

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO  
im. Jerzego Kukuczki w Katowicach  
Wydział Wychowania Fizycznego

**Agnieszka Zaucha-Zagała**

**OBIEKTYWIZACJA PRÓB TESTU OCENY FUNKCJONALNEJ FMS**

Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

**Promotor dr hab. Bogdan Bacik prof. nadzw. AWF Katowice**

Katowice 2020

## Spis treści

<b>WYKAZ SKRÓTÓW</b> .....	<b>4</b>
<b>WYKAZ TABEL</b> .....	<b>5</b>
<b>WYKAZ RYCIN</b> .....	<b>7</b>
<b>Wstęp</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Wprowadzenie teoretyczne do problematyki pracy</b> .....	<b>13</b>
1.1. Rodzaje testów sportowych .....	13
1.2. Functional Movement Screen .....	16
1.2.1. Próby testu FMS.....	18
1.3. Urazowość w sporcie .....	24
1.4. FMS jako predyktor potencjalnego urazu .....	26
<b>2. Cel pracy i założenia badawcze</b> .....	<b>32</b>
<b>3. Materiał, metody oraz narzędzia badawcze</b> .....	<b>33</b>
3.1 Materiał badawczy .....	33
3.1.1. Metody pomiarowe .....	34
3.2. Procedura pomiarowa .....	35
3.3. Metody analizy statystycznej .....	37
3.3.1. Proponowane kryteria do zobiektywizowanej oceny w teście.....	38
<b>4. Wyniki badań</b> .....	<b>43</b>
4.1. Analiza struktury testu FMS .....	43
4.2. Propozycja wskaźnika „sprawności funkcjonalnej – błąd” (SFb) .....	50
4.2.1. Weryfikacja rzetelności wskaźnika.....	50
4.2.2. Opis wartości oraz analiza wskaźnika „sprawności funkcjonalnej - błąd”.....	51
4.2.2.1. Deep squat.....	52
4.2.2.2. Hurdle step .....	55
4.2.2.3. In line lunge .....	59
4.2.2.4. Active straight leg raise.....	63

4.2.2.5. Push up.....	64
4.2.2.6. Shoulder mobility.....	68
4.2.2.7. Trunk stability .....	71
4.3. Propozycja wskaźnika „funkcjonalnego - asymetria” – (FA).....	74
4.3.1. Weryfikacja rzetelności wskaźnika.....	74
4.3.2. Opis wartości oraz analiza wskaźnika „FA” .....	75
4.3.2.1. Deep squat.....	76
4.3.2.2. Hurdle step .....	78
4.3.2.3. In line lunge .....	81
4.3.2.4. Active straight leg raise.....	83
4.3.2.5. Push up.....	88
4.3.2.6. Shoulder mobility.....	89
4.3.2.7. Trunk stability .....	93
4.4. Porównanie wskaźników do sumarycznej wartości testu .....	96
<b>5. Analiza wyników i dyskusja .....</b>	<b>98</b>
<b>6. Wnioski .....</b>	<b>104</b>
<b>Streszczenie.....</b>	<b>105</b>
<b>Summary.....</b>	<b>106</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>107</b>

## WYKAZ SKRÓTÓW

<b>DS</b>	(deep squat) głęboki przysiad
<b>HS</b>	(hurdle step) przeniesienie nogi nad płotkiem
<b>ILL</b>	(in-line lunge) przysiad w wykroku
<b>SM</b>	(shoulder mobility) ocena ruchomości obręczy barkowej
<b>ASLR</b>	(active straight leg raise) aktywne uniesienie wyprostowanej nogi
<b>PU</b>	(push up) ugięcie ramion w podporze
<b>TS</b>	(trunk stability) test stabilności rotacyjnej
<b>SFb</b>	wskaźnika sprawności funkcjonalnej – błąd
<b>FA</b>	wskaźnik funkcjonalny – asymetria
<b>SI</b>	(symmetry index) wskaźnika symetrii

## WYKAZ TABEL

Tabela 1.1 Charakterystyka badanej grupy.....	33
Tabela 2.1 Rozmieszczenie oraz nazewnictwo markerów zgodnie z zaleceniami systemu VICON ..	35
Tabela 3.1 Kryteria ruchu oraz algorytmy wyliczania zmiennych. ....	38
Tabela 4.1 Struktura wyników testu „deep squat” .....	44
Tabela 4.2 Struktura wyników testu „hurdle step” .....	45
Tabela 4.3 Struktura wyników testu „in line lunge” .....	46
Tabela 4.4 Struktura wyników testu „active straight leg raise” .....	47
Tabela 4.5 Struktura wyników testu „push up” .....	48
Tabela 4.6 Struktura wyników testu „trunk stability” .....	49
Tabela 5.1 Analiza rzetelności wskaźnika „SFb” .....	51
Tabela 5.2 Mediana, przedział ufności, wartości minimalne i maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach we wszystkich próbach testu FMS .....	51
Tabela 6.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „deep squat” w teście FMS ..	53
Tabela 6.2 Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „deep squat” w teście FMS. ....	54
Tabela 7.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „hurdle step” w teście FMS .	57
Tabela 7.2 Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „hurdle step” w teście FMS ....	57
Tabela 8.1 Analiza Kruskala-Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „in line lunge” w teście FMS .	61
Tabela 8.2 Wynik analizy post-hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „in line lunge” w teście FMS ....	61
Tabela 9.1 Analiza Kruskala-Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „active straight leg raise” w teście FMS .....	64
Tabela 10.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „push up” w teście FMS ....	65
Tabela 10.2 Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „push up” w teście FMS.....	66
Tabela 11.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „shoulder mobililty” w teście FMS .....	69
Tabela 11.2 Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „shoulder mobililty” w teście FMS .....	69

Tabela 12.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „trunk stability” w teście FMS .....	73
Tabela 13.1 Analiza rzetelności wskaźnika „FA” .....	74
Tabela 14.1 Mediana, przedział ufności, wartości minimalne i maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach we wszystkich próbach testu FMS .....	75
Tabela 15.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „deep squat” w teście FMS .	77
Tabela 16.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „hurdle step” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii .....	80
Tabela 17.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „in line lunge” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii .....	83
Tabela 18.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „active straight leg raise” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii .....	86
Tabela 18.2 Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „FA” w próbie „active straight leg raise” dla punktacji testu FMS .....	86
Tabela 19.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „push up” dla punktacji testu FMS .....	89
Tabela 20.1 Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „shoulder mobility” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii .....	91
Tabela 20.2 Wynik analizy post-hoc dla wskaźnika „FA” w próbie „shoulder mobility” dla punktacji testu FMS .....	92
Tabela 21.1 Analiza Kruskala-Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „trunk stability” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii .....	95
Tabela 22.1 Podstawowe statystyki opisowe badanych zmiennych ilościowych.....	96
Tabela 23.1 Współczynniki regresji przewidującej łączny wynik FMS na podstawie wskaźnika SFb i wskaźnika FA.....	97
Tabela 24.1 Kryterium wzorca ruchu wraz z nazewnictwem zmiennych oraz ich graficznym przedstawieniem.....	114

## WYKAZ RYCIN

Rycina 1.1 Próba głęboki przysiad .....	19
Rycina 1.2 Przeniesienie nogi nad płotkiem.....	20
Rycina 1.3 Przysiad w wykroku .....	20
Rycina 1.4 Ruchomość obręczy barkowej.....	21
Rycina 1.5 Aktywne uniesienie wyprostowanej kończyny .....	22
Rycina 1.6 Ugięcie ramion w podporze.....	22
Rycina 1.7 Stabilność rotacyjna tułowia.....	23
Rycina 2.1 Rzut obszaru pomiarowego. ....	34
Rycina 3.1 Graficzne rozmieszczenie markerów w górnej części ciała. ....	35
Rycina 3.2 Graficzne rozmieszczenie markerów w dolnej części ciała. ....	36
Rycina 4.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „deep squat” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	52
Rycina 4.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „deep squat”.....	53
Rycina 4.3 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „deep squat” dla punktacji 0 oraz 2.....	54
Rycina 4.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „deep squat” dla punktacji 0 oraz 3.....	55
Rycina 5.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „hurdle step” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	56
Rycina 5.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „hurdle step”.....	56
Rycina 5.3 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „hurdle step” dla punktacji 1 oraz 2.....	58

Rycina 5.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „hurdle step” dla punktacji 1 oraz 3 .....	58
Rycina 5.5 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „hurdle step” dla punktacji 2 oraz 3 .....	59
Rycina 6.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „in line lunge” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS .....	60
Rycina 6.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „in line lunge“ .....	60
Rycina 6.3 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „in line lunge” dla punktacji 1 oraz 2 .....	62
Rycina 6.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „in line lunge” dla punktacji 1 oraz 3 .....	62
Rycina 7.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „active straight leg raise” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS .....	63
Rycina 7.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „active straight leg raise” .....	63
Rycina 8.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „push up” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS .....	64
Rycina 8.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „push up” .....	65
Rycina 8.3 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „push up” dla punktacji 0 oraz 3 .....	66
Rycina 8.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „push up” dla punktacji 1 oraz 3 .....	67
Rycina 8.5 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „push up” dla punktacji 2 oraz 3 .....	67



Rycina 9.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „shoulder mobility” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	68
Rycina 9.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika "SFb" wyrażone w procentach poszczególnych kryteriów oceny ruchu w próbie „shoulder mobility” .....	68
Rycina 9.3 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 2.....	70
Rycina 9.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 3.....	70
Rycina 9.5 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 2 oraz 3 .....	71
Rycina 10.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „trunk stability” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	72
Rycina 10.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „trunk stability” .....	72
Rycina 10.3 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „trunk stability” dla punktacji 1 oraz 2.....	73
Rycina 11.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „deep squat” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	76
Rycina 11.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „deep squat”.....	77
Rycina 12.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „hurdle step” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	78
Rycina 12.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „hurdle step”.....	79

Rycina 12.3 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „hurdle step” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS .....	80
Rycina 13.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „in line lunge” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	81
Rycina 13.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „in line lunge“ .....	82
Rycina 13.3 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „in line lunge” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.....	82
Rycina 14.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „active straight leg raise” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS .....	84
Rycina 14.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „active straight leg raise”.....	84
Rycina 14.3 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „active straight leg raise” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.....	85
Rycina 14.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „active straight leg raise” dla punktacji 2 oraz 3 .....	87
Rycina 15.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „push up” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	88
Rycina 15.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „push up” .....	88
Rycina 16.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA wyrażone w procentach w próbie „shoulder mobility” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	89

Rycina 16.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „shoulder mobility” .....	90
Rycina 16.3 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „shoulder mobility” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS .....	90
Rycina 16.4 Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 2 .....	93
Rycina 17.1 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „trunk stability” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.....	93
Rycina 17.2 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „trunk stability” .....	94
Rycina 17.3 Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „trunk stability” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS .....	95

## Wstęp

Aktualnie kwestie związane z procesem treningowym uległy zmianie - ze spontanicznej i przypadkowej, stały się celową działalnością ludzką, podlegającą zasadom prakseologii. Coraz częściej można zaobserwować zjawisko, w którym trenowanie staje się procesem w pełni świadomym nie tylko dla sportowców, ale również dla amatorów. Zachowanie cyklu prakseologicznego wymaga zbierania faktów w zakresie diagnozowania i oceniania efektów. Informacje zgromadzone w kontekście danego zjawiska, pozwalają na prognozowanie, planowanie i programowanie tak, by realizacja procesu treningowego, była jak najbardziej optymalna. Monitorowanie również jest istotnym czynnikiem, odnoszącym się do szkolenia sportowca i osiągnięcia przez niego możliwie najwyższego poziomu sportowego. Proces ten powinien obejmować kontrolę – zarówno rezultatów testów sprawnościowych, jak i jakości ruchu.

Jednym z założeń oceny funkcjonalnej jest dostarczenie przydatnych informacji o sile, elastyczności, równowadze i koordynacji niezbędnej do wykonywania rozmaitych ruchów (Mills 2005; Okada i wsp., 2011). Może ona również stanowić mechanizm oceniający zaburzenia równowagi ciała.

Ruchy obustronne stanowią podstawę zarówno prostych, jak i złożonych ruchów. W kontekście ich skuteczności, ważne jest zachowanie symetrii między prawą i lewą stroną ciała (Tomkinson 2003). Asymetria siły mięśniowej, zakresu ruchu w stawach, koordynacji czy elastyczności może bowiem skutkować zwiększoną częstotliwością powstawania różnego rodzaju urazów oraz pogorszeniem rezultatów sportowych (Brockett i wsp., 2004; Croisier i wsp., 2002; Timothy i wsp., 1999; Orchard i wsp., 1997; Paterno i wsp., 2004; Yoshioka i wsp., 2011). Badania potwierdzają, iż wspomniane zjawisko ma wpływ na powstawanie urazów, w związku z czym ocena sportowców pod kątem ewentualnej asymetrii jest niezbędna (Fuller i wsp., 2015).

Uchwycenie nawet niewielkich deficytów ruchowych oraz identyfikacja prawidłowych wzorców ruchu stanowią możliwość zrozumienia zmian zachodzących w układzie ruchu. Przekształcenia w obrębie stanu funkcjonalnego i asymetrii trudno precyzyjnie określić za pomocą identyfikacji wzrokowej, w związku z czym powinno się dążyć do dokładnej oraz obiektywnej oceny schematu ruchu. Tego rodzaju informacje mogą zostać w przyszłości wykorzystane w procesie treningowym, stanowiąc tym samym cenne źródło wiedzy na temat stanu motorycznego zawodnika.

# 1. Wprowadzenie teoretyczne do problematyki pracy

## 1.1. Rodzaje testów sportowych

Wynik sportowy stanowi najbardziej oczywisty i pożądaną wskaźnik efektywności prowadzonego procesu treningowego. Jednakże sam rezultat rywalizacji sportowej nie powinien być kluczowy na każdym z poziomów sportowych i podczas poszczególnych etapów cyklu treningowego. W związku z powyższym, poza analizami rezultatów, w planowaniu treningów istotne są również wyniki przeprowadzonych testów sportowych.

