanie przedstawiające zależność siły mięśnia od jego prędkości skracania się, zostało wyznaczone przez A.V. Hilla, poprzez badanie rozwijanej mocy przez wyizolowany mięsień w funkcji prędkości jego skracania. Za stworzoną tzw. „krzywą Hilla” (hiperboli przesuniętej) autor otrzymał w 1922 roku Nagrodę Nobla. Z racji przecinania się krzywej Hilla na osiach F_{MAX} i v_{MAX} , osiągając maksymalną (skrajną) wartość siły mięśnia F_{MAX} , prędkość jego skracania się będzie równa zero. Zatziorski (1970) w praktyczny sposób przedstawił, że z maksymalną wartością siły mięśnia F_{MAX} ma się do czynienia w przypadku występowania oporu na tyle dużego, który pozwala osiągnąć maksymalną wyzwalaną siłę bez udziału ruchu (skurcz izometryczny w warunkach statycznych), czyli o prędkości zerowej. W tym wypadku, moc wyznaczona z iloczynu siły i prędkości również będzie równa zero. W przypadku osiągnięcia maksymalnej prędkości v_{MAX} , siła mięśnia będzie przejawiać na zewnątrz siłę zerową. Natomiast u człowieka podczas każdego ruchu ciała, musi być pokonany jakiś opór. Moc również i w tym przypadku będzie równa zero lub z empirycznego punktu widzenia bliska zero (Bober i Zawadzki 2006). Zatziorski (1970) potwierdził przebieg krzywej Hilla, poprzez wyznaczenie uproszczonej do zastosowania w praktyce zasady „odwrotnej proporcjonalności siły do prędkości (skurczu)”. Z racji występujących pośrednich wartości iloczynu siły i prędkości mięśnia większych od zera, uzyskanie maksymalnej mocy mięśnia zależy od prędkości jego skracania się. Wyznaczenie wartości prędkości dla osiągnięcia maksymalnej mocy większej od zera jest możliwe dzięki wyznaczeniu maksimum funkcji zależności siły od prędkości, uwzględniając wartość ekstremum, które jest równe zero (Bober i Zawadzki 2006). Ekstremum mocy mięśni szkieletowych zostało oszacowane przez Bobera i Zawadzkiego (2006) i wynosi ok. 0,31 prędkości maksymalnej skracania się danego mięśnia.

Bober i Zawadzki (2006) wykazali, iż mięsień o jednakowym przekroju fizjologicznym (poprzeczny do wszystkich włókien), identycznej długości włókien oraz o takiej samej wartości siły maksymalnej, ale różnym stosunku włókien szybkokurczliwych (FT) do wolnokurczliwych (ST), wykazuje się innym wynikiem generowanej wartości mocy maksymalnej. Mięsień o przewadze włókien szybkokurczliwych (FT), uzyskał ponad dwukrotnie większe wartości mocy maksymalnej w przeciwieństwie do mięśnia o przewadze włókien wolnokurczliwych (ST). Maksymalna wartość wygenerowanej mocy jest determinowana m.in. przez zwiększenie masy mięśniowej (hipertrofii). Zwiększenie masy

mięśniowej ma związek z większą wartością siły mięśniowej oraz większą prędkością skracania się mięśnia (Trzaskoma i Trzaskoma 2001). Szybkość skracania się mięśnia jest silnie determinowana stosunkiem włókien mięśniowych (FT do ST). Kolejną istotną determinantą generowanej mocy jest poziom koordynacji nerwowo – mięśniowej, określanej za pomocą liczby jednocześnie aktywowanych jednostek motorycznych, wraz z ich odpowiednią synchronizacją (Trzaskoma i Trzaskoma 2001). Wysoka zawartość włókien mięśniowych szybkokurczliwych (FT) typu IIX i IIA, w stosunku do włókien wolnokurczliwych (ST) typu I, ułatwia uzyskanie znacznych wartości mocy, nawet u osób, które wykazują się stosunkowo małą masą mięśniową (Żołądź 2003). Włókna typu IIX osiągają dziesięć razy większą prędkość skracania się w przeciwieństwie do włókien typu I. Znaczący spadek przekroju poprzecznego mięśnia w wyniku braku aktywności (spadek siły mięśniowej), pomimo występowania zjawiska przekształcania się włókien mięśniowych (w tym przypadku typu I w typu IIX), wykazuje się negatywnym wpływem na generowaną moc maksymalną (Żołądź 2003).

Trzaskoma i Trzaskoma (2001) wykazali, że sztywność mięśni, rozumiana jako ilościowa miara własności sprężystych, jest również istotnym czynnikiem mającym wpływ na wartość maksymalnej mocy mięśniowej. Działanie siły zewnętrznej (momentu siły), poprzez rozciągnięcie (wydłużenie) czynnościowe (ekscentryczne) kompleksu mięśni-ścięgno, powoduje akumulowanie się energii sprężystości w tkankach (szczególnie struktur ścięgniastych), w wyniku spowodowanego odkształcenia i powrotu do kształtu pierwotnego (Trzaskoma i Trzaskoma 2001). Dodatkowo, praca ekscentryczna mięśnia umożliwia wykorzystanie odruchów na poziomie działania centralnego układu nerwowego, gdzie istotną rolę spełniają wrzecionka mięśniowe (receptory), które przekazują informację o ich rozciągnięciu, do rdzenia kręgowego oraz mózgowia. Rozpatrując układ nerwowy z perspektywy sposobu jego funkcjonowania, mamy wówczas do czynienia z możliwością występowania dwóch reakcji: ze strony układu autonomicznego jak i somatycznego. Reakcja układu autonomicznego występuje w formie pętli odruchowej, która zostaje zamknięta na poziomie rdzenia kręgowego, pełniąc funkcję ochronną zapobiegając nadmiernemu rozciągnięciu i obciążeniu mięśnia. Informacja o rozciąganiu z wrzecionek mięśniowych również dociera do mózgu, umożliwiając wykonanie reakcji ze strony somatycznego układu nerwowego (Trzaskoma i Trzaskoma 2001; Bober i Zawadzki 2006; Bober i wsp. 2007). Odruch na poziomie układu autonomicznego, w reakcji na rozciąganie ma również rolę w wykorzystaniu energii sprężystości, przez szybkie wykonanie skurczu rozciąganego mięśnia (Bober i Zawadzki 2006). Bober (1995) opisuje, że własności sprężyste należy

przypisywać całości układu ruchu jaki uczestniczy w wykonywaniu danej czynności. Zarówno mięśniom uwzględniając ich elementy kurczliwe i bierne oraz kościom i stawom.

Bober i Zawadzki (2006) wykazali istotne cechy techniki wykonania ruchu z perspektywy efektywności wykorzystania energii sprężystości. Pierwszym przedstawionym czynnikiem przez Bobera i Zawadzkiego (2006) jest czas, w jakim została dokonana zmiana kierunku ruchu. Wydłużenie czasu pomiędzy fazą ekscentryczną, a koncentryczną mięśnia powoduje obniżenie zdolności do odzyskania i wykorzystania energii sprężystości zgromadzonej podczas rozciągnięcia czynnościowego (Trzaskoma i Trzaskoma 2001; Bober i wsp. 2007). Wilson i wsp. (1991) stwierdzają, że granicznymi wartościami czasu zmiany kierunku ruchu jest okres połowicznego rozpadu, który wynosi 0,85 s oraz okres całkowitego rozproszenia energii sprężystości wynoszący 4 s. Chwilowe zatrzymanie ruchu w momencie przejścia z fazy ekscentrycznej do koncentrycznej, powoduje rozpoczęcie fazy skracania mięśnia z pozycji statycznej (jak w przypadku napięcia izometrycznego), czyli nie wykorzystującej właściwości SSC (Bober 1995). Drugim istotnym czynnikiem determinującym efektywność wykorzystania energii sprężystości jest zakres ruchu i prędkość rozciągania mięśnia. Bober i wsp. (1987) określili prędkość kątową prostowania stawu kolanowego z ustalonej pozycji w stosunku do ruchów prostowania z wykorzystaniem zamachu (przy udziale energii sprężystości), realizowanych z różną prędkością i o różnym zakresie. Wykazano większą prędkość kątową dla ruchu z zamachem w stosunku do ruchu bez zamachu. Bober i wsp. (1987) wykazali również, że istnieją pewne strefy (duży zakres zgięcia i mała prędkość ruchu z zamachem), w których nie wykazano istotnych różnic pomiędzy obiema metodami wykonania ruchu. Największą różnicę w prędkościach kątowych (w porównaniu do ruchu bez zamachu) uzyskano przy małym lub średnim zakresie zamachu i dużej prędkości. Zastosowanie zamachu przed wykonaniem odbicia podczas skoku CMJ pozwala uzyskać większą wartość siły reakcji podłoża na początku fazy odbicia, w porównaniu do skoku SJ (Bober 1994). Bosco i Komi (1981) donoszą, że podczas skoku CMJ zakres zamachu (zgięcie w stawach kolanowych) oraz jego prędkość wykonania są ujemnie skorelowane, natomiast prędkość z jaką wykonuje się zamach ma dodatni związek z przyrostem mocy, jak i z przyrostem siły w porównaniu do skoków SJ. Zbyt długi czas rozciągania oraz zbyt duży jego zakres powoduje powstawanie zjawiska „ustępowania sarkomeru”, tzn. rozproszenia energii sprężystości, powstałej w połączeniach mostków aktynowo-miozynowych (Bober 1994). Kolejnym ważnym czynnikiem mającym związek z efektywnością SSC jest obciążenie, którego celem jest spowodowanie zwiększonego napięcia mięśni, a w konsekwencji zwiększenie prędkości końcowej. Najwyższą wartość

graniczną, a zarazem największy zysk w efektywności będzie wyznaczać, możliwa do uzyskania maksymalna prędkość (z danym obciążeniem) w jak najkrótszym czasie. Obciążenia ruchu, chcąc osiągnąć najwyższy poziom efektywności, powinno być utrzymane w granicach odniesionych do indywidualnych możliwości człowieka (Bober 1995). Specyficzne właściwości SSC przejawiają się w osiągnięciu większej mocy, siły oraz prędkości (Bober i wsp. 2007). To stwierdzenie potwierdza Trzaskoma i Trzaskoma (2001), który na jednym z badanych koszykarzy wykazał zwiększenie P_{MAX} oraz P_{MEAN} podczas badanych rodzajów skoków wraz z istotnym skracaniem się czasu odbicia ($SJ_{P_{MAX}} < CMJ_{P_{MAX}} < DJ_{P_{MAX}}$; $SJ_{P_{MEAN}} < CMJ_{P_{MEAN}} < DJ_{P_{MEAN}}$).