Różnorodność i specyfika samych testów jest bardzo złożona. Biorąc pod uwagę element, jakim jest miejsce ich przeprowadzenia, wyróżnia się testy laboratoryjne i terenowe. Drugi typ cechuje się wieloma atutami, do których zalicza się między innymi dostępność, powtarzalność i niewielkie wymagania sprzętowe (Klimczyk, Goździk 2014). Klasyfikacji testów sprawnościowych można również dokonać koncentrując się na konkretnym czynniku, który podlega ocenie: rezultacie lub samym przebiegu ruchu. Zdecydowana większość testów skonstruowana jest adekwatnie do pierwszego celu obserwacji. Oznacza to, że niezależnie czy służą zdiagnozowaniu zdolności motorycznych, sprawności ogólnej, specjalnej czy wydolności, ocenie podlega uzyskany rezultat.

Pośród rozmaitych testów ruchowych na szczególną uwagę zasługuje nieliczna grupa, w której kluczowa jest ocena jakości przebiegu ruchu, a nie jego rezultat. Odwołując się do przeglądu piśmiennictwa, odnotowano trzy testy tego rodzaju:

### 1. TEST IOWA\_BRACE

Według koncepcji Raczka (1990), uzdolnienia ruchowe to synonim zdolności motorycznego uczenia się. Tworzą one kompleks z dwoma innymi, złożonymi zdolnościami: adaptacją ruchową i zdolnością sterowania. Do pomiaru uzdolnień ruchowych, które według koncepcji Raczka (1990), są synonimem zdolności motorycznego uczenia się, wykorzystywany jest test IOWA-BRACE zaproponowany przez Brace'a w 1927 roku (McCloy 2013). Zgodnie z założeniami twórców, składa się on z 10 zadań, które wykonuje się po jednokrotnym pokazie (Štěpnička i wsp., 1976):

- a. przysiadu,
- b. skłonu z klęku na jednej nodze,
- c. stania na jednej nodze,
- d. siadu skrzyżnego ze stania skrzyżnego,
- e. wyskoku z obrotem,
- f. podskoku z ćwierć obrotem,
- g. przejścia do półprzysiadu z klęku,

- h. podskoku z przysiadu,
- i. siadu skulonego,
- j. przeskoku ze stania jednonóż.

Oceny poziomu wybranych zdolności koordynacyjnych, uzdolnień ruchowych lub też sprawności fizycznej, można dokonać na podstawie jakości wykonania powyższych zadań w pierwszej próbie. Są one oceniane przez ekspertów, którzy bazują na następującej skali punktowej: 1 punkt - zadanie zrealizowane poprawnie, 0 punktów - zadanie niezrealizowane. Przeprowadzona analiza jakościowa testu pozwala stwierdzić, że na finalny wynik badanej sprawności motorycznej, znaczący wpływ ma kolejność realizacji poszczególnych zadań (Ferjenčík 2000; Říčan 1978).

## 2. TEST TGMD

Drugim testem jest Test of Gross Motor Development – TGMD zaproponowany przez Ulrich (1985). Każda umiejętność motoryczna obejmuje trzy spośród czterech elementów behawioralnych, prezentowanych w kontekście kryteriów skuteczności ruchów. Zachowania te są reprezentowane poprzez podstawowe wzorce umiejętności ruchowych. Podczas wykonywania testu TGMD, uczeń ma możliwość trzykrotnego wykonania każdego ćwiczenia, podczas gdy obserwator ocenia jakość tejże próby na podstawie kryteriów wyznaczonych przez twórcę metody. W przypadku, gdy uczeń wykonał zadanie w dwóch z trzech prób, należy przyznać 1 punkt. Jeśli jednak nie wykonał prawidłowego działania składnika behawioralnego, nie powinien otrzymać punktów. TGMD łączy czynności ruchowe z trafną i rzetelną procedurą, która daje znaczące rezultaty w identyfikacji dzieci z problemami motorycznymi. Wyniki wspomnianej oceny mogą zostać wykorzystane do opracowania programów instruktażowych, monitorowania postępów i prowadzenia dalszych badań nad rozwojem motorycznym.

Pierwsza edycja Test of Gross Motor Development była używana w przypadku dzieci pełnosprawnych (Kim 2003; Woodard, Surburg 1997) oraz dzieci z łagodną niepełnosprawnością intelektualną (Burton 1998; Evaggelinou i wsp., 2002). Druga wersja, TGMD-2 (Ulrich 2000), stanowi również rodzaj testu referencyjnego, opartego na ocenie podstawowych ruchów (Krebs 2000).

Przy opracowywaniu TGMD-2 wprowadzono następujące zmiany oraz ulepszenia:

- dostarczono normy obejmujące różnicę wieku: uwzględnione sześć miesięcy w zamian za początkowe dwanaście miesięcy,
- poprawiono rzetelność,
- oddzielono tabele normatywne dla każdej z płci,
- zbadano dokładnie trafność,
- z podzbioru ćwiczeń lokomocyjnych wyeliminowano skip, a do grupy ćwiczeń związanych z kontrolą ciała dodano umiejętność toczenia piłki,

- dostosowano kryteria niektórych specyficznych pozycji,
- zmniejszono liczbę wykonywanych prób – z trzech do dwóch.

Najnowsza wersja testu, TGMD-3, podobnie jak poprzednie, wykorzystywana jest do oceny jakości ruchu u dzieci w przedziale wiekowym 3-10 lat w celu sprawdzenia ich rozwoju motorycznego oraz ewentualnego opracowania stosownego planu korekcyjnego (Ulrich 2013). Ponownie wykorzystane zostały dwie podgrupy ćwiczeń. Pierwsze z nich stanowią umiejętności lokomocyjne, zaś drugie, które uległy modyfikacji z początkowych umiejętności związanych z kontrolą ciała, dotyczą możliwości kontroli piłki.

Zdolności lokomocyjne w dalszym ciągu składają się z 6 ćwiczeń:

- biegu,
- cwału,
- skip A,
- skoku jednonóż,
- skoku w dal,
- kroku odstawno - dostawnego.

Umiejętności kontroli piłki bazują natomiast na 7 poniższych ćwiczeniach:

- rzutu zza głowy,
- rzutu poniżej głowy,
- łapania,
- kopania,
- uderzania oburącz,
- uderzenia jednorącz,
- koźlowania.

### **3. TEST FMS**

Trzecim, a zarazem najbardziej znanym i powszechnie stosowanym testem, koncentrującym się na tematyce związanej z oceną przebiegu ruchu, wydaje się Functional Movement Screen – FMS. Opiera się on na ocenie globalnych i funkcjonalnych wzorców ruchu. Określa jakość ruchu poprzez siedem ćwiczeń, z których trzy odnoszą się do globalnych wzorców ruchowych, dwa do mobilności, natomiast pozostałe dwa do stabilności tułowia i kończyn. Za wykonanie ćwiczenia badany może otrzymać od 0 do 3 punktów (Cook i wsp., 2006b/2006a).

## 1.2. Functional Movement Screen

Środowisko sportowe zapoznało się z testem FMS (Functional Movement Screen) za sprawą publikacji Cook'a (Cook, Burton 1998) oraz wydanej kilka lat później książki tego samego autora - „Athletic Body in Balance” (Cook 2003). Opis testu, sposób jego przeprowadzenia oraz interpretacja wyników, zostały przedstawione w dwóch częściach publikacji (Cook i wsp., 2006b/2006a).

Według twórców metody, badanie przeznaczone jest do wykrycia kompensacyjnych wzorców ruchu. Potwierdzenie stanowi ostatnia publikacja, w której Cook stwierdza: „jeśli jeden słaby związek nie zostanie zidentyfikowany, ciało skompensuje ruch...” (Cook i wsp., 2014a). Ponadto uważa się, że kompensacja powoduje niewydolność i nieefektywność ruchu, co prowadzi do zmniejszenia jego wydajności i zwiększenia ryzyka wystąpienia urazu. Interesującym jest fakt, iż inni autorzy nie poprzestali na stanowisku twórców testu, a na podstawie obserwacji, określili własne funkcjonalności testu FMS. Przykładowe stanowiska odnoszące się do tej sytuacji zajmują Kraus (2014) stwierdzając, iż sensem FMS, jest ocena funkcjonalna układu mięśniowo-szkieletowego i asymetrii ciała oraz Stobierski (2015) określający wykrycie nieprawidłowych wzorców ruchu za cel wspomnianego testu, zaś jego wynik uznaje za przydatny w kontekście planowania programów szkoleniowych.

Zgodnie z koncepcją Functional Movement System, pierwszym etapem oceny motorycznej, powinno być określenie funkcjonalnej jakości ruchu, na którą składają się mobilność i stabilność. Oba te złożone terminy, stanowią podstawę popularnego współcześnie treningu funkcjonalnego (Boyle i wsp., 2016). Według twórcy testu FMS mobilność oceniana jest na podstawie zakresu ruchu stawu, długości tkanki oraz elastyczności mięśni a ćwiczenia mobilności charakteryzują się formą pracy rozciągającej mięśnie lub ruchomością stawów w każdym ruchomym segmencie określonego wzorca ruchu. Natomiast stabilność jest kontrolą ciała od pozycji początkowej do końcowej w ramach każdego wzorca ruchu. Stabilność polega na precyzyjnej kontroli, a nie na sile (Cook, 2011).

Kompleksowa ocena oraz wspomniany trening funkcjonalny powinny być w sporcie nastawione na poprawę wyniku sportowego, optymalizację przygotowania motorycznego oraz minimalizację wystąpienia ryzyka urazu. Ocena funkcjonalna, z wykorzystaniem testu FMS, znajduje szerokie zastosowanie we współczesnym sporcie i w medycynie sportowej (Agresta i wsp., 2014; Kiesel i wsp., 2007; Lockie i wsp., 2015; Zalai i wsp., 2014).

Test FMS, jako wiarygodne, rzetelne i praktyczne badanie przesiewowe, wykorzystywane jest w celu określenia ustanowienia odpowiednich programów interwencyjnych dla osób narażonych na zwiększone ryzyko ewentualnych obrażeń. Test ten uznawany jest przez wielu autorów za jeden z najlepszych systemów, kompleksowo oceniających wzorce ruchowe oraz ryzyko wystąpienia urazów (Grygorowicz i wsp., 2010; Kocharński i wsp., 2015).



FMS to seria 7 prostych testów ruchowych oraz przejrzysty system weryfikacji. Ocena funkcjonalna, odnosząca się do powyższego testu, nie jest czasochłonna i nie wymaga drogiego sprzętu. Wykorzystywane mogą być oryginalne lub własne zestawy, które składają się z: podstawy o wymiarach 5x15x150 cm, kija z miarą centymetrową, 2 poprzeczek z podziałką centymetrową oraz kawałka gumy lub tubinga.

Próby w systemie FMS to:

- próba 1 – Deep Squat (DS) – głęboki przysiad,
- próba 2 – Hurdle Step (HS) – przeniesienie nogi nad płotkiem,
- próba 3 – In-Line Lunge (ILL) – przysiad w wykroku,
- próba 4 – Shoulder Mobility (SM) – ocena ruchomości obręczy barkowej,
- próba 5 – Active Straight Leg Raise (ASLR) – aktywne uniesienie wyprostowanej nogi,
- próba 6 – Push Up (PU) – ugięcie ramion w podporze,
- próba 7 – Trunk Stability (TS) – test stabilności rotacyjnej.

Według założeń twórców, uzyskanie wyniku o wartości niższej, niż 3 punkty, jest równoznaczne z występowaniem kompensacji lub asymetrii. Podczas prób, w których ekspert w odrębny sposób ocenia ruch prawej oraz lewej strony ciała, w momencie wystąpienia ewentualnych różnic, do sumarycznej wartości testu wpisuje słabszy wynik (Cook 2003; Foran 2001; Rzepka 2009). Jeśli w trakcie wykonywania ruchu badany zadeklarował wystąpienie bólu, uzyskuje on zero punktów. Warto podkreślić, iż sportowcy znacznie częściej, niż jakakolwiek inna grupa pacjentów, mają skłonność do ukrywania objawów (dysymulacji), co spowodowane jest obawami przed osiągnięciem niekorzystnego wyniku (Pieter 2005).

Wynikiem przeciętnym, charakterystycznym dla większości populacji, jest zakres pomiędzy 13 a 15 punktami, zaś za poziom graniczny, poniżej którego w znaczny sposób wzrasta ryzyko urazu, uznaje się 14 punktów (Abraham i wsp., 2015; Agresta i wsp., 2014; Chorba i wsp., 2010; Fox, O'Malley E 2014; Loudon i wsp., 2014; Schneiders i wsp., 2011; Teyhen i wsp., 2012). Na uzyskany wynik testu wpływają różne zmienne. Dodatkowo - zwiększona aktywność fizyczna, natomiast negatywnie wyższe BMI lub wiek (Agresta i wsp., 2014; Duncan, Stanley 2012; Loudon i wsp., 2014; Schneiders i wsp., 2011).

Każda próba w teście FMS odbywa się zgodnie ze szczegółowymi kryteriami jakościowymi ruchu, które należy spełnić, aby uzyskać określony rezultat. Ocena poszczególnych ćwiczeń wymaga obserwacji sposobu wykonania ruchu w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. Według twórców metody FMS, podstawowym aspektem korekcji jest zniwelowanie asymetrii ciała, poprawa najniżej ocenianych prób oraz ograniczenie deficytów w próbach mobilności, kolejno stabilności i globalnych wzorców ruchu. Wynika to z licznych badań naukowych, a także z obserwacji, które wykazały, iż asymetria

w układzie ruchu, w sposób istotny zwiększa ryzyko urazu (Cook 2003; Ekstrand, Gillquist 1983; Emery i wsp., 2005; Kiesel i wsp., 2007; Myer i wsp., 2008; Nadler i wsp., 2000; Plisky i wsp., 2006a; Rzepka 2009; Söderman i wsp., 2001; Yeung i wsp., 2009).

Powyższy test nie stanowi narzędzia diagnostycznego, a łatwy do przeprowadzenia, niewymagający specjalistycznego sprzętu test screeningowy, natychmiastowo różnicujący zawodników w grupie. Tego typu podejście potwierdzają twórcy FMS, określając jego rolę jako kierunkową i ułatwiającą skategoryzowanie badanych, a nie diagnostyczną i wskazującą przyczyny zaburzeń (Cook i wsp., 2014b). Udoskonalając test, twórcy metody opisują w kolejnych publikacjach zmiany w procesach weryfikowania poprawności wykonania prób oraz ujednolicają instrukcje wydawane przez eksperta i procedury przeprowadzania testu.

Zwracają oni również uwagę, że FMS rzeczywiście jest skutecznym testem, opisującym podstawowe zdolności poruszania, lecz przestrzegają jednocześnie przed ewentualną nadinterpretacją wyników, w szczególności do oceny sumarycznej. W celu określenia wymagań charakterystycznych dla danej dyscypliny sportowej, konieczne jest zastosowanie dodatkowych metod i testów. Autorzy uważają bowiem, iż pomimo uzyskania wysokich wartości punktowych, zawodnik nadal może być narażony na uraz spowodowany innymi czynnikami np. złej mechaniki lądowania, deficytów siły, wytrzymałości, zwinności lub mocy (Cook i wsp., 2014b/2014a).

### **1.2.1. Próby testu FMS**

#### Próba 1. Głęboki przysiad

Jest testem pozwalającym ocenić globalny wzorzec ruchowy, ze szczególnym uwzględnieniem dwustronnej symetrycznej ruchomości w stawach biodrowych, kolanowych oraz skokowych. Poprzez wymuszenie pozycji uniesionych kończyn górnych i za sprawą trzymania drążka nad głową, pozwala na ocenę mobilności obręczy barkowej i odcinka piersiowego kręgosłupa. Zdolność do przyjęcia pozycji głębokiego przysiadu wymaga zgięcia grzbietowego stawów skokowych, stawów kolanowych i biodrowych, wyprostowania odcinka piersiowego kręgosłupa oraz zgięcia obręczy barkowej. Nieprawidłowy ruch może posiadać wiele przyczyn. Przykładowo w kończynach dolnych może być spowodowany brakiem kontroli nerwowo-mięśniowej (Bendjaballah i wsp., 1997; Markolf i wsp., 1995; Zazulak i wsp., 2005) lub zwiększeniem napięcia mięśnia brzuchatego łydki oraz mięśnia piszczelowego przedniego. Powoduje to, podczas przysiadu obunóż, sztywność stawu skokowego, a tym samym prowadzi do zmniejszenia zgięcia grzbietowego stawu, zwiększenia jego pronacji i rotacji wewnętrznej (Padua i wsp., 2012). W tej próbie zadaniem eksperta jest ocena szeregu składowych ruchu równocześnie.

Kryteriami oceny wzorca ruchu są:

- równoległe ułożenie tułowia względem podudzi,
- środek stawu kolanowego nad środkiem stopy (brak koślawości),
- udo poniżej poziomu kolan,
- rzut pionowy drążka nie może wysunąć się poza stopę w płaszczyźnie strzałkowej.



**Rycina 1.1**

*Próba głęboki przysiad (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

## Próba 2. Przeniesienie nogi nad płotkiem

Cel próby stanowi weryfikacja jakości ruchu, przy jednoczesnym zachowaniu równowagi ciała oraz stabilności przeciwnej kończyny dolnej. Próba ta ocenia obustronną mobilność i stabilność stawów biodrowych, kolanowych i skokowych oraz tułowia w pozycji jednonoż. Jedną z przyczyn otrzymania słabszej oceny, mogą być ograniczenia zgięcia grzbietowego stawu skokowego lub też ograniczenia związane ze zmniejszeniem ruchomości stawu biodrowego (Cook i wsp., 2006a). Ten rodzaj testu może również ujawnić zaburzenie napięć mięśniowych w obręczy lędźwiowo – miedniczno - biodrowej lub okolicy tułowia, w przypadku, w którym podczas testowania, stwierdzono utratę równowagi (Bendjaballah i wsp., 1997; Hewett i wsp., 2005).

Do kryteriów oceny wzorca ruchu w tej próbie zalicza się:

- brak pochylenia tułowia,
- osiowość kończyny przenoszonej,
- równoległość drążka względem przeszkody.



**Rycina 1.2**

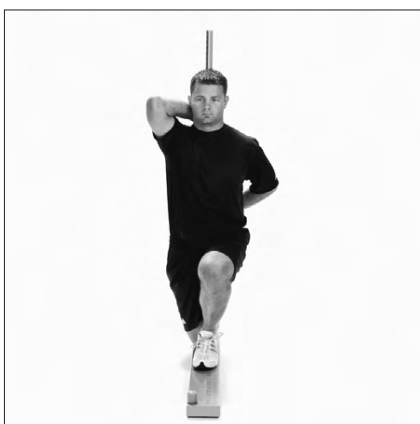
*Przeniesienie nogi nad płotkiem (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

### Próba 3. Przysiad w wykroku

Celem testowania przysiadu w wykroku jest ocena zdolności tułowia i kończyn do zachowania właściwej osi ciała podczas wykonywania danego rodzaju ruchu. Zgodnie z opinią twórcy metody, to ocena mobilności i stabilności tułowia, miednicy, stawów biodrowych, kolanowych i skokowych, a także odpowiedniej elastyczności mięśnia czworogłowego uda. Słaby wynik podczas próby „**in-line lunge**” może wynikać z braku równowagi pomiędzy osłabionymi mięśniami przywodzącymi, a nieprawidłowym napięciem mięśni odwodzących staw biodrowy. Wykazano, że poważne ograniczenia mogą być rezultatem asymetrii między stabilnością, a mobilnością jednego lub obu stawów biodrowych (Cook i wsp., 2006a).

W tym typie próby kryteriami oceny wzorca ruchu są:

- drążek pozostający prostopadle do podłoża,
- ułożenie stóp w jednej linii,
- pięta kończyny wykroczonej pozostająca na podłożu,
- kolano kończyny zakroczonej dotykające podstawy za piętą kończyny wykroczonej,
- brak ruchu tułowia w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej i rotacyjnej.



**Rycina 1.3**

*Przysiad w wykroku (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

#### Próba 4. Ruchomość obręczy barkowej

Próba ocenia obustronną ruchomość obręczy barkowej, łącząc w sobie wewnętrzną rotację z przywiedzeniem ramienia i zewnętrzną rotacją z odwiedzeniem drugiego. W celu prawidłowego wykonania tego ruchu, wymagana jest mobilność stawu ramiennie-łopatkowego oraz wyprost w odcinku piersiowym kręgosłupa. Niższe wyniki uzyskane podczas wykonywania tego rodzaju testu, mogą być skorelowane między innymi z zaburzeniami napięcia mięśniowego w obrębie stawu barkowego lub dysfunkcją żeber i łopatki (Cook i wsp., 2006b). Kryterium oceny wzorca ruchu w tej próbie stanowi odległość pomiędzy pięściami.



**Rycina 1.4**

*Ruchomość obręczy barkowej (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

#### Próba 5. Aktywne uniesienie wyprostowanej kończyny

Próba ta ocenia elastyczność grupy mięśni kulszowo-goleniowych oraz mięśnia brzuchatego łydki badanej kończyny dolnej. Niski wynik tego testu można wynikać z niewystarczającej mobilności stawu biodrowego oraz z zaburzeń w funkcjonowaniu mięśni kulszowo-goleniowych, a także z podwyższonego napięcia mięśnia biodrowo-łędźwiowego (Cook i wsp., 2006b).

Kryteriami oceny wzorca ruchu w tej próbie są:

- brak ruchu kończyny leżącej na podłożu,
- rzut kostki przyśrodkowej względem kończyny na podłożu.



**Rycina 1.5**

*Aktywne uniesienie wyprostowanej kończyny (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

### Próba 6. Ugięcie ramion w podporze

Ta próba ocenia zdolność mięśni tułowia do stabilizowania kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej, podczas gdy kończyny górne wykonują symetryczną pracę (Cook i wsp., 2006b). Założeniem testu jest zainicjowanie ruchu kończynami górnymi bez jednoczesnego wykonania ruchu w obrębie kręgosłupa i bioder. Kluczowymi czynnikami oceny wzorca ruchu są tutaj:

- osiowość ciała,
- płynność ruchu.



**Rycina 1.6**

*Ugięcie ramion w podporze (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

## Próba 7. Stabilność rotacyjna tułowia

Założenie próby stanowi ocena stabilności tułowia w płaszczyznach strzałkowej i poprzecznej, przy jednoczesnej odpowiedniej koordynacji nerwowo-mięśniowej i równoczesnych, naprzemianstronnych ruchach kończyn górnych i dolnych. Słaby rezultat może wynikać wówczas z niewystarczającej stabilności tułowia (Cook i wsp., 2006b). W związku z powyższym, jeśli tułów nie jest ustabilizowany w trakcie próby, możliwe jest, iż nie zyska stabilizacji również podczas złożonych zadań ruchowych (Zazulak i wsp., 2007).

Kryteriami oceny wzorca ruchu we wspomnianym teście są:

- dotknięcie kolana łokciem,
- osiowość kończyn,
- umiejętność utrzymania równowagi,
- brak rotacji tułowia.



**Rycina 1.7**

*Stabilność rotacyjna tułowia (Cook i wsp., 2014b/2014a).*

### 1.3. Urazowość w sporcie

W większości krajów wysokorozwiniętych przykłada się znaczącą wagę do promowania zdrowego stylu życia, jednakże nie zawsze uwzględnia się przy tym konsekwencje tego typu zaleceń. Opracowania, które zostały przygotowane w USA, odnoszą się do niedostrzeżonego w tym kraju procesu wzrostu udziału uczniów w zajęciach sportowych w szkołach średnich i równoczesnego zwiększenia liczbą urazów. Propagowanie tego typu zajęć spowodowało wzrost aktywności fizycznej u znacznej liczbie osób (Yard i wsp., 2009). Szacuje się jednak, że był to jeden z czynników zwiększenia liczby odniesionych urazów o 1,4 miliona wśród uczniów szkół średnich w 2005 r. W innych badaniach, przeprowadzonych przez Requa (1991), wykazano, iż około 6 milionów uczniów szkół średnich uczestniczących w lokalnych programach sportowych, doznaje rocznie ponad 2 milionów urazów, co bezpośrednio skutkuje 500 000 wizytami lekarskimi oraz 30 000 hospitalizacjami. Wielokrotnie wiąże się to również z koniecznością zaprzestania wszelkich aktywności fizycznych. W związku z tym, podstawową wytyczną stało się zmniejszenie ryzyka urazów w aktywnych fizycznie populacjach. Naukowcy skoncentrowali się na śledzeniu zmian wskaźników urazów oraz identyfikacji dyscyplin sportowych, w wyniku których najczęściej dochodzi do rozmaitych urazów. W publikacjach wielokrotnie pojawiają się prace dotyczące czynników zwiększających ryzyko występowania urazów. Zalicza się do nich między innymi:

- wcześniejsze urazy (Nadler i wsp., 2002; Neely 1998; Tuberville i wsp., 2003; Tyler i wsp., 2006),
- deficyty w zakresie ruchomości i stabilności ciała (Baumhauer i wsp., 1995; Nadler i wsp., 2001; Knapik i wsp., 1991),
- płeć (Almeida i wsp., 1993),
- BMI (Gómez i wsp., 1998; Tyler i wsp., 2006),
- typ budowy stopy (Dahle i wsp., 1991; Glick i wsp., 1976),
- obecność funkcjonalnych asymetrii ruchowych (Ekstrand, Gillquist 1983; Kiesel, i wsp., 2007; Knapik i wsp., 1991; Myer i wsp., 2008; Nadler i wsp., 2000; Plisky i wsp., 2006b; Söderman i wsp., 2001; Yeung i wsp., 2009),
- zaburzenia stabilności i równowagi dynamicznej (McGuine i wsp., 2000; Trojian 2006; Tropp, Ekstrand 1984; Wang i wsp., 2006).

Oceniając liczbę urazów odniesionych przez sportowców, którzy zajmują się piłką nożną w Anglii, określono, iż zawodnicy doświadczają przeciętnie 1,3 urazów na jednego gracza w sezonie. Wśród wszystkich urazów, 38% było wynikiem mechanizmów kontaktowych, zaś 58% bezkontaktowych (Hawkins i wsp., 2001). W innych badaniach oceniono liczbę obrażeń przypadających na 1000 godzin aktywności fizycznej (Powell, Barber 1999). Najwięcej z nich dotyczyło piłki nożnej, gdzie na 1000



godzin treningu przypadało 8,1 rozmaitych obrażeń. Pozostałe dyscypliny osiągnęły następujące wyniki:

- zapasy 5,6,
- koszykówka mężczyzn 4,8,
- koszykówka kobiet 4,4,
- hokej na trawie kobiet 3,7,
- baseball 2,1,
- siatkówka kobiet 1,7.

Jednakże kompleksowe dane z najnowszego 6-letniego badania przeprowadzonego w angielskiej Premier League wskazały występowanie 2,23 urazów na jednego gracza na 1000 godzin w warunkach meczowych (Ekstrand i wsp., 2011). W związku z tym prawidłowe diagnozowanie i zminimalizowanie występowania urazów jest niezwykle ważne dla całej populacji zarówno zawodowych sportowców jak i amatorów. Urazowość w sporcie stanowi poważny problem dla współczesnej medycyny. Istotnym aspektem jest zmniejszenie ryzyka wystąpienia urazów oraz redukcja czynników, które mogą predysponować do ich występowania. (Grygorowicz i wsp., 2010; Meeuwisse, Bahr 2009; Sechriest i wsp., 2005).