Czynnościami ruchowymi wykorzystującymi właściwości SSC są ćwiczenia plyometryczne, których głównym celem jest zwiększenie generowanej mocy maksymalnej (Makaruk i Sacewicz 2010). Ćwiczenie plyometryczne składa się z fazy ekscentrycznej mięśnia, po której natychmiastowo następuje eksplozywna faza koncentryczna (Trzaskoma i Trzaskoma 2001; Bober i Zawadzki 2006; Makaruk i Sacewicz 2010). W badaniach Makaruka i Sacewicza (2010) wykazano zwiększenie osiąganych wartości mocy maksymalnej w skokach CMJ i DJ poprzez stosowanie treningu opartego na minimalizacji czasu odbicia. Pomimo zwiększenia wartości uzyskiwanej mocy, wysokości skoków CMJ i DJ nie uległy zmianie. Makaruk i Sacewicz (2010) stwierdzili występowanie istotnego zjawiska z punktu widzenia procesu treningowego. Wykazano możliwość sterowania procesem treningowym w taki sposób, aby uzyskać wymierne efekty dotyczące w tym przypadku zwiększenia generowanej mocy maksymalnej bez ingerencji w wysokość skoku. Makaruk i Sacewicz (2010) podsumowując własne badania stwierdzili, że zawodnik wykazujący się zadawalającą wysokością skoku, może dodatkowo poprawić generowaną moc, poprzez zmniejszenie kąta zgięcia stawów kolanowych oraz skrócenie czasu między fazą ekscentryczną, a koncentryczną (Makaruk i Sacewicz 2010).

Trzaskoma (1998) opisuje, że zamach kończynami dolnymi wykonany zbyt głęboko, może powodować uzyskanie niższych wartości mocy, nie obniżając wartości wysokości skoku. Bosco i Komi (1981) ustalili, że głęboki zamach kończynami dolnymi wraz z jego małą prędkością wykonania powoduje mały przyrost generowanej siły i niską moc. Natomiast płytki zamach kończynami dolnymi wraz z jego dużą prędkością wykonania powoduje duży przyrost generowanej siły i mocy. Gajewski i wsp. (2018) wykazali, że podczas wykonywania skoków CMJ, zakres ruchu zamachu jest zmienną silnie determinującą uzyskane wartości względnej mocy maksymalnej. Mandić i wsp. (2015) oraz Gajewski i wsp. (2018) stwierdzają, że zwiększenie zakresu zamachu podczas skoku pionowego przyczyniło się

do spadku uzyskanej względnej mocy maksymalnej, w stosunku do skoków o mniejszych zakresach zamachu (głębokości przysiady), a także nie wpłynęło znacząco na uzyskiwaną wysokość skoku.

Prędkość końcowa, a zarazem wysokość skoku, nie jest tożsama z osiąganą mocą, pracą czy siłą, których najwyższe wartości można osiągnąć poprzez uzyskanie dużej prędkości rozciągnięcia mięśni, na względnie krótkiej drodze długości jego rozciągnięcia (Bober 1995). Mandić i wsp. (2015) stwierdzili, że istnieje „optymalna” wartość zakresu ruchu, natomiast jego rola w przypadku wysokości skoku jest drugorzędna. Struzik (2018) uważa, że zakres ruchu nie powinien być pomijany pomimo występujących trudności pomiarowych i możliwości wyegzekwowania go. Mandić i wsp. (2015), w stosunku do siły reakcji podłoża oraz mocy maksymalnej i mocy średniej w fazie odbicia wykazali silny związek uzyskanych wartości od głębokości zamachu. Wg Mandić’a i wsp. (2015) zakres zamachu jest odwrotnie proporcjonalny do mocy maksymalnej, mocy średniej i siły maksymalnej. Moc maksymalna i moc średnia wykazały liniowy spadek, wraz ze zwiększeniem zakresu zamachu. Gajewski i wsp. (2018), potwierdzają wyniki badań Mandić’a i wsp. (2015) oraz stwierdzają, że ujemny związek zakresu zamachu do mocy maksymalnej i mocy średniej jest związany ze zmniejszeniem się efektywnego działania SSC. Gajewski i wsp. (2018) stwierdzają, że w warunkach kontrolowanego zakresu ruchów, moc w fazie odbicia można opisać liniową funkcją od wysokości skoku. Osiągnięta przez zawodnika wartość wysokości skoku może być wówczas wykorzystana do określenia poziomu zdolności do wyzwanej przez niego mocy. Wyniki niniejszej rozprawy, również potwierdzają występowanie bardzo silnego związku we wszystkich badanych grupach, pomiędzy wartościami P_{MAX} , a h oraz P_{MEAN} , a h . Wartości współczynników korelacji P_{MAX} z h były większe, niż P_{MEAN} z h (tabela 21). Mandić i wsp. (2015) zalecają ostrożność w interpretacji wartości mocy maksymalnej, mocy średniej i siły maksymalnej (siły reakcji podłoża), podczas skoków pionowych, które nie uwzględniają kontrolowanego zakresu zamachu. Bartosiewicz i Wit (1985) stwierdzili, że uzyskanie korelacji pomiędzy mocą, a wysokością skoku, jest możliwe tylko jeżeli skok pionowy jest jedną ze specjalistycznych czynności ruchowych, występujących w danej dyscyplinie sportowej. Buśko (1988) przeprowadził ocenę generowanej mocy maksymalnej i mocy średniej oraz wysokości skoku u zawodników reprezentacji narodowych kobiet i mężczyzn, podczas skoku pionowego CMJ oraz JS w warunkach laboratoryjnych. Buśko (1988) stwierdził istotne związki pomiędzy mocą maksymalną i mocą średnią, a wysokością skoku. Mazur-Różycka (2017) wykazała brak istotnych różnic w uzyskanych wartościach mocy i wysokości skoków, pomiędzy badanymi grupami koszykarzy i siatkarzy, wykonujących

skoki pionowe CMJ i SPJ (skoki pionowe z odbicia obunóż z rozbiegu). Zatem wyniki badań z udziałem siatkarzy mogą być również traktowane jako wysoce diagnostyczne, względem wyników badań uzyskiwanych przez koszykarzy. Buśko i wsp. (2014) w badaniach przeprowadzonych na zawodowych siatkarzach wykazali istotny związek pomiędzy względną mocą maksymalną, a wysokością skoków CMJ. Natomiast Buśko i wsp. (2015), po przeprowadzonych badaniach na siatkarzach będących w wieku licealnym, nie wykazali związku pomiędzy względną mocą maksymalną, a wysokością skoku.

Badani zawodnicy niezależnie od poziomu umiejętności oraz poziomu klasy rozgrywkowej, wykazali się podobnymi wartościami P_{MAX} , jak i P_{MEAN} , niezależnie od rodzaju ustawienia stóp. Należy podkreślić, że obie badane grupy legitymowały się co najmniej 5 letnim stażem treningowym, rozumianym jako proces sterowania, czyli działania celowego, w którym system sterujący (organizator - trener) wywiera pożądaną wpływ (zmiany) na system sterowany - wychowanka (Kossecki 2018). Wartości procentowe wykorzystania potencjału skocznościowego w obu grupach były wyższe, w przypadku P_{MEAN} względem P_{MAX} . Buśko (1989) stwierdził, że różne ustawienie stóp, jakie przyjmowali zawodnicy podczas JS, które nie było odgórnie narzucone, nie wpływało istotnie na badane przez niego zmienne (wysokość skoku i moc). Buśko (1988) uzyskał u koszykarzy wartości P_{MEAN} równe $18,6 \pm 3,1$ W/kg, a wśród koszykarek $16,3 \pm 2,9$ W/kg. Obie grupy badane przez Buśko (1988) wykazały się większymi wartościami P_{MEAN} , od wartości uzyskanych w niniejszych badaniach, wśród grupy A i P.

W przypadku wykonywanych skoków CMJ przez grupę P, nie wykazano istotnych różnic względem różnego ustawienia stóp (PL-R, LP-R, PL-LP) w osiąganych wartościach P_{MAX} oraz P_{MEAN} . Natomiast w przypadku grupy A ustawienie stóp PL okazało się bardziej korzystne od ustawienia R, pod względem uzyskiwanych P_{MAX} oraz P_{MEAN} . Pomiedzy ustawieniem stóp dominująco – wykrocznym, a skrzyżno – wykrocznym nie wykazano istotnych różnic w wartościach uzyskiwanej mocy. W grupie P zarówno podczas JS jak i skoku CMJ, ustawienie stóp nie odgrywało znaczącej roli w osiąganych wartości mocy, co również potwierdzają wcześniejsze wyniki badań Buśko (1989). W badaniach Buśko (1988) koszykarze uzyskali wartości P_{MEAN} równe $18,1 \pm 2,9$ W/kg, a koszykarki $16,8 \pm 2,8$ W/kg podczas skoków CMJ. W badaniach Buśko (1989) koszykarze osiągnęli wartości P_{MEAN} kolejno: PG $20,2 \pm 7,8$ W/kg, skrzydłowi $19,6 \pm 6,5$ W/kg, C $16,5 \pm 7,4$ W/kg, a w przypadku koszykarek kolejno: PG $17,8 \pm 8,0$ W/kg, skrzydłowe $17,4 \pm 7,1$ W/kg, C $15,3 \pm 6,8$ W/kg. Porównując uzyskane wartości P_{MEAN} z badaniami Buśko (1988) oraz Buśko (1989) można stwierdzić, że we wszystkich badanych grupach, oprócz grupy koszykarek grających

na pozycji C, uzyskano większe wartości P_{MEAN} aniżeli w grupach A i P. Niezależnie od rodzaju ustawienia stóp oraz rodzaju skoku, grupa P uzyskała podobne wartości P_{MAX} oraz P_{MEAN} , w przeciwieństwie do grupy A. Prawdopodobnie, świadczy to o posiadaniu przez profesjonalistów znacznego poziomu potencjału szybkościowo-siłowego. W konsekwencji, bez względu na rodzaj ustawienia stóp, profesjonalista jest w stanie uzyskać znaczne wartości mocy mechanicznej. Grupa A w przypadku JS również wykazała się podobną tendencją. Natomiast w przypadku skoku CMJ grupa A, wykazała się istotną różnicą, pomiędzy ustawieniem stóp PL, a R na korzyść dominująco - wykrocznego ustawienia stóp. Najwyższe wartości P_{MEAN} jak i P_{MAX} , amatorzy uzyskali w wykrocznych ustawieniach stóp, zarówno PL (istotnie statystycznie) i LP (nieistotnie statystycznie) względem ustawienia stóp R.