Podstawą profilaktyki uszkodzeń ciała jest odpowiednio prowadzony trening, dostosowany do danej dyscypliny sportu oraz do potrzeb i umiejętności zawodnika. Istotna jest również jego regeneracja między regularnie podejmowanymi aktywnościami fizycznymi (Bompa, Haff 2009). Stosowanie odpowiedniego sprzętu ochronnego oraz obuwia podczas treningów i meczów również obniża ryzyko wystąpienia ewentualnych urazów np. stawu skokowego (McGuine, Brooks 2011). Według Beijsterveldt i wsp. (2012), w profilaktyce uszkodzeń ciała istotną rolę odgrywają ćwiczenia stabilności tułowia, ekscentrycznej pracy mięśni, ćwiczenia plyometryczne, a także trening propriocepcji. Kluczowym elementem, stanowiącym rodzaj zapobiegania urazom, jest stosowanie odpowiedniej rozgrzewki przed przejściem do właściwej aktywności fizycznej (Bizzini i wsp., 2013). Ćwiczenia te poprawiają stabilność i czucie pozycji stawów, a także rozwijają pracę mięśni (Hupperets i wsp., 2009; Malliaras i wsp., 2012; Myer i wsp., 2012). Ważnym czynnikiem jest również prawidłowa diagnostyka, w tym ocena jakości ruchu i określenie jego prawidłowych wzorców. W tym aspekcie może okazać się pomocne zastosowanie wspomnianego testu FMS.

#### 1.4. FMS jako predyktor potencjalnego urazu

Tematyka związana z określaniem wartości punktowych testu FMS i poziomu asymetrii, które uważane są za związane z większym ryzykiem występowania urazu, została już omówiona (Kiesel i wsp., 2007; O'Connor i wsp., 2011). Kilka badań zidentyfikowało 14 punktów jako punktu odcięcia, a może nawet punkt, który ma wartość logiczną (14 punktów = 2 punkty na test w 7 testach) i został przyjęty po prostu to jako punkt graniczny (Chorba i wsp., 2010; Kiesel i wsp., 2014). Gdy wyniki FMS były interpretowane równoległe z historią obrażeń sportowca, Garrison ustalił, że sportowcy z sumą punktów  $FMS \leq 14$  i zgłoszoną wcześniej historią urazów byli 15-krotnie bardziej narażeni na ryzyko przyszłych obrażeń (Garrison i wsp., 2015). Natomiast w metaanalizie przeprowadzonej przez Bunn (2019), w której analizowano 20 badań naukowych, wykazano, że osoby sklasyfikowane przez FMS jako „obciążone wysokim ryzykiem” (14 i mniej punktów) są o 51% bardziej narażone na obrażenia niż osoby zakwalifikowane do grupy niskiego ryzyka (powyżej 14 punktów). W metaanalizie Kollock (2018), w której celem było określenie wartości predykcyjnej FMS w określaniu ryzyka obrażeń, włączono 10 badań spełniających założone kryteria. Autor zauważył, że szanse odniesienia urazu były prawie 2-krotnie większe dla sportowców z wynikiem  $FMS \leq 14$ .

W badaniach Kiesel (2007) średni wynik testu FMS dla 46 badanych piłkarzy nożnych wyniósł 16,9 ( $\pm 3,0$ ), a u zawodników, którzy doznali wcześniej urazu był równy 14,3 ( $\pm 2,3$ ). Po przeanalizowaniu wyników autor zaobserwował, iż poprzez test FMS można zakwalifikować zawodników do grup ryzyka odniesienia urazu, zaś występujące asymetrie, zwiększają ryzyko urazów 2,3 razy u badanych piłkarzy.

Beardsley i Contreras (2014) potwierdzili również, iż FMS ma zdolność identyfikacji osób z większym ryzykiem wystąpienia urazu układu mięśniowo-szkieletowego, przy czym podkreślili także że dowody sprzyjające określeniu testu, jako zdolnego do przewidywania wyników sportowych, były ograniczone. Zgodnie z koncepcją Beardsley'a i Contreras'a: "FMS wydaje się mieć pewien stopień przewidywalnej zdolności do identyfikacji sportowców, którzy mają większe ryzyko urazu. Jednak słaba ocena w FMS nie wyklucza, aby sportowcy rywalizowali na najwyższym poziomie" (Beardsley, Contreras 2014).

Wyniki przedstawione przez Kiesel (2007) oraz Chorba (2010), bazują wyłącznie na odsetku procentowym odnoszącym się do przebytych urazów, nie zaś na wskaźniku ryzyka ich wystąpienia. Nie uwzględniają one również szkodliwych skutków uczestnictwa w zajęciach o charakterze sportowym. Precyzyjne określenie ryzyka urazu w skali procentowej stanowiłoby bardzo cenną wiedzę dla każdego sportowca.

## 1.5 Rzetelność testu FMS

Rzetelność testu FMS została zweryfikowana przez wielu badaczy (Beardsley, Contreras 2014; Kraus i wsp., 2014; Stobierski i wsp., 2015). Zarówno Beardsley, jak i Contreras (2014) oraz Stobierski (2015), ocenili go pozytywnie w kontekście składowej zewnętrznej (między różnymi egzaminatorami wykonującymi badanie) i wewnętrznej (pomiędzy ich ocenami). Wewnętrzna rzetelność testu określa poziom oceny dokonanej przez danego eksperta podczas wykonywania każdej kolejnej próby. W testach tego typu ICC waha się od 0,75 do 0,96, sugerując tym samym, iż FMS wykazuje wysoką rzetelnością wewnętrzną (Gribble i wsp., 2013; Grygorowicz i wsp., 2010; Onate i wsp., 2012; Parenteau-G i wsp., 2014; Smith i wsp., 2013; Teyhen i wsp., 2012). Zewnętrzna rzetelność testu określa natomiast stopień, w jakim każda z prób zostanie oceniona przez różnych ekspertów. W tej ocenie ICC wyniosło od 0,44 do 0,98, co świadczy o wysokiej rzetelności zewnętrznej testu (Butler i wsp., 2012; Gulgin, Hoogenboom 2014; Leeder i wsp., 2016; Loudon i wsp., 2014; Onate i wsp., 2012; Parenteau-G i wsp., 2014; Schneiders i wsp., 2011; Smith i wsp., 2013; Teyhen i wsp., 2012). Według Garrison (2015) Gribble i wsp. (2013) rzetelność ocen ekspertów wzrasta proporcjonalnie do doświadczenia. Zbiorcza analiza ilościowa wykazała natomiast, że średnia wartość ICC wynosiła 0,81, co wskazuje na akceptowalny poziom rzetelności.

W celu uzyskania najwyższej rzetelności, należy przeprowadzić ocenę testu FMS na podstawie nagranych prób, wtedy bowiem  $ICC = 0,92$  (Grygorowicz i wsp., 2010). Za najbardziej rzetelną próbę uważa się ocenę ruchomości obręczy barkowej (Onate i wsp. 2013), natomiast najmniej powtarzalna jest próba przeniesienia nogi nad płotkiem (Adamczyk i wsp., 2012; Gaździk 2010).

## 1.6 Trafność testu FMS

Trafność FMS określa czy może być wykorzystany w celu, w jakim został zaprojektowany. tzn. czy charakteryzuje kompensacyjne wzorce ruchu, asymetrie ciała lub sklasyfikuje zawodników. Interpretując trafność na podstawie wyniku sumarycznego, można wnioskować, iż analiza czynnikowa zidentyfikuje pojedynczy czynnik (konstrukcja jednowymiarowa). Jednak przeprowadzone analizy oraz zgodność pomiędzy próbkami wykazały, że wynik FMS ma dwa czynniki. Łączny rezultat FMS nie jest zatem dokładną miarą kompetencji ruchowych i powinien być stosowany jedynie jako narzędzie kontrolne (Kelleher, Dickey 2016). Dodatkowo, w ostatniej publikacji, Cook i wsp. (2014b) zaznaczone jest, iż "należy unikać stosowania całkowitego wskaźnika FMS w celu przewidzenia ryzyka urazu, ponieważ poszczególne składniki badania nie są ze sobą skorelowane, a zatem nie mierzą tej samej zmiennej bazowej". Zarówno Beardsley, Contreras (2014), jak i Kraus (2014), zwrócili uwagę na kluczowy problem, którym jest obliczenie wyniku sumarycznego FMS. Zdaniem badaczy nie charakteryzuje się on jednolitą konstrukcją, w związku z czym nie powinien być wykorzystywany.

Określenie trafności wiąże się także z koniecznością oceny wyników testu i poszczególnych prób FMS pod kątem zgodności z rezultatami obiektywnego systemu oceny. Kryteria trafności referencyjnej FMS zostały określone przez Whiteside i wsp. (2016). Badacze porównali wyniki FMS ocenione przez certyfikowanego eksperta FMS do mierzonych za pomocą obiektywnego, opartego na motion capture, systemu. W związku z tym, zadaniem naukowców stało się opracowanie konkretnych progów kątów dla każdego ze stawów, które odpowiadały jednocześnie wszelkim kryteriom oceny wykonania tejże próby. Jednakże badacze stwierdzili, iż między standardową metodą klasyfikacji, a kryterium referencyjnym, istnieje niewielka zgodność.

W niektórych badaniach naukowych funkcjonuje teoria, iż wcześniej odniesione urazy, nie stanowią czynnika przewidującego ewentualne ryzyko powtórzenia ich w przyszłości (Arnason i wsp., 2004; Dvorak i wsp., 2000; Hägglund i wsp., 2006; Kucera i wsp., 2005). Istnieje bowiem szereg elementów wpływających na jakość ruchu sportowca, który powraca do aktywności fizycznej. Wspomnianą tezę potwierdzają Schneiders (2011) oraz Agresta (2014), którzy w przeprowadzonych badaniach, nie zaobserwowali różnicy w kontekście wyników testu FMS, pomiędzy zdrowymi zawodnikami, a badanymi, którzy w ostatnich sześciu lub dwunastu miesiącach doznali urazu. Analizy te dowodzą, że omawiany test należy uznać za test screeningowy, a nie diagnostyczny, a jego główną rolą jest zakwalifikowanie zawodników należących do tzw. grupy ryzyka.

## 1.7 Mocne i słabe strony testu FMS

Test FMS to metoda oceniająca uniwersalne wzorce ruchu a nie ruchy wykonywane w konkretnej dyscyplinie sportowej. Przez to jej użyteczność powiększa się do całej populacji sportowców nie ograniczając się do wybranych dyscyplin sportowych (Kraus i wsp., 2014; Teyhen i wsp., 2012). Ze względu na specyfikę ocenianego zjawiska, autor dokonał wyodrębnienia jego mocnych i słabych stron.

Wśród zalet należy wymienić:

- ocenę uniwersalnych wzorców ruchu,
- dostępność,
- prostotę,
- krótki czas badania,
- niskie koszty badania,
- dobrą rzetelność.

Słabą stroną testu FMS stanowią natomiast cechy sposobu oceny i właściwości skali pomiarowej, w której jest dokonywana.

Ocena wzorca ruchowego jest bowiem:

- uproszczona - przy ćwiczeniach wykonywanych dwustronnie, uwzględnia się tylko punkty przyznane dla niżej ocenionej strony ciała, analizowany jest jedynie globalny (sumaryczny) wynik punktowy,
- wzrokowa (a przez to subiektywna i niepowtarzalna) - trójwymiarowy wieloczłonowy ruch powtarzany jest jednokrotnie, jeśli obserwator uzna, że został wykonany poprawnie,
- z wieloma obserwowanymi jednocześnie cechami - np. w pierwszym wykonywanym w teście ruchu (głęboki przysiad) ocenianych jest dziewięć cech podczas ruchu i w przyjętej pozycji,
- cztery przedziały pomiarowe w skokowej skali porządkowej (rangowej) - ta jakościowa skala pomiarowa nie pozwala na wartościowanie różnic w sposobie wykonania ruchu.

Przyznając 2 punkty w próbie, ekspert określa ruch jako prawidłowy, jednak zauważa również pojedyncze kompensacje. Mogą być one różnorodne, zaś sama wartość próby zbliżona do górnej lub do dolnej granicy przedziału punktowego. Pomimo otrzymania tej samej wartości punktowej, sposób wykonania ruchu przez poszczególnych badanych lub przez tego samego badanego w kolejnych pomiarach, może się różnić.

Przegląd doniesień naukowych wykazał, że zawodnicy zespołowych gier sportowych, którzy nie odnieśli wcześniej urazu mięśniowo-szkieletowego, uzyskali średnio o 0,77 wyższy wynik, niż te same grupy sportowców po przebytych urazach (Azzam i wsp., 2015; Burk i wsp., 2010;

Ford 2011; Kiesel i wsp., 2007; Cuson 2010; Schroeder i wsp., 2016). Różnica ta jest jednak mniejsza niż jeden, co plasuje ją poniżej elementarnej działki pomiarowej. Jakościowa, skokowa skala rangowa o bardzo małym zakresie pomiarowym, wydaje się znaczącą słabością jednego z najistotniejszych narzędzi diagnostycznych stosowanych w sporcie.

Znaczącym utrudnieniem dla eksperta oceniającego próbę jest jego trójplaszczynowa weryfikacja podczas jednego ruchu. Istnieje bowiem prawdopodobieństwo, że przyznając punkty, ekspert nie był w stanie dostrzec wszystkich ocenianych kryteriów. Już przy tworzeniu testu, zwrócił na to uwagę jego twórca, który zaproponował, iż każdą próbę można powtórzyć 3 razy tak aby ekspert był pewny swojej oceny (Cook i wsp., 2014b/2014a).

Założeniem testu FMS było szybkie określenie jakości ruchu osoby badanej. Wydaje się jednak, że uproszczenie prób asymetrycznych do jednostkowego wyniku jest zbyt ogólne. Wynik ten nie daje informacji czy strony ciała są równe lub są zróżnicowane i o ile. Kwestia występującej asymetrii jest niezwykle istotna z punktu widzenia profilaktyki urazu, ponieważ jak zauważa twórca testu, stanowi jedną z głównych przyczyn ich występowania.

## **1.8 Modyfikacje oceniania w teście FMS**

Próba poprawy funkcjonalności testu FMS została zaproponowana przez Butlera, który zasugerował wykorzystanie do tego celu filmu oraz 100-punktowej skali pomiarowej (Butler i wsp., 2012) w zamian za dotychczasową, 21 punktową. W swoim artykule proponuje on przyznanie odpowiedniej wartości punktowej każdemu wzorcowi kryterium ruchu we wszystkich próbach. Jeśli zawodnik wykonujący zadanie spełni dane kryterium, otrzymuje przypisaną do niego wartość punktową, zaś w sytuacji przeciwnej, uzyskuje zero punktów. Do sumarycznej wartości testu włączona została zarówno prawa, jak i lewa strona ciała. Według autora, podstawowym ograniczeniem FMS jest brak identyfikacji konkretnego czynnika ograniczającego ruch, leżącego u podstaw każdej oceny. W innym badaniu, w którym zastosowano 100-punktową skalę pomiarową, dowiedziono, iż wyniki w tej skali są silnie skorelowane z ryzykiem wystąpienia urazu, przy czym wykazano również umiarkowaną dodatnią korelację z wynikiem w skali 21 punktów (Purser i wsp., 2018).

Innym sposobem optymalizacji oceny obustronnego deficytu ruchu kończyn i tułowia lub asymetryczności ciała był system automatycznego przechwytywania obrazu i śledzenia kąta, przy użyciu systemu Kinovea. Za pomocą dwóch kamer ustawionych z przodu oraz z boku badanego, zapisuje położenie samoprzylepnych markerów, dzięki czemu ma możliwość rozpoznawania i obliczania kątów w stawach i na podstawie wartości kątowych – ocenić wzorce ruchu testu FMS dla każdej strony ciała

osobno. Według autora, sposób oceny poprzez kamery wizyjne i system Kinovea, świadczy o wysokiej rzetelności oceny testu FMS (Chang i wsp., 2018).

Innym naukowcem, który zwrócił uwagę na konieczność oceny każdego ćwiczenia w oparciu o szereg kryteriów funkcjonalnych oraz dostrzegł związane z tym ewentualne błędy, jest Whiteside (2016). Zaznaczył, iż FMS stanowi niezwykle istotny test screeningowy, jednakże oczekuje się, że ekspert będzie w stanie ocenić ruch poprzez wszystkie zalecane kryteria. W swojej analizie porównał on dokładność oceny w czasie rzeczywistym FMS oraz przy użyciu obiektywnego systemu oceny. Uwzględnił przy tym 6 z 7 prób FMS, uznając, że próba ruchomości obręczy barkowej, obejmuje już obiektywną metodę pomiaru (linijkę). Ruch badanego został zarejestrowany za pomocą czujników na jego ciele oraz przy użyciu systemu pomiarowego Xsens MVN do rejestrowania ruchu. Autor zachował spójność z wytycznymi oceny FMS, a wyniki wyrażono w odniesieniu do wielkości anatomicznych ciała. Do oceny kryteriów ruchu, w każdej próbie testu FMS, ustalone zostały progi kinematyczne, które badany musiał spełnić, aby wykonanie zostało uznane za prawidłowe. Dla każdego z ćwiczeń obliczone zostały również zgodności pomiędzy ekspertem, a systemem obiektywnym. Pięć ćwiczeń (głęboki przysiad, prawostronne przeniesienie nogi nad płótkiem, prawostronny przysiad w wykroku, stabilność rotacyjna tułowia dla prawej i lewej strony) wykazywało procentową zgodność na poziomie 50% lub mniej, zaś kolejnych pięć było większe niż 50% (lewostronne przeniesienie nogi nad płótkiem, lewostronny przysiad w wykroku, ugięcie ramion w podporze, obustronne uniesienie wyprostowanej kończyny dolnej). Według Whiteside (2016), niejednoznaczne kryteria klasyfikacji i konieczność jednoczesnego wyodrębnienia wielu kryteriów, mogą przyczynić się do niskiej dokładności oceny przez eksperta. Ustanowienie wyraźnych wytycznych i kryteriów klasyfikacji, może okazać się pomocne w przypadku standaryzacji FMS, a tym samym poprawić dokładność stopniowania.

## 2. Cel pracy i założenia badawcze

Uzasadnieniem podejmowania badań w zakresie obiektywizacji oceny czynności motorycznych jest zaproponowanie precyzyjnego „narzędzia” diagnostycznego, pozwalającego na wykrywanie nawet niewielkich zmian w poziomie funkcji motorycznych. Stworzenie wskaźnika wyrażonego w liniowej skali porządkowej, zwiększa dokładność diagnostyczną. Nawet nieznaczne pogorszenie funkcji ruchowej, zarówno u sportowców, osób aktywnych lub osób bez objawów jatrotropowych, wykryte w odpowiednim momencie, umożliwia wdrożenie postępowania o charakterze profilaktycznym, a nie leczniczym. W powyższej pracy autor stara się zniwelować istniejące słabe strony testu FMS, przy jednoczesnym zachowaniu założeń jego oceny i klasyfikacji. Zaproponowano również obiektywną formę oceny ruchu poprzez optoelektroniczny system, który uwzględnia wszystkie kryteria ruchu jednocześnie. Celem dysertacji jest zwiększenie informatywności testu oceny funkcjonalnej FMS przez zaproponowanie i ewaluację wskaźnika diagnostycznego (wskaźnik sprawności funkcjonalnej dla FMS) w przedziałowej skali liniowej.

Sformułowane zostały następujące hipotezy:

Hipoteza 1. Wskaźniki sprawności funkcjonalnej dla poszczególnych prób FMS cechuje co najmniej dobra rzetelność.

Hipoteza 2. Występuje istotny związek pomiędzy wartościami wskaźników sprawności funkcjonalnej a wynikiem punktowym w próbach FMS.

Hipoteza 3. Możliwe jest wyznaczenie optymalnych punktów odcięcia dla wartości wskaźników sprawności funkcjonalnej pomiędzy poszczególnymi poziomami poprawności wykonania prób w teście FMS.



### 3. Materiał, metody oraz narzędzia badawcze

#### 3.1 Materiał badawczy

Projekt badawczy uzyskał pozytywną opinię Komisji Bioetycznej Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach (uchwała numer 2/2015). Badania zostały przeprowadzone w 2016 roku w Laboratorium Analizy Ruchu Człowieka Centrum Badawczo Rozwojowego Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych w Bytomiu. Wzięło w nich udział 30 mężczyzn w wieku od 16 do 33 lat (tabela 1.1).

**Tabela 1.1**

*Charakterystyka badanej grupy.*

N	Masa ciała [kg]		Wysokość ciała [cm]		Wiek [lata]		Wynik FMS [pkt.]	
	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD
30	82,8	12,75	183,4	7,27	24,2	3,09	15,87	1,72

*N – liczebność grupy badanych; SD – odchylenie standardowe*

Badani zostali poinformowani o celu i sposobie wykonywania badania oraz wyrazili pisemną zgodę na ich przeprowadzenie jeszcze przed rozpoczęciem wszelkich działań. Wykorzystano dobór celowy, aby pod względem cech (wskazanych w literaturze), wpływających na wynik testu FMS, ujednolicić badaną grupę.

#### Kryteria włączenia do badań:

- płeć – mężczyźni,
- regularne uprawianie sportu na poziomie zawodowym lub amatorskim,
- wiek - pomiędzy 16 - 35 lat,
- wyrażenie pisemnej zgody.

#### Kryteria wyłączenia z badań:

- deklarowane przebyte lub trwające choroby układu ruchu,
- deklarowane przebyte lub trwające choroby neurologiczne,
- bolesność w trakcie ruchu w próbach FMS,
- wiek poniżej 16 lub powyżej 35 roku życia,
- brak pisemnej zgody na uczestnictwo.

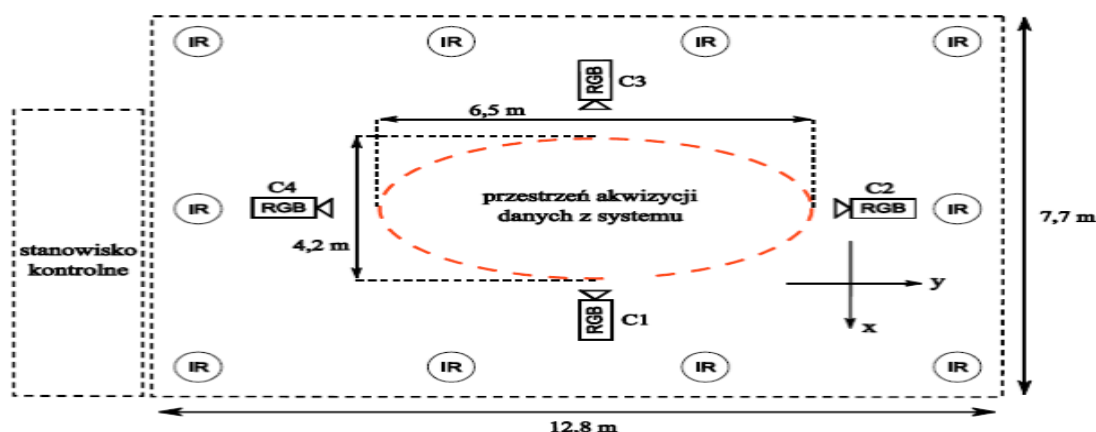
### 3.1.1. Metody pomiarowe

Rejestracji parametrów kinematycznych fluorescencyjnych markerów dokonano za pomocą systemu optoelektronicznego VICON. Dodatkowo, obraz został zarejestrowany poprzez wykorzystanie kamer wizyjnych.

Tor pomiarowy składał się z:

- 10 kamer NIR Vicon Vantage 5 MX-T40. Rozdzielczość 5 MP (2352 x 1728 px), 10-bitowa skala szarości. Prędkość akwizycji 100 ramek na sekundę.
- 10 kamer NIR Vicon Bonita. Rozdzielczość: 1 MP (2352 x 1728 px), 10-bitowa skala szarości. Prędkość akwizycji 100 ramek na sekundę.
- 4 kamery wizyjne Basler Pilot 1920-32gc. Rozdzielczości 1920x1080, z częstotliwością 25 Hz.

Przestrzeń pomiarowa w kształcie walca elipsoidalnego, miała wysokość 3 metrów i podstawę o osiach 6,47m, 4,2m (rycina 2.1).



Rycina 2.1

*Rzut obszaru pomiarowego (Krzeszowski, 2013).*

Do synchronizacji systemów optoelektronicznego i wizyjnego wykorzystano urządzenie Vicon MX Giganet. Oprogramowanie Nexus, wykorzystujące model VICON obok rejestracji położenia markerów fizycznych, pozwoliło na wyliczenie położenia markerów teoretycznych (np. osie obrotu w stawach, ogólny środek ciężkości). Następnie wyliczone zostały drogi, prędkości oraz przyspieszenia liniowe i kątowe. Otrzymano w ten sposób macierze obserwacji dla każdej z prób.

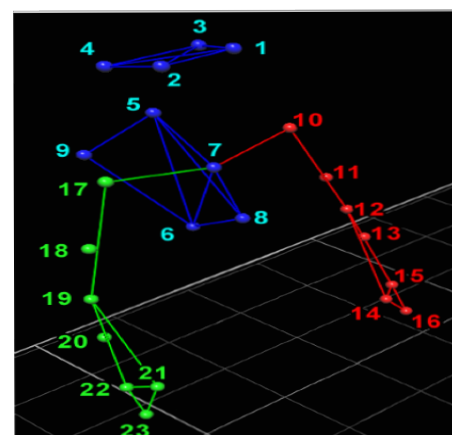
### 3.2. Procedura pomiarowa

Każda z wybranych osób uczestniczyła w jednej sesji pomiarowej. Przygotowanie do pomiaru polegało na przebraniu się w spodenki pływackie i oklejeniu badanego 39 biernymi markerami (16 markerów na kończynach dolnych i 23 na kończynach górnych, tułowi oraz głowie), zgodnie z modelem „plug in gait”. Dodano również dwa markery dodatkowe, które zostały umieszczone na końcach drążka używanego w teście. Następnie badany wykonywał test FMS, a kolejność podejmowanych prób, była spójna z zalecanym protokołem (Cook i wsp. 1998). Oceny równoczesnej z rejestracją ruchu, dokonał licencjonowany ekspert, nadając tym samym odpowiednia liczbę punktów dla każdego z powtórzeń. System optoelektroniczny wymagał również, aby w pierwszej i w ostatniej klatce nagrania, widoczne były wszystkie naklejone markery. Uczestnik badania musiał więc przed i po wykonaniu każdego powtórzenia, ustawić się w referencyjnej pozycji „T”. Każda próba była wykonywana i rejestrowana trzykrotnie. Wszystkie zarejestrowane powtórzenia były analizowane osobno. Rozmieszczenie oraz nazewnictwo markerów przedstawione zostało w tabeli 3.1.