Wykazana preferencja rodzaju ustawienia stóp A, wydaje się mieć związek z utrzymywaniem równowagi ciała oraz możliwym występowaniem zakłóceń podczas wykonywania skoku pionowego. Elliott i White (1989), Knudson (1993), Spina i wsp. (1996) oraz Miller (1996) stwierdzili że postawa dominująco – wykroczna umożliwia zwiększenie poziomu równowagi ciała podczas JS. McGinnis (2021) dowodzi, że w wykrocznym ustawieniu stóp, pole podstawy podparcia względem ustawienia stóp R jest większe, co w konsekwencji wpływa na łatwiejsze utrzymanie równowagi ciała, czyli jak stwierdza Bober i Zawadzki (2006) ciało znajduje się w stanie stabilności nieasymptotycznej. Knudson (1993) oraz Spina i wsp. (1996), stwierdzili, że zawodnicy o większym poziomie zdolności siłowych są w stanie wykonać skok pionowy przy mniejszej podstawie podparcia, względem zawodników amatorów, uzyskując dzięki temu większe wartości zmiennych opisujących skok. Położenie COM, jest zależne od położenia elementów ciała (w rozpatrywanym przypadku szczególnie kończyn górnych) w danym momencie. Dynamiczny zamach kończyn górnych w przód i do góry, o znacząco większym zakresie ruchu, niż ma to miejsce podczas JS, może powodować, również większe zakłócenie równowagi ciała podczas skoku pionowego (McGinnis 2021). Biskup i wsp. (1992) stwierdzają, że podczas świadomego zaburzenia równowagi człowieka, aktywowany jest program ruchowy, którego zadaniem jest przeciwdziałanie skutkom zaburzenia równowagi ciała na poziomie odruchowym, kompensującym skutki działającego zakłócenia. Istotne znaczenie dla utrzymania równowagi ma siła mięśni mogąca przeciwdziałać ruchom, które mogą spowodować zaburzenie.

Badani w obu grupach (A i P) uzyskali większe wartości P_{MAX} podczas skoków CMJ, względem JS. Przyczyny uzyskania różnych wartości P_{MAX} w fazie odbicia, należy dopatrywać się w odmiennej technice pracy kończyn górnych obu skoków. Podczas wykonywania rzutu z wysoku, zadaniem kończyn górnych, jest uniesienie piłki nad głowę,

w celu wykonania JS. Piłka w trakcie całego ruchu kończyn górnych jest utrzymywana bardzo blisko ciała w celu zmniejszenia sił zakłócających równowagę. Struzik i wsp. (2014), wykazali osiągnięte przez badanych większe wartości P_{MAX} oraz P_{MEAN} podczas JS, względem skoku ACMJ. Podczas JS ruch kończyn górnych jest tylko prowizoryczną formą zamachu (Struzik i wsp. 2014). Natomiast celem skoku CMJ, jest osiągnięcie maksymalnej wysokości i maksymalnej mocy, wykorzystując nieskrępowany ruch kończyn górnych w formie zamachu. Podczas skoku CMJ, zamach kończyn górnych jest niezbędny do uzyskania maksymalnych możliwości skocznościowych. Wpływ ruchu kończynami górnymi na efektywność skoku pionowego był przedmiotem wielu badań. Hara i wsp. (2006) wykazali, że zamach kończynami górnymi powoduje zwiększenie momentów siły w obrębie stawów kończyn dolnych, szczególnie biodrowych i skokowych. Podczas skoku CMJ, zamach kończynami górnymi powoduje zwiększenie siły reakcji podłoża, poprzez wymach wykonany w górę, zgodnie z kierunkiem ruchu ciała w trakcie fazy odbicia (Vaverka i wsp. 2016; Kim 2017). Kim (2017) stwierdza, że zamach kończynami górnymi, wpływa na zwiększenie prędkości końcowej podczas fazy odbicia, przez zwiększenie zarówno energii kinetycznej oraz poprzez ruch w górę, dodatkowo wspomagający unoszenie COM.

Podsumowując, podrozdział dotyczący wpływu różnego ustawienia stóp na osiągnięte wartości P_{MAX} oraz P_{MEAN} podczas JS i skoku CMJ, można stwierdzić, że wygenerowana maksymalna moc, nie przekłada się *ad verbum* z uzyskaniem maksymalnej wysokości skoku. Natomiast silnie z nią koreluje, szczególnie w przypadku P_{MAX} . Z perspektywy efektywności JS, istotną zmienną jest uzyskanie znacznej wysokości skoku, tożsamej z większą wysokością wypuszczenia piłki. Jednakże generowana moc podczas rzutu może być czynnikiem decydującym o wygranej indywidualnym pojedynku 1 na 1 z obrońcą. Na podstawie wyżej wymienionych w podrozdziale doniesień oraz uwzględniając wyniki badań własnych można sformułować następujące praktyczne wskazówki, dla trenerów i zawodników.

Zawodnik – nowicjusz (dzieci, początkujący, kobiety), wykazujący się wysokim deficytem siłowym, powinien stosować postawę wykroczo - dominującą. Wykroczo – dominujące ustawienie stóp, umożliwi nowicjuszom zrekompensowanie deficytu siłowego, poprzez zwiększoną powierzchnię podstawy podparcia. W konsekwencji nowicjusz, będzie mógł osiągnąć maksymalną wartość mocy, podczas JS jak i skoku CMJ, nie zaburzając nadmiernie równowagi ciała. Zaleca się stosowanie bodźców, powodujących zmniejszenie deficytu siłowego, dążąc do wykonania rzutu również z równoległego ustawienia stóp. Dodatkowo, autor niniejszej rozprawy wykazał, że skok CMJ, może być stosowany jako istotny ekwiwalentny środek treningowy. Zawodnik średniozaawansowany, wykazujący się

mniejszym deficytem siłowym względem nowicjusza, może stosować wykroczo - dominujące lub równoległe ustawienie stóp. Równoległe ustawienie stóp, może umożliwić uzyskanie większych wartości mocy oraz wysokości skoku. Dokładne określenie rodzaju ustawienia stóp będzie zależało od poziomu potencjału siłowego zawodnika. Amator, powinien dążyć do wszechstronności (jaką wykazuje się profesjonalista), czyli osiągnięcia maksymalnych wartości mocy w różnym ustawieniu stóp (PL, R, LP). Zawodnik profesjonalista, powinien uzyskiwać wysokie wartości generowanej mocy w każdym ustawieniu stóp (PL, R, LP). Obecnie funkcjonujący dynamiczny charakter gry, powodowany m.in. doskonalszą i bardziej agresywną presją obrońców oraz ustawicznym zaostrzaniem przepisów gry, obliguje graczy do wykonywania JS w jak najkrótszym czasie oraz z jak najwyższej wysokości. Zatem celem treningowym profesjonalisty, równie ważnym, powinno być zwiększenie wartości generowanej mocy. Jedną z metod treningowych, umożliwiającą uzyskanie tego celu są ćwiczenia plyometryczne. Jak wykazał Makaruk i Sacewicz (2010) odpowiednio ukierunkowany proces treningu plyometrycznego, umożliwia osiągnięcie większej wartości generowanej mocy, nie ingerując w zadowalający poziom wartości wysokości skoku.

VI Wnioski

1. W grupie profesjonalistów ustawienie stóp przy rzucie z wyskoku nie miało istotnego wpływu na wysokość skoku oraz moc maksymalną i moc średnią w fazie odbicia. Wartości wspomnianych zmiennych opisujących rzut z wyskoku były względnie takie same przy trzech różnych ustawieniach stóp (równoległe, prawa stopa z przodu, lewa stopa z przodu). Profesjoniści byli zatem w stanie uzyskiwać zbliżone wartości zmiennych opisujących rzut z wyskoku niezależnie od ustawienia stóp, co umożliwia zawodnikowi dostosowanie do zmiennych warunków i sytuacji podczas gry.
2. Grupa amatorów uzyskała istotnie większe wartości wysokości rzutu z wyskoku w równoległym ustawieniu stóp w porównaniu do ustawień: prawa stopa z przodu i lewa stopa z przodu. Mimo to, wartości mocy maksymalnej oraz mocy średniej pozostały na względnie stałym poziomie, niezależnie od ustawienia stóp. Równoległe ustawienie stóp nie jest tym, które przyjęte jest za standard techniki wykonania rzutu z wyskoku, co w grupie amatorów może potwierdzać niewielką styczność tych osób ze specjalistycznym treningiem koszykarskim.
3. Grupa profesjonalistów uzyskała istotnie większe wartości wysokości skoku CMJ w równoległym ustawieniu stóp w porównaniu do ustawienia: lewa stopa z przodu. Mimo to, wartości mocy maksymalnej oraz mocy średniej pozostały na względnie stałym poziomie, niezależnie od ustawienia stóp. Przyjęte za standardowe, równoległe ustawienie stóp przy wykonywaniu skoków pionowych okazało się zatem nieco korzystniejsze, co może wynikać z pewnej już znajomości techniki wykonania tego ruchu, ze względu na uczestnictwo w specjalistycznym procesie treningowym.
4. W grupie amatorów, wysokość skoku CMJ nie różniła się istotnie pomimo różnego ustawienia stóp podczas odbicia. Mimo to, wartości mocy maksymalnej oraz mocy średniej były istotnie większe w ustawieniu prawa stopa z przodu niż w ustawieniu równoległym. Może to być kolejny argument potwierdzający niewielką styczność amatorów ze specjalistycznym treningiem koszykarskim. Ustawienie nie w pełni symetryczne jest bowiem bardziej naturalne, aniżeli sztucznie narzucone równoległe ustawienie stóp przy wykonywaniu skoku pionowego.