**Tabela 3.1**

*Rozmieszczenie oraz nazewnictwo markerów zgodnie z zaleceniami systemu VICON.*

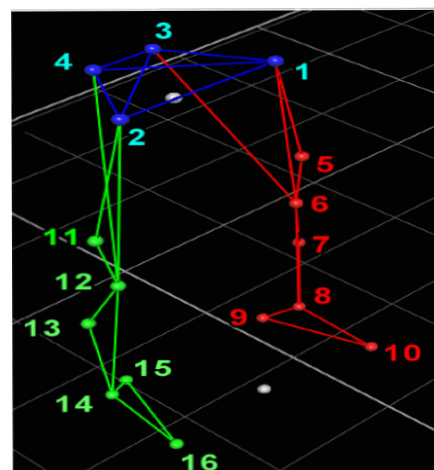
Lp.	Nazwa markera	Umieszczenie markera
1	LFDH	Lewa skroń
2	RFDH	Prawa skroń
3	LBHD	Nad lewym uchem
4	RBHD	Nad prawym uchem
5	C7	7 kręgosłupowy szyjny
6	T10	10 kręgosłupowy piersiowy
7	CLAV	Obojczyk
8	STRN	Koniec mostka
9	RBAK	Prawa łopatkę
10	LSHO	Koniec barkowy obojczyka lewego
11	LUPA	½ odległości pomiędzy LSHO a LELB
12	LELB	Koniec kości ramiennej lewej
13	LFMR	½ odległości pomiędzy LELB a LWRB
14	LWRA	Zakończenie lewej kości promieniowej
15	LWRB	Zakończenie lewej kości łokciowej



**Rycina 3.1**

*Graficzne rozmieszczenie markerów w górnej części ciała.*

16	LFIN	Pod środkowym palcem dłoni lewej
17	RSHO	Koniec barkowy obojczyka prawego
18	RUPA	½ odległości pomiędzy RSHO a RELB
19	RELB	Koniec kości ramiennej prawej
20	RFRM	½ odległości pomiędzy RELB a RWRB
21	RWRA	Zakończenie prawej kości promieniowej
22	RWRB	Zakończenie prawej kości łokciowej
23	RFIN	Pod środkowym palcem dłoni prawej
<b>24</b>		
24	LASI	Kolec biodrowy przedni górny lewy
25	RASI	Kolec biodrowy przedni górny prawy
26	LPSI	Kolec biodrowy tylni górny lewy
27	RPSI	Kolec biodrowy tylni górny prawy
28	LTHI	1/3 odległości pomiędzy LASI a LKNE
29	LKNE	Kłykiec boczny lewej kości udowej
30	LTIB	½ odległości pomiędzy LKNE a LANK
31	LANK	Kostka nogi lewej
32	LHEE	Lewa pięta
33	LTOE	Pod drugim palcem lewej stopy
34	RTHI	1/3 odległości pomiędzy RASI a RKNE
35	RKNE	Kłykiec boczny prawej kości udowej
36	RTIB	½ odległości pomiędzy RKNE a RANK
37	RANK	Kostka nogi prawej
38	RHEE	Prawa pięta
39	RTOE	Pod drugim palcem prawej stopy



**Rycina 3.2**  
*Graficzne rozmieszczenie markerów w dolnej części ciała.*

### 3.3. Metody analizy statystycznej

Poprzez naklejone markery na ciele badanych, dokonano rejestracji parametrów kinematycznych optoelektronicznym systemem VICON. Dzięki temu zaobserwowano wszystkie siedem prób testu FMS. Pozyskane dane zostały zgromadzone w plikach o formatach przemysłowych c3d oraz w postaci baz danych w formacie programu Excel. Dla wyliczenia zmiennych wartościujących, stworzono skrypty w programie MATLAB, konieczne do analizy zgodnie z wytycznymi protokołu FMS. Na podstawie przebiegów czasowych parametrów kinematycznych oraz kryteriów oceny prób testu FMS, stworzono zmienne wartościujące poziom wykonania próby w trzech kategoriach:

- a. wartości ekstremalne analizowanych zmiennych [E]
- b. wartości średnie analizowanych zmiennych [M]
- c. wartości w wybranych chwilach czasowych analizowanych zmiennych [P]

Następnie dokonano matematycznej oraz logicznej redukcji wartości analizowanych zmiennych E, M, P poprzez zastosowanie dwustronnego testu Grubbsa. Kolejno dokonano analizy struktury kryteriów oceny opisujących sposób wykonania ćwiczenia w teście FMS poprzez analizę czynnikową PCA. W celu określenia rozkładu danych wykorzystano test Lilleforsa. W przypadku rozkładu niezgodnego z normalnym przeprowadzono analizy nieparametryczne z zastosowaniem testu Kruskala - Wallisa. Weryfikacja rzetelności zaproponowanych wskaźników przeprowadzona została przez wyliczenie ICC. Optymalny punkt odcięcia uzyskano poprzez zastosowanie krzywej ROC oraz indeksu Youdena. Poziom istotności statystycznej został przyjęty dla wartości  $p < 0,05$ . Wszystkie wymienione testowe procedury statystyczne wykonane zostały w pakiecie STATISTICA v. 7.1.

### 3.3.1. Proponowane kryteria do zobiektywizowanej oceny w teście

Dla każdego kryterium wzorca ruchu testu FMS została przypisana wielkość fizyczna. Następnie wartości zostały znormalizowane do kąta prostego lub do parametrów antropometrycznych, aby można było dokonać porównań międzyosobniczych. Na podstawie danych z optoelektronicznego systemu Vicon, określono algorytm wyliczania zmiennej. Zaproponowano również algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca ruchu. Szczegółowe dane zostały przedstawione w tabeli 3.1.

**Tabela 3.1**

*Kryteria ruchu oraz algorytmy wyliczania zmiennych.*

1. „Deep squat”			
Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa
Równoległe ułożenie tułowia względem podudzi	Kąt osi wyznaczonej przez marker C7 i punkt środkowy pomiędzy markerami LPSI i RPSI względem poziomu; Kąt względem poziomu osi wyznaczonej markerami LANK i LKNE (strona lewa) oraz RANK i RKNE (strona prawa)	Miara = moduł różnicy wartości kątów	W1ds
Osiowość kończyn	Rzut LKNE nad LANK i RKNE nad RANK	Miara = moduł różnicy współrzędnych	W2ds
Rzut pionowy drążka nie może wysunąć się poza stopę w płaszczyźnie strzałkowej	Współrzędna AP (strzałkowa) markera teoretycznego „środek drążka”- RFIN i LFIN, odcinek utworzony przez współrzędne AP (strzałkowa) markera RHEE i LHEE oraz markera RTOE i LTOE.	Miara = moduł różnicy współrzędnej od skrajnego markera. Jeśli rzut pionowy „środku drążka” padł na wskazany odcinek – wartość błędu = 0.	W3ds
Udo poniżej poziomu kolan	Współrzędna pionowa markera teoretycznego „oś stawu biodrowego” RHJC i LHJC oraz „oś stawu kolanowego” RKJC i LKJC	Miara = różnica wartości współrzędnych Jeśli wartość różnicy jest ujemna to miara błędu = 0	W4ds
Równoległość drążka względem podłoża	Współrzędne pionowe markerów RFIN oraz LFIN	Miara = moduł różnicy współrzędnych	W5ds
Ruch stopy w trakcie próby	Ruch odcinków utworzonych przez współrzędne markera RHEE i LHEE oraz współrzędne markera RTOE i LTOE względem osi pionowej	Miara = moduł kąta ruchu obrotowego	W6ds

Unoszenie pięt nad podłogą	Ruch markerów RHEE i LHEE	Miara = różnica wartości min - max	W7ds
Ruchy obrotowe głowy w przestrzeni	Współrzędne markerów RBHD, LBHD i RFHD	Miara = zmiana kąta bezwzględnego w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej i poprzecznej	W8ds
Ruch w stawie łokciowym	Odcinki pomiędzy RFIN a RSHO oraz LFIN a LSHO	Miara = wartość skrócenia znormalizowanego odcinka	W9ds

## 2. „Hurdle step”

Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa
Równoległość drążka względem podłoża	Współrzędne pionowe markerów RFIN LFIN	Miara = moduł różnicy współrzędnych	W1hs
Kąt pochylenia tułowia	Kąt względem pionu osi wyznaczonej przez marker C7 i punkt środkowy pomiędzy markerami LPSI i RPSI; płaszczyzna AP	Miara = kąt w płaszczyźnie strzałkowej	W2hs
Osiowość kończyny przenoszonej	Różnica współrzędnej ML markera teoretycznego „oś stawu biodrowego” – RHJC/LHJC oraz „oś stawu kolanowego” – RKJC/LKJC i „oś stawu skokowego”- RAJC/LAJC. Osobno dla stawów skokowych - biodrowych oraz kolanowych - biodrowych	Miara = moduł różnicy współrzędnych	W3hs (kostka) W4hs (kolano)
Ruchy obrotowe głowy w przestrzeni	Współrzędne markerów RBHD LBHD i RFHD	Miara = zmiana kąta bezwzględnego w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej oraz poprzecznej	W5hs

3. "In line lunge"			
Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa
Ustawienie drążka przy plecach	Kąt pomiędzy osią drążka - RFIN i LFIN a osią długą tułowia- marker C7 i punkt środkowy pomiędzy markerami LPSI i RPSI w płaszczyźnie strzałkowej (AP)	Miara = zmiana kąta	W1IIL
Pionowe ustawienie drążka	Kąt pochylenia drążka względem pionu- RFIN i LFIN, płaszczyzna ML Kąt pochylenia drążka względem pionu - RFIN i LFIN, płaszczyzna AP	Miara = zmiana kąta	W2IIL (ML) W3IIL (AP)
Ruchy stóp w płaszczyźnie poprzecznej	Kąt osi długiej stopy – LHEE i LTOE oraz RHEE i RTOE względem pozycji wyjściowej	Miara = zmiana kąta	W4IIL (wykroczna) W5IIL (zakroczna)
Dotknięcie kolanem podłoża	Współrzędna pionowa osi stawu kolanowego - RKJC lub LKJC względem wysokości pięty - LHEE lub RHEE kończyny wykrocznej	Miara = moduł różnicy współrzędnych	W6IIL
Utrzymanie pozycji ciała	Odległość rzutu OSC w ML od linii między stopami – LTOE/RTOE w pozycji wyjściowej	Miara = moduł różnicy odległości punktu od linii	W7IIL

4. "Shoulder Mobility"			
Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa
Odległość dłoni	Odległość pionowa pomiędzy nadgarstkami (LWRB - RWRA lub LWRA – RWRB)	Miara = odległość znormalizowana długością kończyny górnej	W1sm

5. „Active Leg Straight Raise”			
Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa



Utrzymanie stopy w neutralnej pozycji	Kąt w stawie skokowym wyznaczany przez system Vicon	Miara = zmiana kąta w stawie skokowym	W1lr
Utrzymanie wyprostowanej kończyny	Kąt w stawie kolanowym kończyny unoszonej oraz kąt w stawie kolanowym kończyny leżącej wyznaczane przez system Vicon	Miara = różnica względem 180 stopni	W2lr –staw kolanowy kończyna unoszona W3lr –staw kolanowy kończyna leżąca
Rzut kostki przyśrodkowej	Odległość rzutu stawu skokowego – RAJC lub LAJC kończyny unoszonej względem długości uda kończyny leżącej ½ odległości RASI lub LASI do RKJC lub LKJC	Miara = rzut stawu skokowego pada bliżej RAJC niż połowa długości uda = 0	W4lr
Brak ruchu kostki kończyny leżącej	Współrzędna pionowa stawu skokowego - RAJC lub LAJC kończyny leżącej	Miara = zmiana wartości początkowej	W5lr

6. "Push up"			
Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa
Pozycja wyjściowa	Położenie dłoni - RWRA i RWRB oraz LWRA i LWRB względem głowy – RBHD, LBHD i RFHD w osi długiej ciała	Miara = odległość markerów Jeśli dłonie „powyżej” głowy = 0 Jeśli poniżej = błąd	W1pu
Wyprost kończyn górnych	Odcinki pomiędzy RFIN a RSHO oraz LFIN a LSHO na końcu ruchu względem tych odcinków w pozycji z testu „deep squat” lub z pozycji referencyjnej „T”	Miara = różnica współrzędnych	W2pu
Płynność ruchu	Prędkość kątowa w AP ciała - linii staw barkowy - RSHO i LSHO, staw skokowy - RAJC i LAJC względem poziomu	Miara = współczynnik zmienności prędkości	W3pu
Osiowość ciała	Odległości stawów kolanowych – RKJC i LKJC oraz biodrowych – RHJC i LKJC od linii staw barkowy - RSHO i LSHO, staw skokowy – RAJC i LAJC	Miara = różnica współrzędnych	W4pu (kolano) W5pu (biodro)

7. „Trunk stability”			
Kryterium wzorca ruchu	Algorytm wyliczania zmiennej	Algorytm wyznaczania wartości miary odstępstwa od wzorca	Nazwa
Dotknięcie kolana łokciem	Współrzędna markerów na st. łokciowym - RELB lub LELB i osi stawu kolanowego - RKJC lub LKJC.	Miara = odległość w przestrzeni trójwymiarowej pomiędzy markerami	W1rs
Osiowość kończyn	Współrzędna pionowa markerów na kończynie górnej - RWRA i RSHO lub LWRA i LSHO oraz markerów na kończynie dolnej – RAJC i RHJC lub LAJC	Miara = RWRA/LWRA niżej niż RSHO/LSHO lub AJC niżej niż HJC oraz różnica pomiędzy wartością 180 stopni a wartością kąta w stawie kolanowym/łokciowym	W2rs uniesienie kończyny górnej W3rs uniesienie kończyny dolnej W6rs kąt w stawie kolanowym W7rs kąt w stawie łokciowym
Rotacja tułowia	Kąt pomiędzy osiami obręczy biodrowej - RHLC i LHJC i barkowej - RSHO i LSHO w płaszczyźnie poprzecznej	Miara = wartość kątowa	W4rs1s
Rzut OSC na podłoże jak najbliżej osi	Odległość rzutu OSC od linii prawa dłoń – RWRA, lewy st. kolanowy - LKJC lub lewa dłoń – LWRA, prawy st. kolanowy - RKJC	Miara = odległość od rzutu OSC dwuwymiarowa, na płaszczyźnie podparcia	W5rs1s

Markery teoretyczne wskazujące osie obrotu stawów są wyznaczane zgodnie z algorytmami systemu VICON-PlugInGait. Poniżej przedstawione zostały markery teoretyczne użyte w badaniach:

- RKJC/LKJC - oś obrotu stawu kolanowy prawego/lewego,
- RAJC/LAJC - oś obrotu stawu skokowy prawego/lewego,
- RHJC/LHJC - oś obrotu staw biodrowy prawego/lewego,
- Środek drążka - w celu uniknięcia wprowadzania dodatkowych markerów spoza oryginalnego modelu, położenia drążka zostało określone za pomocą markerów umieszczonych na dłoni RFIN i LFIN. To współrzędne tych markerów posłużyły jako rzut na stopę i weryfikację czy ich położenie wychodzi poza wskazany obszar stopy w próbie „**deep squat**”.

## 4. Wyniki badań

Analiza wyników badań została przedstawiona dla obu wskaźników, dla których przeprowadzane były pomiary oraz obliczenia. Dla każdego z nich określono metodę tworzenia oraz rzetelność. Następnie przeprowadzono ocenę jakości klasyfikatora i zaproponowano optymalne punkty odcięcia. Jako kryterium wzorca ruchu określono sposób oceny każdego zadania ruchowego w teście FMS. Poprzez wartości ekstremalne (E), średnie (M) i w wybranych chwilach czasowych (P), określono przebieg czasowych parametrów kinematycznych, różnicujących poziom wykonania próby, na podstawie opisowych wytycznych zgodnych z protokołem FMS.

### 4.1. Analiza struktury testu FMS

Oceny kryteriów, opisujących sposób wykonania ćwiczenia, dokonano poprzez analizę czynnikową PCA. Analiza ta została wykonana w celu zweryfikowania struktury testu FMS. W próbie „**deep squat**” wyodrębniono 9 czynników. Jest to zgodne z liczbą kryteriów ruchu uwzględnionych w próbie. Wszystkie kryteria, niezależnie od przebiegów czasowych parametrów kinematycznych, wchodziły w skład innego czynnika. Szczegółowe wyniki analizy czynnikowej przedstawiono w tabeli 4.1. Nazwy wszystkich zmiennych zostały przedstawione w załączniku 1.

Tabela 4.1

## Struktura wyników testu „deep squat”.

Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4	Czynnik 5	Czynnik 6	Czynnik 7	Czynnik 8	Czynnik 9
W2dsR_E	0,054	-0,810	0,106	0,059	-0,211	0,133	-0,041	0,041	0,152
W2dsR_M	-0,035	-0,773	0,014	-0,009	-0,140	0,001	-0,156	0,148	0,227
W2dsL_E	-0,109	-0,874	0,112	-0,091	-0,018	0,156	-0,049	-0,022	0,022
W2dsL_M	-0,139	-0,853	0,027	-0,127	-0,016	0,051	-0,109	-0,052	0,032
W3dsR_M	0,868	-0,029	0,042	0,104	0,005	0,147	0,142	0,053	-0,062
W3dsR_P	0,779	0,096	0,038	0,187	0,055	0,073	0,403	-0,116	0,142
W3dsL_M	0,862	-0,024	0,036	0,124	0,035	0,182	0,158	0,058	-0,178
W3dsL_P	0,757	0,092	0,055	0,209	0,098	0,055	0,426	-0,082	0,111
W4dsR_P	0,019	0,227	0,019	0,030	0,029	-0,073	-0,063	0,060	-0,907
W4dsL_P	-0,033	0,041	-0,021	0,050	0,026	-0,038	-0,135	0,043	-0,910
W5ds_E	0,195	0,120	0,061	0,033	0,816	0,135	-0,025	0,202	-0,158
W5ds_M	0,146	0,101	0,019	-0,035	0,919	0,077	0,010	0,088	-0,075
W5ds_P	-0,019	0,060	-0,003	0,021	0,821	0,047	0,113	-0,010	0,171
W7dsR_E	0,077	-0,024	0,880	0,080	0,092	0,047	0,017	0,130	0,019
W7dsR_M	0,034	-0,036	0,956	-0,003	-0,025	-0,012	0,004	0,072	-0,056
W7dsL_E	0,009	-0,093	0,833	0,036	0,067	0,247	0,046	0,042	0,059
W7dsL_M	0,039	-0,066	0,929	-0,016	-0,034	0,039	0,035	-0,018	0,009
W9dsR_E	0,046	0,110	-0,023	0,498	0,148	0,074	0,371	0,012	-0,162
W9dsR_M	0,159	0,082	-0,003	0,925	-0,018	0,048	0,010	0,116	-0,028
W9dsL_E	0,127	0,034	0,050	0,933	0,032	0,110	-0,033	0,039	-0,007
W9dsL_M	0,108	0,007	0,024	0,955	-0,024	0,080	-0,048	0,042	-0,025
W1dsR_P	0,287	0,141	0,085	-0,078	0,033	-0,059	0,812	0,081	0,152
W1dsL_P	0,282	0,171	0,039	-0,049	0,036	-0,026	0,823	0,060	0,118
W6dsR_E	0,145	-0,079	0,186	0,078	-0,026	0,883	-0,095	0,060	0,023
W6dsR_M	0,124	-0,061	0,043	0,069	-0,086	0,869	-0,135	0,056	0,038
W6dsL_E	0,032	-0,086	0,058	0,083	0,192	0,880	0,078	0,050	0,041
W6dsL_M	0,068	-0,079	-0,010	0,079	0,173	0,883	0,094	0,024	0,030
W8dsTR_E	-0,080	0,053	0,026	0,220	0,091	0,040	0,188	0,789	-0,083
W8dsTR_M	-0,096	-0,076	-0,023	0,129	0,065	0,075	0,228	0,844	-0,006
W8dsAP_E	0,674	0,217	0,049	0,118	0,321	0,044	-0,249	0,289	0,100
W8dsAP_M	0,651	0,213	0,055	0,027	0,309	-0,061	-0,305	0,230	0,094
W8dsML_E	0,319	-0,042	0,214	-0,015	0,107	0,079	-0,235	0,761	-0,050
W8dsML_M	0,314	-0,022	0,269	-0,080	0,169	0,076	-0,294	0,636	-0,068

Oceniając strukturę próby „hurdle step”, w analizie czynnikowej wyodrębniono 4 czynniki. Jest to również liczba odpowiadająca liczbie kryteriów ruchu pomimo, że próba ta ma 5 zmiennych. Dwie z nich, W3hs oraz W4hs wchodzi w skład jednego kryterium osiowości kończyn. Zmienne te mieszczą się w 2 czynnikach, osobno dla lewej i dla prawej strony ciała. Zmienne W1hs nie zostały uwzględnione dla żadnego z czynników, natomiast W2hs i W5hs zostały zlokalizowane osobno. Szczegółowe wyniki analizy czynnikowej przedstawiono w tabeli 4.2.

Tabela 4.2

Struktura wyników testu „hurdle step”.

Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4
W1hsR_E	0,128	-0,069	0,648	0,282
W1hsR_M	0,164	-0,091	0,555	0,083
W1hsR_P	0,208	-0,054	0,503	0,137
W1hsL_E	0,386	0,433	-0,203	0,151
W1hsL_M	0,274	0,207	-0,330	0,202
W1hsL_P	0,018	0,229	-0,381	0,293
W2hsR_E	0,250	-0,037	0,715	0,031
W2hsR_M	0,271	-0,131	0,679	0,023
W2hsR_P	0,407	-0,313	0,118	0,319
W2hsL_E	0,255	0,320	0,366	0,146
W2hsL_M	0,447	0,121	0,234	0,200
W2hsL_P	0,646	-0,207	-0,066	0,124
W3hsR_E	0,172	-0,044	0,128	0,851
W3hsR_M	0,136	-0,068	0,115	0,861
W3hsR_P	0,148	0,022	-0,012	0,857
W3hsL_E	0,703	0,386	0,153	0,135
W3hsL_M	0,671	0,150	0,240	0,177
W3hsL_P	0,453	0,323	0,039	0,400
W4hsR_E	0,174	0,148	0,126	0,866
W4hsR_M	0,056	0,093	0,133	0,876
W4hsR_P	0,116	0,186	-0,039	0,836
W4hsL_E	0,845	0,126	0,028	0,210
W4hsL_M	0,810	-0,008	0,176	0,179
W4hsL_P	0,686	-0,010	-0,098	0,353
W5hsPopP_E	-0,271	0,383	0,430	-0,020
W5hsPopP_M	-0,300	0,559	0,465	0,158
W5hsPopP_P	-0,388	0,548	0,283	0,084
W5hsPopL_E	0,077	0,597	0,123	0,260
W5hsPopL_M	0,007	0,630	0,075	0,330
W5hsPopL_P	-0,024	0,628	0,001	0,210
W5hsAPP_E	0,271	0,330	0,302	0,102
W5hsAPP_M	0,288	0,305	0,210	-0,016
W5hsAPP_P	0,249	0,259	0,185	-0,012
W5hsAPL_E	0,179	0,657	-0,008	-0,037
W5hsAPL_M	0,158	0,666	-0,058	-0,031
W5hsAPL_P	0,099	0,550	-0,077	-0,092
W5hsMLP_E	-0,073	0,084	0,680	0,227
W5hsMLP_M	-0,087	0,183	0,590	0,257
W5hsMLP_P	0,048	0,088	0,472	0,285
W5hsMLL_E	0,202	0,807	-0,074	0,070
W5hsMLL_M	0,103	0,730	-0,047	0,055
W5hsMLL_P	-0,041	0,593	-0,071	-0,081

Pięć kryteriów ruchu zaproponowanych do oceny próby „in line lunge” jest bezpośrednio związane z propozycją 5 czynników w analizie czynnikowej. Kryteria W5IIL, W2IIL oraz W4IIL wchodzi w skład różnych czynników. Do pierwszego z nich zalicza się zmienne lewej strony ciała odpowiadające za ustawienie drążka przy plecach oraz pionowe ustawienie drążka w płaszczyźnie strzałkowej. Są to kryteria ruchu ściśle ze sobą powiązane. Analogicznie czynnik czwarty odpowiada za prawostronną ocenę tych kryteriów. Szczegółowe wyniki analizy czynnikowej przedstawiono w tabeli 4.3.

**Tabela 4.3**

*Struktura wyników testu „in line lunge”.*

Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4	Czynnik 5
W1IIR_E	0,015	0,007	0,870	0,028	-0,208
W1IIR_M	0,004	-0,000	0,884	0,056	-0,193
W1IIR_P	0,028	0,024	0,866	0,081	-0,217
W1IIL_E	0,844	-0,029	0,017	0,344	-0,027
W1IIL_M	0,839	-0,058	0,016	0,368	0,015
W1IIL_P	0,838	-0,014	0,047	0,379	-0,006
W2IIR_E	-0,162	0,080	0,003	-0,834	0,065
W2IIR_M	-0,159	-0,013	-0,095	-0,885	0,034
W2IIR_P	-0,169	0,017	-0,077	-0,852	0,114
W2IIL_E	0,013	0,438	0,007	-0,555	-0,390
W2IIL_M	-0,020	0,467	-0,127	-0,626	-0,442
W2IIL_P	0,055	0,512	-0,255	-0,529	-0,392
W3IIR_E	0,216	0,103	0,711	0,030	0,420
W3IIR_M	0,217	0,042	0,650	0,066	0,450
W3IIR_P	0,204	0,194	0,508	0,067	0,350
W3IIL_E	0,831	-0,143	0,154	-0,105	0,256
W3IIL_M	0,845	-0,218	0,071	-0,153	0,201
W3IIL_P	0,683	-0,139	0,069	-0,293	0,043
W4IIR_E	0,140	0,198	-0,129	0,060	0,774
W4IIR_M	0,193	0,155	-0,218	-0,067	0,758
W4IIR_P	0,185	0,163	-0,183	-0,031	0,727
W4IIL_E	0,201	0,330	0,323	0,048	0,282
W4IIL_M	0,140	0,330	0,378	0,172	0,291
W4IIL_P	0,082	0,304	0,356	0,172	0,336
W5IIP_E	-0,105	0,724	-0,056	-0,162	0,347
W5IIP_M	-0,079	0,727	-0,042	-0,144	0,260
W5IIP_P	-0,078	0,705	-0,037	-0,208	0,380
W5IIL_E	-0,116	0,892	0,096	0,015	-0,001
W5IIL_M	-0,102	0,858	0,124	0,004	-0,032
W5IIL_P	-0,138	0,883	0,080	0,012	0,030
W6IIP_P	-0,007	-0,091	-0,104	0,233	0,243
W6IIL_P	-0,001	0,208	-0,081	0,488	0,064
W7IIP_P	-0,082	-0,088	0,038	-0,035	0,410
W7IIL_P	0,152	-0,310	0,241	-0,102	0,195

W próbie „**active straight leg raise**” dwie zmienne odpowiadające za jedno kryterium ruchu okazały się należeć do wspólnego czynnika. Są to zmienne W2lrL oraz W3lrP odnoszące się do utrzymania wyprostowanej kończyny dolnej podczas wykonywania ruchu. W tym kontekście są to przeciwległe strony ciała co bezpośrednio związane jest z kryterium, oceniającym kończynę unoszoną i przeciwległą kończynę leżącą. Pozostałe kryteria ruchu należą do różnych czynników. Szczegółowe wyniki analizy czynnikowej przedstawiono w tabeli 4.4.

**Tabela 4.4**

*Struktura wyników testu „active straight leg raise”.*

Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4
W1lrR_E	-0,830	-0,022	0,020	0,201
W1lrR_M	<b>-0,886</b>	-0,031	0,040	0,139
W1lrR_P	<b>-0,873</b>	0,051	-0,005	0,270
W1lrL_E	<b>-0,909</b>	-0,001	-0,016	-0,028
W1lrL_M	<b>-0,946</b>	-0,062	-0,046	-0,025
W1lrL_P	<b>-0,916</b>	-0,114	-0,066	0,087
W2lrR_E	0,223	<b>0,760</b>	0,217	0,162
W2lrR_M	0,214	<b>0,818</b>	0,062	-0,024
W2lrR_P	0,268	<b>0,741</b>	0,265	0,120
W2lrL_E	0,098	0,051	<b>0,923</b>	0,187
W2lrL_M	0,044	0,098	<b>0,835</b>	0,078
W2lrL_P	0,026	0,110	<b>0,856</b>	0,215
W3hsR_E	-0,187	-0,108	0,191	<b>0,838</b>
W3hsR_M	-0,241	-0,113	0,170	<b>0,806</b>
W3hsR_P	-0,222	-0,019	0,135	<b>0,816</b>
W3lrL_E	-0,158	<b>0,818</b>	-0,056	-0,136
W3lrL_M	-0,076	<b>0,846</b>	-0,088	-0,154
W3lrL_P	-0,109	<b>0,802</b>	-0,058	-0,099
W4lrR_P	0,041	0,022	0,185	-0,411
W4lrL_P	0,180	0,169	-0,044	-0,220
W5lrP_E	0,199	-0,166	0,029	0,151
W5lrP_M	0,231	-0,108	-0,021	0,101
W5lrL_E	0,177	0,250	-0,567	0,442
W5lrL_M	0,211	0,215	-0,550	0,439

W próbie „**push up**” trzy z czterech czynników odnoszą się do osobnych kryteriów ruchu. Jedynie czynnik trzeci opisuje równocześnie zmienną W1pu czyli pozycję wyjściową, w której ocenie podlega ułożenie dłoni względem głowy oraz zmienną W5pu (w czasowych parametrach kinematycznych w pozycji), opisujące odległość stawów biodrowych od linii stawów barkowych i skokowych. Szczegółowe wyniki analizy czynnikowej przedstawiono w tabeli 4.5.