5. Podczas rzutu z wyskoku, zarówno zawodnicy trenujący koszykówkę amatorsko jak i profesjonalnie, wykorzystują około 90% swoich maksymalnych możliwości skocznościowych. Rzut z wyskoku jest ruchem złożonym, wymagającym precyzji wykonania, stąd wykonanie skoku na maksymalnie możliwą wysokość mogłoby zaburzyć dokładność wykonania rzutu.
6. Przeprowadzone badania mogą stanowić przyczynek do modyfikacji nauczania techniki rzutu z wyskoku, rozpatrywanej w szczególności, ze względu na prezentowany poziom zdolności siłowych zawodnika, dążąc do uzyskania pożądanych wartości wysokości oraz mocy, niezależnie od ustawienia stóp podczas odbicia.

VII Piśmiennictwo

1. Acero R.M., Sánchez J.A., Fernández-del-Olmo M. (2012) *Tests of vertical jump: countermovement jump with arm swing and reaction jump with arm swing*. Strength and Conditioning Journal, 34(6), 87-93.
2. Aksović N., Bjelica B., D'Onofrio R., Milanović F., Nikolić D., Pržulj R. (2020) *Kinematic analysis of basketball jump shot*. Italian Journal of Sports Rehabilitation and Posturology, 9(20), 2107-2115.
3. Ardigò L.P., Kuvacic G., Iacono A.D., Dascanio G., Padulo J. (2018) *Effect of heart rate on basketball three-point shot accuracy*. Frontiers in Physiology, 9, 75.
4. Arlet T. (2001) *Koszykówka. Podstawy techniki i taktyki*. Extrema, Urszula Stach, Kraków.
5. Aschenbrenner P., Tymański R. (2017) *Zmiany w charakterystyce sił reakcji podłoża, a skuteczność rzutów zawodników Polskiej Ligi Koszykówki*. [w:] Sympozjum biomechaniki sportu i rehabilitacji, Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, 7-8 grudnia 2017: streszczenia. Warszawa, 2017, 41-43.
6. Baker J.S., McCormick M.C., Robergs R.A. (2010) *Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise*. Journal of Nutrition and Metabolism, 2010, 905612.
7. Baker D., Nance S., Moore M. (2001) *The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes*. Journal Strength and Conditioning Research, 15(1), 92-97.
8. Bartosiewicz G., Wit A. (1985) *Skoczność czy moc?* Sport Wyczynowy, 6/246, 6-14.
9. Birch K., MacLaren D., George K. (2012) *Fizjologia sportu: krótkie wykłady*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
10. Biskup J., Kuczyński M., Golema M. (1992) *Mechanizm kompensacyjny pozycji stojącej człowieka*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Mechanika, 112, 21-26.
11. Bjarkman P.C. (2000) *The biographical history of basketball: more than 500 portraits of the most significant on-and off-court personalities of the game's past and present*. McGraw-Hill Companies, New York.
12. Blache Y., Beguin A., Monteil K. (2011) *Effects of various parameters of basketball shoes on vertical jumping performance: a case study*. Science and Sports, 26(1), 48-50.
13. Bober T. (1964) *Zagadnienie skoczności w świetle analizy biomechanicznej*. Rozprawy Naukowe WSWF we Wrocławiu, 3, 61-112.

14. Bober T., Putnam C.A., Woodworth G.G. (1987) *Factors influencing the angular velocities of a human limb segment*. Journal of Biomechanics, 20(5), 511-521.
15. Bober T. (1994) *Efektywność techniki ruchu pod kątem działania mięśni w cyklu rozciągnięcie-skurcz (CR-S)*. [w:] Będziński R., Jankowski L., Filipiak J., Modzel P. (red.), Biomechanika'94: XII Szkoła Biomechaniki, Wrocław Szklarska Poręba, 20-23 października 1994 r. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 50-60.
16. Bober T. (1995) *Działanie mięśni w cyklu rozciągnięcie-skurcz a skuteczność techniki sportowej*. Sport Wyczynowy, 1-2/361-362, 40-50.
17. Bober T., Rutkowska-Kucharska A., Pietraszewski B. (2007) *Ćwiczenia plyometryczne – charakterystyka biomechaniczna, wskaźniki, zastosowania*. Sport Wyczynowy, 7-9/511-513, 5-23.
18. Bober T., Zawadzki J. (2006) *Biomechanika układu ruchu człowieka*. BK, Wrocław.
19. Boddington B.J., Cripps A.J., Scanlan A.T., Spiteri T. (2019) *The validity and reliability of the basketball jump shooting accuracy test*. Journal of Sports Sciences, 37(14), 1648-1654.
20. Boddington B.J., Cripps A.J., Scanlan A.T., Spiteri T. (2020) *Operation of the basketball jump shooting accuracy test: intra- and inter-rater reliability of scoring procedures and floor and ceiling effects for test performance*. International Journal of Sports Science & Coaching, 15(2), 220-226.
21. Boone J., Bourgois J. (2013) *Morphological and physiological profile of elite basketball players in Belgian*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 8(6), 630-638.
22. Bosco C., Komi P.V. (1981) *Influence of countermovement amplitude in potentiation of muscular performance*. [w:] Morecki A., Fidelus K., Kędzior K., Wit A. (red.), Biomechanics VII-A, International Series on Biomechanics, volume 3A, PWN, Warszawa, 129-135.
23. Buśko K. (1988) *An attempt at the evaluation of the lower extremities power during a vertical jump on a dynamometric platform*. Biology of Sport, 5(3), 219-225.
24. Buśko K. (1989) *Selected biomechanical characteristics of male and female basketball national team players*. Biology of Sport, 6(4), 319-329.
25. Buśko K., Nowak A. (2008) *Changes of maximal muscle torque and maximal power output of lower extremities in male judoists during training*. Human Movement, 9(2), 111-115.

26. Buśko K., Pastuszak A., Lipińska M., Lipińska M., Gryko K. (2017) *Somatotype variables related to strength and power output in male basketball players*. Acta of Bioengineering and Biomechanics, 19(2), 161-167.
27. Buśko K., Szulc A., Kołodziejczyk M. (2014) *Comparison of the height of jump and maximal power of the lower limbs using coaching and laboratory tests in volleyball players*. Journal of Health Sciences, 4(13), 201-206.
28. Buśko K., Szulc A.M., Kamiński M. (2015) *Height of jump and maximal power output of the lower limbs in volleyball players*. Journal of Education, Health and Sport, 5(9), 747-753.
29. Button C., MacLeod M., Sanders R., Coleman S. (2003) *Examining movement variability in the basketball free-throw action at different sill levels*. Research Quarterly for Exercise and Sport, 74(3), 257-269.
30. Cabarkapa D., Fry A.C., Cabarkapa D.V., Myers C.A., Jones G.T., Deane M.A. (2022a) *Kinetic and kinematic characteristics of proficient and non-proficient 2-point and 3-point basketball shooters*. Sports, 10(1), 2.
31. Cabarkapa D., Fry A.C., Cabarkapa D.V., Myers C.A., Jones G.T., Philipp N.M., Yu D., Deane M.A. (2022b) *Differences in biomechanical characteristics between made and missed jump shots in male basketball players*. Biomechanics, 2(3), 352-360.
32. Castagna C., Chaouachi A., Rampinini E., Chamari K., Impellizzeri F. (2009) *Aerobic and explosive power performance of elite Italian regional – level basketball players*. Journal Strength and Conditioning Research, 23(7), 1982-1987.
33. Çetin E., Muratlı S. (2014) *Analysis of jump shot performance among 14-15 year old male basketball player*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116, 2985-2988.
34. Chmura J. (2014) *Rozgrzewka: podstawy fizjologiczne i zastosowanie praktyczne*. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa.
35. Christgau J. (1999) *The origins of the jump shot: eight men who shook the world of basketball*. University of Nebraska Press, Lincoln and London.
36. Cieszkowski S., Zaborniak S., Przyszlak A., Przyszlak R. (2002) *Podstawy lekkiej atletyki*. Rzeszów.
37. Delextrat A., Cohen D. (2008) *Physiological testing of basketball players: toward a standard evaluation of anaerobic fitness*. Journal Strength and Conditioning Research, 22(4), 1066-1072.
38. Dembiński J. (1993) *Zasób ćwiczeń w nauczaniu podstaw techniki gry w koszykówkę*. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Wrocław.

39. Dembiński J. (2011) *Koszykówka*. Wyższa Szkoła – Edukacja w Sporcie, Warszawa.
40. Dobovičnik L., Jakovljević S., Zovko V., Erčulj F. (2015) *Determination of the optimal certain kinematic parameters in basketball three-point shooting using the 94Fifty technology*. *Physical Culture*, 69(1), 5-13.
41. Drażczyk S. (2000) *Koszykówka: wybór ćwiczeń do nauczania techniki*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
42. Elliott B.C., White E. (1989) *A kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shot in basketball*. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2), 7-11.
43. Erčulj F., Štrumbelj E. Basketball (2015) *Shot types and shot success in different levels of competitive basketball*. *PLoS One*, 10(6), e0128885.
44. Erčulj F., Supej M. (2009) *Impact of fatigue on the position of the release arm and shoulder girdle over a longer shooting distance for an elite basketball player*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 1029-1036.
45. Ernst K. (2010) *Fizyka sportu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
46. Fagaras S.-P., Steff Z., Puni R.A. (2017) *Some kinematics aspects of throwing applied to basketball*. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 3(1), 10-17.
47. Ferioli D., Bosio A., Zois J., La Torre A., Rampinini E. (2020) *Seasonal changes in physical capacities of basketball players according to competitive levels and individual responses*. *PLoS One*, 15(3), e0230558.
48. Ferraz de Oliveira R., Huys R., Oudejans R.R.D., van de Langenberg R., Beek P.J. (2007) *Basketball jump shooting is controlled online by vision*. *Experimental Psychology*, 54(3), 180-186.
49. Filippi A. (2011) *Shot like the pros: the road to a successful shooting technique*. Triumph Books, Chicago, IL.
50. Fichman M., O'Brien J. (2018) *Three point shooting and efficient mixed strategies: a portfolio management approach*. *Journal of Sports Analytics*, 4(2), 107-120.
51. França C., Gomes B.B., Gouveia E.R., Ihle A., Coelho-E-Silva M.J. (2021) *The jump shot performance in youth basketball: a systematic review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3283.
52. Fury S. (2017) *Rise and fire: the origins, science, and evolution of the jump shot - and how it transformed basketball forever*. Flatiron Books, New York.

53. Gabbard C., Hart S. (1996) *A question of the foot dominance*. The Journal of General Psychology, 123(4), 289–296.
54. Gajewski J., Mazur-Różycka J. (2016) *The H-reflex as an important indicator in kinesiology*. Human Movement, 17(2), 64-71.
55. Gajewski J., Michalski R., Buśko K., Mazur-Różycka J., Staniak Z. (2018) *Countermovement depth – a variable which clarifies the relationship between the maximum power output and height of a vertical jump*. Acta of Bioengineering and Biomechanics, 20(1), 127-134.
56. Gál-Pottyondy A., Petró B., Czétényi A., Négyesi J., Nagatomi R., Kiss R.M. (2021) *Collection and advice on basketball field tests - a literature review*. Applied Sciences, 11(19), 8855.
57. Garcia-Gil M., Torres-Unda J., Esain I., Duñabeitia I., Gil S.M., Gil J., Irazusta J. (2018) *Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players*. Journal Strength and Conditioning Research, 32(6), 1723-1730.
58. Gillett J., De Witt J., Stahl C.A., Martinez D., Dawes J.J. (2021) *Descriptive and kinetic analysis of two different vertical jump tests among youth and adolescent male basketball athletes using a supervised machine learning approach*. Journal of Strength and Conditioning Research, 35(10), 2762-2768.
59. Gomes J.H., Mendes R.R., de Almeida M.B., Zanetti M.C., Leite G.S., Figueira Júnior A.J. (2017) *Relationship between physical fitness and game-related statistics in elite professional basketball players: regular season vs. playoffs*. Motriz: Revista de Educação Física, 23(2), e101626.
60. Gonzalo-Skok O., Tous-Fajardo J., Suarez-Arrones L., Arjol-Serrano J.L., Casajús J.A., Mendez-Villanueva A. (2017) *Single-leg power output and between-limbs imbalances in team-sport players: unilateral versus bilateral combined resistance training*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 12(1), 106-114.
61. Gorman A.D., Maloney M.A. (2016) *Representative design: does the addition of a defender change the execution of a basketball shot?* Psychology of Sport and Exercise, 27, 112–119.
62. Gourgoulis V., Aggeloussis N., Kasimatis P., Mavromatis G., Garas A. (2003) *Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability*. Journal of Strength and Conditioning Research, 17(2), 342–344.

63. Grimshaw P., Lees A., Fowler N., Burden A. (2014) *Biomechanika sportu: krótkie wykłady*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
64. Grenha P., Moura J., Guimarães E., Fonseca P., Sousa F., Janeira M. (2022) *Effects of a self-training program on shooting performance and kinematics in young basketball players: a case study*. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 43, 256-263.
65. Hara M., Shibayama A., Takeshita D., Hay D.C., Fukashiro S. (2008) *A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping*. *Human Movement Science*, 27(4), 636-648.
66. Harman E.A., Rosenstein M.T., Frykman P.N., Rosenstein R.M. (1990) *The effects of arms and countermovement on vertical jumping*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 825-833.
67. Hatze H. (1974) *The meaning of the term "biomechanics"*. *Journal of Biomechanics*, 7(2), 189-190.
68. Hay J.G. (1985) *The biomechanics of sports technique* (3rd ed.). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
69. Hewit J., Cronin J., Hume P. (2012) *Multidirectional leg asymmetry assessment in sport*. *Strength and Conditioning Journal*, 34(1), 83-86.
70. Hof A.L. (1997) *The best jump is the highest jump*. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(4), 448-451.
71. Huciński T., Kisiel E. (2008) *Szkolenie dzieci i młodzieży w koszykówce: teoria i praktyka*. Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa.
72. Hudson J.L. (1983). *A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball*. [w:] Terauds J. (red.), *ISBS - Conference Proceedings: 1 International Symposium on Biomechanics in Sports*, San Diego, USA, 1983, 95-102.
73. Hulteen R.M., Smith J.J., Morgan P.J., Barnett L.M., Hallal P.C., Colyvas K., Lubans D.R. (2017) *Global participation in sport and leisure-time physical activities: a systematic review and meta-analysis*. *Preventive Medicine*, 95, 14-25.
74. Ibáñez S.J., Sampaio J., Feu S., Lorenzo A., Gómez M.A., Ortega E. (2008) *Basketball game-related statistics that discriminate between teams' season-long success*. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 369-372.
75. Ibáñez S.J., Feu S., , García J., Parejo I., Cañadas M. (2009) *Shot differences between professional (ACB) and amateur (EBA) basketball teams. Multifactorial study*. *Revista de Psicología del Deporte*, 18(suppl.), 313-317.

76. Ishibashi Y., Kato T., Nagano T., Ohgi Y., Sasaki M. (2010) *Visual search behavior of experienced players while anticipating the success of basketball free throws*. Japanese Journal of Sport Psychology, 37(2), 101-112.
77. Iskra J. (red.) (2004) *Lekkoatletyka: podręcznik dla studentów*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, Katowice.
78. Jiang C. (2020) *The effect of basketball shoe collar on ankle stability: a systematic review and meta-analysis*. Physical Activity and Health, 4(1), 11-18.
79. Kabaciński J., Dworak L.B., Murawa M., Ostarello J., Rzepnicka A., Maczyński J. (2016) *A comparison of take-off dynamics during three different spikes, block and counter-movement jump in female volleyball players*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 56(12), 1482-1487.
80. Kant S.U. (2014) *Linear kinematical analysis of successful and unsuccessful free shot in basketball*. Online International Interdisciplinary Research Journal, 4(5), 246-252.
81. Kambič T., Stepišnik Krašovec F., Erčulj F., Štirn I. (2022) *Biomechanical adjustments of the basketball jump shot performed over differently high opponents*. Journal of Human Kinetics, 83, 23-28.
82. Ingram B., Snowden S. (1989) *Face up to good shooting technique*. Scholastic Coach, 59(4), 58-59, 79.
83. Kim S. (2017) *Countermovement jump strategy changes with arm swing to modulate vertical force advantage*. Korean Journal of Applied Biomechanics, 27(2), 141-147.
84. Klimontowicz W. (1999) *Koszykówka: program szkolenia dzieci i młodzieży*. Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa.
85. Kłyszejko W. (1951) *Koszykówka: podręcznik dla zawodnika i instruktora*. Wydawnictwo Głównego Komitetu Kultury Fizycznej, Warszawa.
86. Knudson D. (1993) *Biomechanics of the basketball jump shot - six key teaching points*. Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 64(2), 67-73.
87. Koo T.K., Li M.Y. (2016) *A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research*. Journal of Chiropractic Medicine, 15(2), 155-163.
88. Kornecki S, Lenart I, Siemieński A. (2002) *Dynamical analysis of basketball jump shot*. Biology of Sport, 19(1), 73-90.
89. Kossecki J. (2018) *Metacybernetyka*. Narodowa Akademia Informacyjna, Warszawa.
90. Krause J.V., Meyer D., Meyer J. (2008) *Basketball skills and drills* (3rd ed.). Human Kinetics, Champaign, IL.

91. Kuitunen S., Kyröläinen H., Avela J., Komi P.V. (2007) *Leg stiffness modulation during exhaustive stretch-shortening cycle exercise*. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 17(1), 67-75.
92. Li F., Li Z., Borović I., Rupčić T., Knjaz D. (2021) *Does fatigue affect the kinematics of shooting in female basketball?* International Journal of Performance Analysis in Sport, 21(5), 754-766.
93. Litkowycz R., Olex-Zarychta D. (2012) *Uczymy grać w koszykówkę: taktyka, technika, metodyka nauczania koszykówki w lekcjach wychowania fizycznego, część 1: indywidualny i zespołowy atak* (wydanie 2). Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, Katowice.
94. Ljach W. (2005) *Koszykówka: podręcznik dla studentów Akademii Wychowania Fizycznego (część I)*. Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Kraków.
95. Louis J., Dinu D., Leguy E., Jacquet M., Slawinski J., Tiollier E. (2018) *Effect of dehydration on performance and technique of three-point shooting in elite basketball*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58(11), 1710-1711.
96. Maciejewski D., Kopaczewski J. (2012) *Pierwsze kroki w nauczaniu koszykówki: podręcznik dla studentów AWF, nauczycieli wychowania fizycznego, instruktorów i trenerów grup wstępnego szkolenia*. Wydawnictwo Sonar Literacki, Gorzów Wielkopolski.
97. Maćkała K., Stodółka J., Siemieński A., Čoh M. (2013a) *Biomechanical analysis of squat jump and countermovement jump from varying starting positions*. Journal of Strength and Conditioning Research, 27(10), 2650-2661.
98. Maćkała K., Stodółka J., Siemieński A., Čoh M. (2013b) *Biomechanical analysis of standing long jump from varying starting positions*. Journal of Strength and Conditioning Research, 27(10), 2674-2684.
99. Magel R., Unruh S. (2013) *Determining factors influencing the outcome of college basketball games*. Open Journal of Statistics, 3, 225-230.
100. Makaruk H., Sacewicz T. (2010) *Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability*. Human Movement, 11(1), 12-22.
101. Mancha-Triguero D., García-Rubio J., Calleja-González J., Ibáñez S.J. (2019) *Physical fitness in basketball players: a systematic review*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 59(9), 1513-1525.

102. Mancha-Triguero D., García-Rubio J., Antúnez A., Ibáñez S.J. (2020) *Physical and physiological profiles of aerobic and anaerobic capacities in young basketball players*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(4), 1409.
103. Mandic R., Jakovljevic S., Jaric S. (2015) *Effects of countermovement depth on kinematic and kinetic patterns of maximum vertical jumps*. Journal of Electromyography and Kinesiology, 25(2), 265-272.
104. Markovic S., Mirkov D.M., Nadeljkovic A., Jaric S. (2014) *Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance*. Human Movement Science, 33, 203-210.
105. Maruszewski M. (1978) *Mózgowe mechanizmy zachowania* [w:] Tomaszewski T. (red.), Psychologia (wydanie IV), PWN, Warszawa, 75-126.
106. Matulaitis K., Skarbalius A., Abrantes C., Gonçalves B., Sampaio J. (2019) *Fitness, technical, and kinanthropometrical profile of youth Lithuanian basketball players aged 7–17 years old*. Frontiers in Psychology, 10, 1677.
107. Mazur D., Mikołajec K. (2009) *Koszykarski atlas ćwiczeń*. Wydawnictwo Czeszyk, Warszawa.
108. Mazur-Różycka J. (2017) *Porównanie parametrów biomechanicznych uzyskanych podczas różnego rodzaju wyskoków pionowych u zawodników trenujących piłkę siatkową i koszykówkę*. Journal of Education, Health and Sport, 7(7), 304-310.
109. McGinnis P.M. (2021) *Biomechanika w sporcie i ćwiczeniach siłowych*. Edra Urban & Partner, Wrocław.
110. Mikołajec K. (2016) *Charakterystyka zespołowych gier sportowych - koszykówka* [w:] Zajac A., Chmura J. (red.), Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki, Katowice, 61-77.
111. Mikołajec K., Banyś D., Żurkowska-Cegielska J., Zawartka M., Gryko K. (2021) *How to win the Basketball Euroleague? Game performance determining sports results during 2003-2016 matches*. Journal of Human Kinetics, 77, 287-296.
112. Mikułowski J., Oszast H. (1968) *Metodyka nauczania techniki i taktyki zespołowych gier sportowych: koszykówka*. Wydawnictwo Skryptowe - Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego w Krakowie, Kraków.
113. Mikułowski J., Oszast H. (1976) *Koszykówka*. Wydawnictwo Sport i Turystyka, Warszawa.

114. Miller S. (1996) *A biomechanical comparison between shooting technique in basketball and netball*. [w:] Abrantes J.M.C.S. (red.), ISBS - Conference Proceedings: 14 International Symposium on Biomechanics in Sports, Funchal, Madeira, Portugal, June 25-29, 1996, 358-361.
115. Miller S., Barlett R.M. (1993) *The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot*. Journal of Sports Sciences, 11(4), 285-293.
116. Miller S., Bartlett R. (1996) *The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position*. Journal of Sports Sciences, 14(3), 243-253.
117. Miniscalco K., Kot G. (2015) *Survival guide for coaching youth basketball: only the essential drills, practice plans, plays, and coaching tips!* (2nd ed.) Human Kinetics, Champaign, IL.
118. Miyaguchi K., Demura S. (2010) *Specific factors that influence deciding the takeoff leg during jumping movements*. Journal of Strength and Conditioning Research, 24(9), 2516-2522.
119. Mleczko E. (red.) (2007) *Lekkoatletyka*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, Kraków.
120. Montero A., Vila H., Longarela B. (2013) *Influence of changing the distance of the 3-point line in basketball*. Revista de Psicología del Deporte, 22(1), 245-248.
121. Nagano A., Komura T., Fukashiro S. (2007) *Optimal coordination of maximal-effort horizontal and vertical jump motions – a computer simulation study*. BioMedical Engineering OnLine, 6, 20.
122. Naglak Z. (2010) *Kształcenie gracza na podstawowym etapie*. Wydawnictwo AWF Wrocław, Wrocław.
123. Nakano N., Fukashiro S., Yoshioka S. (2020a) *The effect of increased shooting distance on energy flow in basketball jump shot*. Sports Biomechanics, 19(3), 366-381.
124. Nakano N., Inaba Y., Fukashiro S., Yoshioka S. (2020b) *Basketball players minimize the effect of motor noise by using near-minimum release speed in free-throw shooting*. Human Movement Science, 70, 102583.
125. Okazaki V.H.A., Rodacki A.L.F. (2012) *Increased distance of shooting on basketball jump shot*. Journal of Sports Science & Medicine, 11(2), 231–237.
126. Okazaki V.H.A., Rodacki A.L.F. (2018) *Basketball jump shot performed by adults and children*. Human Movement, 19(1), 71-79.
127. Okazaki V.H.A., Rodacki A.L.F., Satern M.N. (2015) *A review on basketball jump shot*. Sports Biomechanics, 14(2), 190-205.

128. Okubo H., Hubbard M. (2015) *Kinematics of arm joint motions in basketball shooting*. Procedia Engineering, 112, 443-448.
129. Oliver D. (2004) *Basketball on paper: rules and tolls for performance analysis*. Potomac Books, Washington, D.C.
130. Oszast H., Kasperzec M. (1988) *Koszykówka: taktyka, technika, metody nauczania*. Wydawnictwo Skryptowe - Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, Kraków.
131. Oudejans R.R.D., Karamat R.S., Stolk M.H. (2012) *Effects of actions preceding the jump shot on gaze behavior and shooting performance in elite female basketball players*. International Journal of Sports Science & Coaching, 7(2), 255-267.
132. Oudejans R.R.D., van de Langenberg R.W., Hutter R.I. (2002) *Aiming at a far target under different viewing conditions: visual control in basketball jump shooting*. Human Movement Science, 21(4), 457-480.
133. Özmen M.U. (2016) *Marginal contribution of game statistics to probability of winning at different levels of competition in basketball: evidence from the Euroleague*. International Journal of Sports Science & Coaching, 11(1), 98-107.
134. Papageorgiou A., Spitzley W., Christ R. (1998) *Piłka siatkowa: podręcznik nauczania podstawowego*. Marszałek & Marszałek, Wrocław.
135. Pareja-Blanco F., Suarez-Arrones L., Rodríguez-Rosell D., López-Segovia M., Jiménez-Reyes P., Bachero-Mena B., González-Badillo J.J. (2016) *Evolution of determinant factors of repeated sprint ability*. Journal of Human Kinetics, 54, 115-126.
136. Penrose T., Blanksby B. (1976) *Film analysis: two methods of basketball jump shooting techniques by two groups of different ability levels*. Australian Journal for Health, Physical Education and Recreation, 68(3), 14-23.
137. Podmenik N., Supej M., Čoh M., Erčulj F. (2017) *The effect of shooting range on the dynamics of limbs angular velocities of the basketball shot*. Kinesiology, 49(1), 92-100.
138. Pojskić H., Šeparović V., Užičanin E. (2011) *Reliability and factorial validity of basketball shooting accuracy tests*. Sport Scientific and Practical Aspects, 8(1), 25-32.
139. Pojskic H., Sisic N., Separovic V., Sekulic D. (2018) *Association between conditioning capacities and shooting performance in professional basketball players: an analysis of stationary and dynamic shooting skills*. Journal of Strength and Conditioning Research, 32(7), 1981-1992.

140. Pomohaci M., Sopa I.S. (2021) *Study regarding the development of jumping ability in basketball game*. Land Forces Academy Review, 26(3), 198-208.
141. Pszczołowski T. (1978) *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*. Ossolineum, Wrocław.
142. Radu A. (2010) *Basketball: a guide to skills techniques and tactics*. The Crowood Press, Ramsbury.
143. Ramos S., Volossovitch A., Ferreira A.P., Barrigas C., Fragoso I., Massuça L. (2018) *Differences in maturity, morphological, and fitness attributes between the better- and lower-ranked male and female U-14 Portuguese elite regional basketball teams*. Journal of Strength and Conditioning Research, 34(3), 878-887.
144. Rojas F.J., Cepero M., Oña A., Gutierrez M. (2000) *Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent*. Ergonomics, 43(10), 1651-1660.
145. Rouissi M., Chtara M., Owen A., Chaalali A., Chaouachi A., Gabbet T., Chamari K. (2015) *Effect of leg dominance on change of direction ability amongst young elite soccer players*. Journal of Sports Sciences, 34(6), 542-548.
146. Rupčić T., Feng L., Matković B.R., Knjaz D., Dukarić V., Baković M., Matković A., Svoboda I., Vavaček M., Garafolić H. (2020) *The impact of progressive physiological loads on angular velocities during shooting in basketball – case study*. Acta Kinesiologica, 14(2), 102-109.
147. Rutkowska-Kucharska A. (2020) *Asymmetry of lower limb strength and jumping ability of young soccer players*. Acta of Bioengineering and Biomechanics, 22(1), 79-85.
148. Ryan P., Holt L.E. (1989) *Kinematic variables as predictors of performance in the basketball free-throw*. [w:] Morrison W.E. (red.), ISBS – Conference Proceedings: 7 International Symposium on Biomechanics in Sports, Footscray, Victoria, Australia, 1989, 79-88.
149. Santos D.A., Matias C.N., Rocha P.M., Minderico C.S., Allison D.B., Sardinha L.B., Silva A.M. (2014) *Association of basketball season with body composition in elite junior players*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 54(2), 162-173.
150. Schiltz M., Lehance C., Maquet D., Bury T., Crielaard J.M., Croisier J.-L. (2009) *Explosive strength imbalances in professional basketball players*. Journal of Athletic Training, 44(1), 39-47.
151. Silverberg L.M., Tran C.M., Laue C. (2018) *Gender comparison in consistency in the basketball free throw by an event-driven approach*. Sports Engineering, 21, 333-340.

152. Sobera M. (2010) *Charakterystyka procesu utrzymania równowagi ciała u dzieci w wieku 2-7 lat*. Studia i Monografie Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, nr 97. Wydawnictwo AWF Wrocław, Wrocław.
153. Sozański H. (red) (1999) *Podstawy teorii treningu sportowego*. Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa.
154. Spina M.S., Cleary T.D., Hudson J.L. (1996) *An exploration of balance and skill in the jump shot*. [w:] T. Bauer (red.), XIII International symposium for biomechanics in sport: proceedings, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, July 18-22, 1995. Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, 294-297.
155. Stojanović E., Ristić V., McMaster D.T., Milanović Z. (2017) *Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: a systematic review and meta-analysis*. Sports Medicine, 47(5), 975-986.
156. Struzik A. (2018) *Sztywność kończyn dolnych człowieka przejawiana podczas skoków pionowych na maksymalną i zadaną wysokość*. Studia i Monografie Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, nr 128. Wydawnictwo AWF Wrocław, Wrocław.
157. Struzik A., Pietraszewski B. (2010) *Badanie zależności między statycznym momentem siły a wysokością skoku pionowego z zamachem ramion (CMJ) przy użyciu nowoczesnych urządzeń pomiarowych*. Acta Bio-Optica et Informatica Medica, 16(4), 346-350.
158. Struzik A., Pietraszewski B., Zawadzki J. (2014) *Biomechanical analysis of the jump shot in basketball*. Journal of Human Kinetics, 42, 73-79.
159. Struzik A., Zawadzki J. (2019) *Estimation of potential elastic energy during the countermovement phase of a vertical jump based on the force-displacement curve*. Acta of Bioengineering and Biomechanics, 21(1), 153-160.
160. Štrumbelj E., Vračar P., Robnik-Šikonja M., Dežman B., Erčulj F. (2013) *A decade of Euroleague basketball: an analysis of trends and recent rule change effects*. Journal of Human Kinetics, 38, 183-189.
161. Taborda C.H., Dorst L.M., Leite T.R. (2007) *Kinematic analysis of the jump throw in basketball*. [w:] Menzel H.-J., Chagas M.H. (red.), ISBS - Conference Proceedings: 25 International Symposium on Biomechanics in Sports, Ouro Preto, Brazil, August 23-27, 2007, 641-644.

162. Tai W., Peng H., Lin J., Lo S., Yu H., Huang J. (2020) *Biomechanical characteristics of single leg jump in collegiate basketball players based on approach technique*. Applied Sciences, 10(1), 309.
163. Trzaskoma Z. (1998) *Zależność między wskaźnikiem siły „zginacze : prostowniki” kończyn dolnych i tułowia a mocą maksymalną*. Biology of Sport, 15(suppl. 8), 154-160.
164. Trzaskoma Z., Trzaskoma Ł. (2001) *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców*. Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa.
165. Tsarouchas E., Kalamaras K., Giavroglou A., Pressas S. (1988) *Biomechanical analysis of free shooting in basketball*. [w:] Kreighbaum E., McNeill A. (red.), ISBS - Conference Proceedings: 6 International Symposium on Biomechanics in Sports, Bozeman, MT, July, 1988, 551-560.
166. Uchida Y., Mizuguchi N., Honda M., Kanosue K. (2014) *Prediction of shot success for basketball free throws: visual search strategy*. European Journal of Sport Science, 14(5), 426-432.
167. van Maarseveen M.J.J., Oudejans R.R.D. (2018) *Motor and gaze behaviors of youth basketball players taking contested and uncontested jump shots*. Frontiers in Psychology, 9, 706.
168. Varghese J., Shelvam P.V. (2014) *Effect of resistance training on shooting performance of basketball players*. International Journal of Physical Education, Fitness and Sports, 3(4), 133-138.
169. Vaverka F., Jandačka D., Zahradník D., Uchytíl J., Farana R., Supej M., Vodičar J. (2016) *Effect of an arm swing on countermovement vertical jump performance in elite volleyball players*. Journal of Human Kinetics, 53, 41-50.
170. Veljović F., Čaušević D., Šečić D., Begić E., Selimović N., Jahić D., Ganija H., Voloder A., Burak S. (2021) *Biomechanical analysis of three-point shot in basketball*. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 9(2), 684-690.
171. Vencúrik T., Knjaz D., Rupčić T., Sporiš G., Li F. (2021) *Kinematic analysis of 2-point and 3-point jump shot of elite young male and female basketball players*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(3), 934.
172. Williams C.Q., Webster L., Spaniol F., Bonnette R. (2016) *The effect of foot placement on the jump shot accuracy of NCAA Division I basketball players*. The Sport Journal, 24(5), 1-15.

173. Wilson G.J., Elliot B.C., Wood G.A. (1991) *The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement*. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 23(3), 364-370.
174. Wyżnikiewicz Z. (1977) *Koszykówka dzieci i młodzieży*. Sport i Turystyka, Warszawa.
175. Zarić I., Kukić F., Jovićević N., Zarić M., Marković M., Toskić L., Dopsaj M. (2020) *Body height of elite basketball players: do taller basketball teams rank better at the FIBA World Cup?* *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3141.
176. Zatziorski W.M. (1970) *Kształcenie cech motorycznych sportowca*. Sport i Turystyka, Warszawa.
177. Zawadzki J. (2005) *Strategia napędu mięśniowego w intensywnych ruchach cyklicznych przedramienia*. *Studia i Monografie Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, nr 78. Wydawnictwo AWF Wrocław, Wrocław.
178. Zhang X., Luo Z., Wang X., Yang Y., Niu J., Fu W. (2019) *Shoe cushioning effects on foot loading and comfort perception during typical basketball maneuvers*. *Applied Sciences*, 9(18), 3893.
179. Zhu Z., Fu W., Shao E., Li L., Song L., Wang W., Liu Y. (2020) *Acute effects of midsole bending stiffness on lower extremity biomechanics during layup jumps*. *Applied Sciences*, 10(1), 397.
180. Ziv G., Lidor R. (2009) *Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players*. *Sports Medicine*, 39(7), 547-568.
181. Żołądź J.A. (2003) *Co warunkuje siłę, moc i wytrzymałość mięśni szkieletowych człowieka?* [w:] *Metody statystyki i data mining w badaniach naukowych*. StatSoft, Kraków, 23-27.
182. FIBA (2020) *Official basketball rules. Basketball rules and basketball equipment*. Valid as for 1st October 2020. <https://www.fiba.basketball/documents/official-basketball-rules/2020.pdf> [19.05.2022].
183. Opracowanie Polskiego Związku Koszykówki (2016) *Szkolny program koszykówki - podręcznik dla trenerów*. Wydawnictwo BIS, Warszawa.

Źródła internetowe:

- 82 Games (<http://www.82games.com/>) [11.06.2022].
- Basketball for Coaches (<https://www.basketballforcoaches.com>) [04.03.2022].
- Encyklopedia PWN (<https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/;3877853>) [28.11.2022].
- Kenny Sailors Jump Shot (<http://www.kennysailorsjumpshot.com>) [30.04.2022].
- NBA Advanced Stats (<https://www.nba.com/stats/>) [11.06.2022].
- Shot Science Basketball (<https://www.shotscience.com>) [04.03.2022].

Spis rycin i tabel

Ryc. 1. Kenny Sailors z University of Wyoming wykonuje rzut z wysoku w hali Madison Square Garden, 3 stycznia 1946 (źródło: http://www.kennysailorsjumpshot.com , data dostępu: 30.04.2022)	14
Ryc. 2. Schemat wykonania rzutu z wysoku (JS), na podstawie: Struzik i wsp. 2014.....	16
Ryc. 3. Różne ustawienia stóp podczas wykonywania rzutu wolnego.....	27
Ryc. 4. Ustawienia stóp podczas wykonywania rzutu z wysoku (JS) przez profesjonalistę (po lewej) i amatora (po prawej).....	29
Ryc. 5. Trzy różne rodzaje ustawienia stóp zawodniczki praworęcznej podczas wykonywania rzutu z wysoku (JS).....	31
Ryc. 6. Skok pionowy CMJ z podziałem na 7 faz ruchu, na podstawie: Struzik (2018).....	35
Ryc. 7. Rodzaje ustawienia stóp na platformie dynamometrycznej podczas rzutów z wysoku.....	45
Ryc. 8. Platforma dynamometryczna wykorzystana do pomiarów.....	46
Tabela 1. Charakterystyka grup badawczych (\pm SD).....	42
Tabela 2. Wartości średnie, minimalne, maksymalne oraz rozstęp wysokości z trzech powtórzeń analizowanych rodzajów skoków.....	49
Tabela 3. Wartości współczynników korelacji wewnątrzklasowej (ICC), 95% granice przedziału ufności oraz analiza wariancji dla powtarzalności wysokości (z trzech powtórzeń) analizowanych rodzajów skoków.....	50
Tabela 4. Średnie wartości (\pm SD) wysokości skoku (h), mocy maksymalnej w fazie odbicia (P_{MAX}) oraz mocy średniej w fazie odbicia (P_{MEAN}), uzyskane podczas rzutów z wysoku (JS) oraz skoków CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	51
Tabela 5. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem wysokości skoku (R1) oraz grupy badanych (Grupa) dla rzutów z wysoku (JS) przy różnych ustawieniach stóp	52
Tabela 5a. Testowanie <i>post hoc</i> (wartości p) zmian wysokości skoku (h) dla rzutów z wysoku (JS) przy różnych ustawieniach stóp, z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	52
Tabela 6. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem wysokości skoku (R2) oraz grupy badanych (Grupa) dla skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp.....	53
Tabela 6a. Testowanie <i>post hoc</i> (wartości p) zmian wysokości skoków (h) CMJ przy różnych	

ustawieniach stóp, z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	53
Tabela 7. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MAX} (R3) oraz grupy badanych (Grupa) dla rzutów z wysokości (JS) przy różnych ustawieniach stóp.....	53
Tabela 8. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MAX} (R4) oraz grupy badanych (Grupa) dla skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp.....	54
Tabela 8a. Testowanie <i>post hoc</i> (wartości p) zmian P_{MAX} podczas skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	54
Tabela 9. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MEAN} (R5) oraz grupy badanych (Grupa) dla rzutów z wysokości (JS) przy różnych ustawieniach stóp.....	55
Tabela 10. Wyniki analizy wariancji wewnątrzgrupowej z uwzględnieniem P_{MEAN} (R6) oraz grupy badanych (Grupa) dla skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp.....	56
Tabela 10a. Testowanie <i>post hoc</i> (wartości p) zmian P_{MEAN} podczas skoków CMJ przy różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	56
Tabela 11. Średnie wartości (\pm SD) wysokości skoku (h) podczas rzutów z wysokości (JS) oraz skoków CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	57
Tabela 12. Średnie wartości (\pm SD) P_{MAX} podczas rzutów z wysokości (JS) oraz skoków pionowych CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	58
Tabela 13. Średnie wartości (\pm SD) P_{MEAN} podczas rzutów z wysokości (JS) oraz skoków pionowych CMJ z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	58
Tabela 14. Wartości współczynników korelacji pomiędzy uzyskaną wysokością JS a wysokością skoku CMJ przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	59
Tabela 15. Wartości współczynników korelacji dla P_{MAX} pomiędzy JS a skokiem CMJ przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	59
Tabela 16. Wartości współczynników korelacji dla P_{MEAN} pomiędzy JS a skokiem CMJ przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	60
Tabela 17. Średnie wartości procentowe (\pm SD) wysokości JS względem wysokości skoku (h) CMJ _{MAX} (maksymalny potencjał skocznościowy) przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	60
Tabela 18. Średnie wartości procentowe (\pm SD) P_{MAX} podczas JS względem P_{MAX} skoku CMJ _{MAX} przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	61

Tabela 19. Średnie wartości procentowe (\pm SD) P_{MEAN} podczas JS względem P_{MEAN} skoku CMJ_{MAX} przy trzech różnych ustawieniach stóp z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	61
Tabela 20. Średnie wartości (\pm SD) numeru skoku CMJ_{MAX} , w którym z kolei zawodnicy osiągnęli maksymalną wysokości skoku (h), moc maksymalną w fazie odbicia (P_{MAX}) oraz moc średnią w fazie odbicia (P_{MEAN}), z podziałem na grupy amatorów (A) i profesjonalistów (P).....	62
Tabela 21. Wartości współczynników korelacji pomiędzy uzyskiwaną wysokością skoku (h), a wartościami P_{MAX} i P_{MEAN}	62

Związek ustawienia stóp z wysokością skoku i mocą mięśniową w fazie odbicia podczas rzutu z wyskoku koszykarzy

Streszczenie

Koszykówka to jedna z najpopularniejszych gier zespołowych na świecie. Coraz doskonalsza, agresywna presja obrońców oraz zastrzone ograniczenia czasowe podczas akcji ofensywnych wymagają od zawodników nieustannego doskonalenia swoich umiejętności. Spośród wielu czynności ruchowych występujących podczas gry, rzut do kosza jest najważniejszą umiejętnością, która decyduje o końcowym wyniku meczu. Rzut z wyskoku (*jump shot*) stanowi najważniejszą technikę rzutową, gdyż jest obecnie najczęściej używaną metodą do zdobywania punktów podczas meczu. Wysoka skuteczność rzutowa, w szczególności dotycząca rzutu z wyskoku jako elementarnej techniki wykonywania rzutów za 3 punkty, jest niezbędnym elementem umożliwiającym osiągnięcie udanego występu, zarówno indywidualnego jak i drużynowego. W literaturze naukowej jak i specjalistycznej przeznaczonej dla trenerów koszykówki, wzorcowym ustawieniem stóp podczas wykonywania rzutu z wyskoku jest ustawienie wykrocno-dominujące (stopa po stronie kończyny górnej rzucającej jest ustawiona nieco z przodu). Argumentem przemawiającym za wykrocno-dominującym ustawieniem stóp jest łatwiejsze utrzymanie równowagi (z perspektywy powierzchni podstawy podparcia i wychyleń COM, szczególnie w płaszczyźnie strzałkowej). Brak jest jednak badań dotyczących wpływu różnego ustawienia stóp na zmienne biomechaniczne charakteryzujące skok tj. wysokość i moc w fazie odbicia.

Celem pracy jest poszukiwanie związku techniki wykonania odbicia podczas rzutu z wyskoku (rodzajem ustawienia stóp) ze zmiennymi biomechanicznymi opisującymi wyskok, tj. wysokością skoku oraz mocą maksymalną i mocą średnią uzyskanymi w fazie odbicia.

W badaniach wzięło udział 41 mężczyzn trenujących koszykówkę. Badani zostali podzieleni na 2 grupy: amatorów (A, $n = 21$) i profesjonalistów (P, $n = 20$). Zawodnicy wykonywali indywidualizowaną rozgrzewkę, przygotowującą do wysiłku o charakterze mocy maksymalnej. Do pomiaru sił reakcji podłoża podczas skoków wykorzystano platformę dynamometryczną Kistler. Po rozgrzewce badani wykonywali 10 skoków CMJ, w celu wyznaczenia maksymalnego potencjału skocznościowego (wysokości skoku, maksymalnej mocy w fazie odbicia: P_{MAX} oraz średniej mocy w fazie odbicia: P_{MEAN}). Następnie, każdy zawodnik wykonał 9 rzutów z wyskoku z piłką w warunkach laboratoryjnych do osoby

oddalonej o 3 metry oraz 9 skoków CMJ. Rzuty z wysoku oraz skoki CMJ były wykonywane przy różnym ustawieniu stóp (w kolejności losowej): 3 ze stopami ustawionymi równoległe (R), 3 z prawą stopą z przodu (PL), 3 z lewą stopą z przodu (LP). Wszystkie rzuty i skoki miały być wykonane na maksymalną możliwą wysokość.

Grupa A uzyskała dla rzutów z wysoku największe wartości wysokości skoku w ustawieniu stóp R. Natomiast w grupie P nie wykazano istotnych różnic w wysokości skoku pomiędzy różnymi ustawieniami stóp (uzyskane wysokości przy rzutach z wysoku były do siebie zbliżone). W grupie A nie wykazano istotnych różnic w wysokości skoku CMJ pomiędzy różnymi ustawieniami stóp. Zatem ustawienie stóp podczas skoków CMJ nie odgrywało w tej grupie znaczącej roli. Grupa P uzyskała istotnie większe wysokości skoków CMJ w ustawieniu stóp R, względem LP. Tym samym najbardziej efektywnym, pod względem wysokości skoku, ustawieniem stóp podczas skoków CMJ były ustawienia PL i R.

Nie wykazano istotnych różnic w wartościach P_{MAX} oraz P_{MEAN} , uzyskiwanych podczas wykonywania rzutu z wysoku w różnym ustawieniu stóp (PL-R, LP-R, PL-LP), zarówno w grupie A jak i P. W grupie A, ustawienie stóp PL podczas skoków CMJ okazało się bardziej korzystne pod względem generowanej P_{MAX} oraz P_{MEAN} , w porównaniu z ustawieniem stóp R. Natomiast w grupie P, nie wykazano istotnych różnic w osiągniętych wartościach P_{MAX} oraz P_{MEAN} podczas skoków CMJ względem różnego ustawienia stóp.

Na podstawie wyników niniejszej pracy oraz przeglądu literatury można stwierdzić, że jednym z czynników determinujących ustawienie stóp jest prezentowany przez zawodnika poziom zdolności siłowych. Z perspektywy zmiennych opisujących skok (wysokość skoku, P_{MAX} , P_{MEAN}), autor niniejszej pracy poleca zastosowanie własnego podziału zawodników ze względu na poziom zdolności siłowych. Nowicjusz – charakteryzuje się niskim poziomem zdolności siłowych. Proponowanym ustawieniem stóp dla nowicjusza jest ustawienie wykroczo-dominujące, ułatwiające utrzymanie równowagi kosztem osiągnięcia nieco mniejszych wysokości przy rzucie z wysoku. Średniozaawansowany – charakteryzuje się wyższym poziomem zdolności siłowych od nowicjusza, umożliwiającym stosowanie równoległego ustawienia stóp (mniejsza powierzchnia podparcia) i osiągnięcie większych wartości zmiennych opisujących skok przy rzucie z wysoku. Profesjonalista – charakteryzuje się bardzo wysokim poziomem zdolności siłowych, który umożliwia osiągnięcie maksymalnych wartości zmiennych opisujących skok przy rzucie z wysoku, niezależnie od ustawienia stóp (PL, R, LP). Niniejsza nowatorska praca docieka przyczyn funkcjonującego obecnie „złotego standardu” ustawienia stóp przy rzucie z wysoku oraz może stanowić przyczynek do modyfikacji metodyki nauczania oraz doskonalenia techniki rzutu z wysoku.

Relationship of foot position with jump height and muscle power in the take-off phase of basketball players' jump shot

Abstract

Basketball is one of the most popular team sport game in the world. More and more aggressive pressure from defenders and tight time limits during offensive actions require players to constantly improve their skills. Among the many motor activities occurring during the game, shooting to the basket is the most important skill that determines the final result of the game. The jump shot is the most important shooting technique as it is currently the most used method to score during a game. High shooting field goal percentage, in particular regarding the jump shot as an elementary 3-point shooting technique, is an essential element to successful performances, both individually and as a team. Both in the scientific and specialized literature for basketball coaches, the standard foot position when performing a jump shot is the dominant position with a step forward (the foot on the side of the upper limb of the player is set slightly forward). The argument for the forward-dominant positioning of the feet is that it is easier to maintain balance (from the perspective of the support base area and COM deflections, especially in the sagittal plane). However, there are no studies on the impact of different foot positions on the biomechanical variables characterizing the jump, i.e. height and power in the take-off phase.

The aim of the study is to search for a relationship of the technique of take-off performance during a jump shot, and the biomechanical variables describing jump, i.e. the height of the jump and maximum and average power obtained in the take-off phase.

The study involved 41 men training basketball. The subjects were divided into 2 groups: amateurs (A, $n = 21$) and professionals (P, $n = 20$). The players performed an individualized warm-up to prepare for maximum power effort. For measuring ground reaction forces during jumps, the Kistler force plate was used. After the warm-up, the subjects performed 10 CMJ jumps in order to determine the maximum jumping abilities (jump height, maximum take-off power: P_{MAX} and average take-off power: P_{MEAN}). Then each player made 9 jump shots with the ball in laboratory conditions to person 3 meters away and 9 CMJ jumps. Jump shots and CMJ jumps were performed with different foot positions (in random order): 3 with the feet parallel (R), 3 with the right foot in front (PL), 3 with the left foot in front (LP). All shots and jumps were supposed to be made to the maximum possible height.

Group A obtained the highest values of jump height for jump shots in the R position of the feet. However, in group P, no significant differences in the height of the jump were found between the different foot positions (the heights obtained in jump shots were similar). In group A, there were no significant differences in the height of the CMJ jump between different foot settings. Thus, the position of the feet during CMJ jumps did not play a significant role in this group. Group P achieved significantly greater heights of CMJ jumps in the R foot setting, compared to LP. Thus, the most effective, in terms of jump height, foot settings during CMJ jumps were the PL and R settings.

There were no significant differences in the values of P_{MAX} and P_{MEAN} obtained when performing a jump shot in different foot positions (PL-R, LP-R, PL-LP), both in groups A and P. In group A, the setting of PL feet during CMJ jumps turned out to be more favorable in terms of the generated P_{MAX} and P_{MEAN} , compared to the R setting of feet. However, in group P, no significant differences were found in the P_{MAX} and P_{MEAN} values achieved during CMJ jumps in relation to different foot settings.

Based on the results of this study and the review of the literature, it can be concluded that one of the factors determining the position of the feet is the player's strength ability level. From the perspective of the variables describing the jump (jump height, P_{MAX} , P_{MEAN}), the author of this study recommends using his own division of players due to the level of strength abilities. Novice - characterized by a low level of strength abilities. The proposed foot position for a novice is a dominant step forward position, which makes it easier to maintain balance at the expense of achieving slightly lower heights in a jump shot. Advanced - characterized by a higher level of strength abilities than a novice, enabling the use of parallel feet (smaller support surface) and achieving higher values of the variables describing the jump in a jump shot. Professional - characterized by a very high level of strength abilities, which allows him to achieve maximum values of the variables describing the jump with a jump shot, regardless of the position of the feet (PL, R, LP).