**Tabela 4.5**

*Struktura wyników testu „push up”.*

Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4
W1puR_P	-0,084	-0,058	0,676	-0,461
W1puL_P	-0,109	-0,094	<b>0,707</b>	-0,415
W2puR_P	-0,032	-0,100	0,068	<b>0,798</b>
W2puL_P	-0,046	0,093	0,032	<b>0,757</b>
W3puR_E	0,274	<b>0,824</b>	0,051	0,021
W3puR_M	0,201	<b>0,857</b>	0,127	0,101
W3puL_E	0,175	<b>0,925</b>	-0,005	-0,068
W3puL_M	0,110	<b>0,817</b>	0,118	-0,027
W4puR_E	<b>0,827</b>	0,113	-0,136	0,106
W4puR_M	<b>0,763</b>	-0,235	-0,092	0,083
W4puR_P	0,226	-0,124	0,518	0,201
W4puL_E	<b>0,858</b>	0,269	-0,118	-0,031
W4puL_M	<b>0,833</b>	-0,032	-0,031	-0,055
W4puL_P	0,305	-0,005	0,679	0,082
W5puR_E	<b>0,804</b>	0,312	0,164	-0,075
W5puR_M	<b>0,839</b>	0,221	0,299	-0,035
W5puR_P	0,152	0,353	<b>0,739</b>	0,216
W5puL_E	<b>0,824</b>	0,287	0,170	0,005
W5puL_M	<b>0,841</b>	0,271	0,284	0,068
W5puL_P	0,146	0,461	<b>0,709</b>	0,333

Próba „**trunk stability**”, pomimo dużej liczby zmiennych, wprowadza 4 kryteria ruchu, co związane jest z czterema czynnikami w analizie PCA. Zmienne W2rs, opisujące osiowość kończyn górnych, wchodzi w skład pierwszego czynnika. Czwarty z czynników to zmienna W6rs dla parametrów kinematycznych charakteryzujących osiowość kończyn poprzez kąt w stawie kolanowym. W skład trzeciego czynnika wchodzi zaś zmienna opisująca osiowość kończyn dolnych. Czynnik drugi składa się natomiast z 2 kryteriów: rotacji tułowia oraz rzutu pionowego OSC. Szczegółowe wyniki analizy czynnikowej przedstawia tabela 4.6.



Tabela 4.6

Struktura wyników testu „trunk stability”.

Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4
W2rs1sR_E	0,824	0,001	0,219	0,066
W2rs1sR_M	0,853	-0,011	0,184	0,014
W2rs1sR_P	0,857	-0,014	0,176	0,005
W2rs1sL_E	0,835	0,051	-0,133	0,190
W2rs1sL_M	0,872	0,031	-0,127	0,130
W2rs1sL_P	0,871	0,027	-0,130	0,113
W1rs1sR_P	-0,142	0,245	0,093	-0,301
W1rs1sL_P	0,192	0,504	0,067	-0,065
W3rs1sR_E	-0,091	0,012	0,844	0,302
W3rs1sR_M	-0,126	-0,015	0,833	0,269
W3rs1sR_P	-0,143	-0,026	0,819	0,244
W3rs1sL_E	0,280	-0,008	0,696	-0,168
W3rs1sL_M	0,214	0,021	0,814	-0,203
W3rs1sL_P	0,191	0,022	0,825	-0,207
W4rs1sR_M	0,097	0,564	0,126	-0,074
W4rs1sR_E	-0,006	0,703	0,053	0,046
W4rs1sR_P	-0,010	-0,305	0,332	0,089
W4rs1sL_E	-0,234	0,651	-0,144	-0,047
W4rs1sL_M	-0,215	0,723	-0,157	0,145
W4rs1sL_P	-0,457	0,185	0,183	0,280
W5rs1sR_E	0,218	0,637	-0,009	-0,182
W5rs1sR_M	0,189	0,498	-0,030	-0,232
W5rs1sR_P	-0,055	-0,028	-0,217	-0,229
W5rs1sL_E	0,242	0,757	0,008	-0,111
W5rs1sL_M	0,128	0,750	0,015	0,049
W5rs1sL_P	-0,314	0,259	0,071	0,118
W6rs1sR_E	0,400	0,017	0,172	0,722
W6rs1sR_M	0,431	0,063	0,145	0,694
W6rs1sR_P	0,418	0,069	0,123	0,690
W6rs1sL_E	0,019	-0,051	0,016	0,736
W6rs1sL_M	0,002	-0,289	-0,054	0,569
W6rs1sL_P	0,003	-0,335	-0,101	0,481
W7rs1sR_E	0,504	0,385	0,263	0,446
W7rs1sR_M	0,597	0,483	0,191	0,245
W7rs1sR_P	0,599	0,478	0,166	0,207
W7rs1sL_E	0,450	0,099	-0,131	0,315
W7rs1sL_M	0,537	0,225	-0,171	0,217
W7rs1sL_P	0,541	0,235	-0,175	0,167

## 4.2. Propozycja wskaźnika „sprawności funkcjonalnej – błąd” (SFb)

Każde kryterium wzorca ruchu obliczono w taki sposób aby algorytm wyliczania zmiennej był powtarzalny niezależnie od parametrów antropometrycznych badanego. Wszystkie algorytmy znormalizowane zostały do wartości antropometrycznych np. długości kończyny, tułowia czy stopy lub do wartości kątowych. Odstępstwa od normy wyznaczonej przez kryterium ruchu, cechowały się wartością dodatnią, zaś prawidłowe wykonanie ruchu wartością zerową. Na tej podstawie zaproponowany został wskaźnik „sprawności funkcjonalnej - błąd” dla testu FMS. Został on określony za pomocą obliczenia wartości średniej z wyników wszystkich kryteriów wzorca ruchu we wszystkich próbach, włączając w nie wszystkie przebiegi czasowe parametrów kinematycznych oraz obie strony ciała podczas każdego z wykonywanych ćwiczeń. Wynik przedstawiany poprzez wskaźnik „SFb” odnosił się do procentowej wartości błędu w ocenie jakości ruchu w próbach. Następnie zweryfikowano rzetelność wskaźnika „SFb” oraz przeprowadzono jego szczegółową analizę.

Wzór tworzenia wskaźnika „SFb” :

$$SFb = \frac{1}{6n} \sum_{i=1}^n (W_iRE + W_iLE + W_iRM + W_iLM + W_iRP + W_iLP)$$

Gdzie:  $W_i$  – zmienna;

R/L – strona (prawa/lewa)

E/M/P – wartość zmiennej (ekstremalna/średnia/w pozycji)

### 4.2.1. Weryfikacja rzetelności wskaźnika

W celu określenia rzetelności wskaźnika „SFb”, użyto współczynnika korelacji wewnątrzklasowej ICC ang. *intraclass correlation*. W większości prób uzyskane wyniki były na poziomie dobrym, a w czterech próbach zanotowano wartości powyżej 0,8. Największą rzetelnością cechowała się próba „**shoulder mobility**”. Najniższy poziom rzetelności uzyskano w wynikach wskaźnika próby „**hurdle step**”. Analiza rzetelności we wszystkich próbach była istotna statystycznie. Szczegółowe wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1

Analiza rzetelności wskaźnika „SFb”.

ICC							
	DS	HS	ILL	SM	ASLR	PU	TS
Wskaźnik „SFb”	0,73	0,37	0,81	0,97	0,89	0,80	0,78
p	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

DS – “deep squat”; HS – “hurdle step”; ILL – “in line lunge”; SM – “shoulder mobility”; ASLR – “active straight leg raise”; PU – “push up”; TS – “trunk stability”; p – poziom istotności statystycznej

#### 4.2.2. Opis wartości oraz analiza wskaźnika „sprawności funkcjonalnej - błąd”

Wskaźnik „SFb” został scharakteryzowany na podstawie mediany oraz wartości minimalnych i maksymalnych wartości wskaźnika w poszczególnych próbach testu FMS. Zastosowanie powyższej miary skupienia związane było z rozkładem wyników odbiegających od normalnego i zastosowaniem testów nieparametrycznych. Spośród analizowanych danych, najwyższą wartością wskaźnika wyróżnia się próba „**shoulder mobility**”, jednakże jest ona specyficzna w ocenie, ponieważ jako jedyna posiada wyłącznie jedno kryterium ruchu, a sam wskaźnik jest z nim równoważny. Próbkami o najniższej wartości tej miary skupienia wskaźnika „SFb” są „**deep squat**” oraz „**hurdle step**”. Jest to równoznaczne z występującymi najmniejszymi błędami podczas wykonywania ruchu (tabela 5.2).

Tabela 5.2

Mediana, przedział ufności, wartości minimalne i maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach we wszystkich próbach testu FMS.

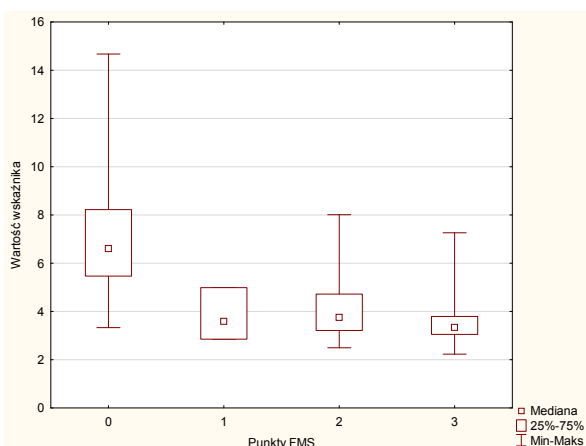
	DS	HS	ILL	ASLR	PU	SM	TS
MEDIANA	6,57	5,76	11,35	8,91	8,59	61,79	15,88
CI dolna granica	6,14	5,01	10,65	7,97	8,12	59,29	14,18
CI górna granica	6,92	6,00	11,93	9,53	9,05	67,11	16,82
MIN	2,23	1,66	6,81	3,50	2,49	47,14	7,78
MAX	14,67	12,06	17,26	17,34	19,42	85,50	27,12

DS – “deep squat”; HS – “hurdle step”; ILL – “in line lunge”; ASLR – “active straight leg raise”; PU – “push up”; SM – “shoulder mobility”; TS – “trunk stability”; CI – przedział ufności

### 4.2.2.1. Deep squat

W próbach „**deep squat**” oraz „**push up**” wprowadzono czwartą wartość rangową - zero, przyznawaną badanemu, który nie był w stanie poprawnie wykonać ćwiczenia w formie podstawowej. Wartość ta jest tylko kategorią a nie oceną w rozumieniu oceniania testem FMS. Zawodnik po wykonaniu próby w łatwiejszej formie otrzymał ocenę FMS od eksperta, która była zaliczona do średniej wartości grupy. W próbie „**deep squat**” ułatwieniem było ustawienie pięt na podstawie o wysokości 5 cm. Zgodnie z zaleceniami twórcy metody, w tym przypadku, maksymalną oceną, którą mógł otrzymać badany było dwa punkty.

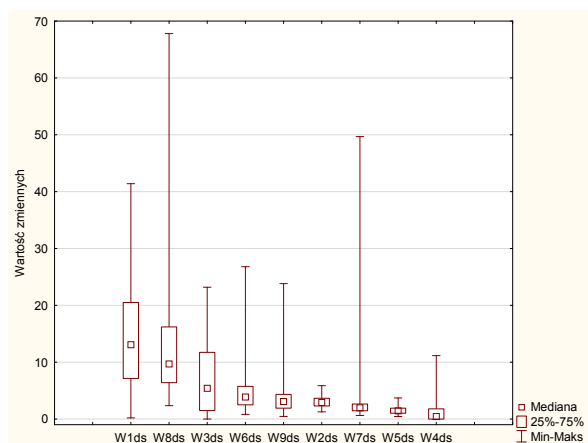
Mediana wskaźnika „SFb” uzyskana przez uczestników badania niepotrafiących poprawnie wykonać próby „**deep squat**” w wersji podstawowej wynosiła 6,61 a rozstęp międzykwartyłowy 5,50 - 8,21. Były to prawie dwukrotnie wyższe wartości od grupy badanych, którzy uzyskali maksymalną liczbę punktów FMS od eksperta. Powyższa cecha w tym przypadku wyniosła 3,34 a rozstęp międzykwartyłowy 3,05 - 3,77. Poziom błędu podczas wykonywania ruchu, określany na podstawie wskaźnika „SFb” był wyższy dla grupy uzyskującej dwa punkty o 0,12 (rycina 4.1).



**Rycina 4.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” w próbie „deep squat” wyrażone w procentach z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

Podczas analizy wskaźnika „SFb” warto również zwrócić uwagę na poszczególne zmienne kryteriów ruchu w próbach oraz ich wartości i wkład w poziom wskaźnika całej próby. Może być to praktyczna informacja dla ekspertów FMS, na które kryteria ruchu powinni zwrócić szczególną uwagę podczas oceniania. Mediana wskaźnika „SFb” dla całej próby „**deep squat**” wynosi 6,57. Najwyższe wartości na poziomie 13,05 oraz 9,70 uzyskano w zmiennych W1ds - równoległe ułożenie tułowia względem podudzi oraz W8ds - ruchy obrotowe głowy w przestrzeni. Jednakże najmniejsze błędy podczas ruchu a zatem najniższe wartości odnotowano w zmiennej W4ds - udo poniżej poziomu kolan (rycina 4.2)



**Rycina 4.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „deep squat”.*

Porównania wskaźnika „SFb” w grupach uzyskujących różną punktację testu FMS dokonano z wykorzystaniem testu nieparametrycznego Kruskala - Wallisa. Sprawdzone czy poziom błędu określony poprzez wskaźnik jest powiązany z wynikami uzyskanymi przez badanych w teście FMS. Wyniki w próbie „**deep squat**” potwierdziły istotną statystycznie różnicę wskaźnika pomiędzy grupami. Poziom  $p < 0,05$ , został odnotowany dla całej próby. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 6.1.

**Tabela 6.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „deep squat” w teście FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„DEEP SQUAT”</b>	0	67	8364,00	124,84	88,81	0,00
	1	3	162,00	54,00		
	2	61	3658,00	59,97		
	3	34	1511,00	44,44		

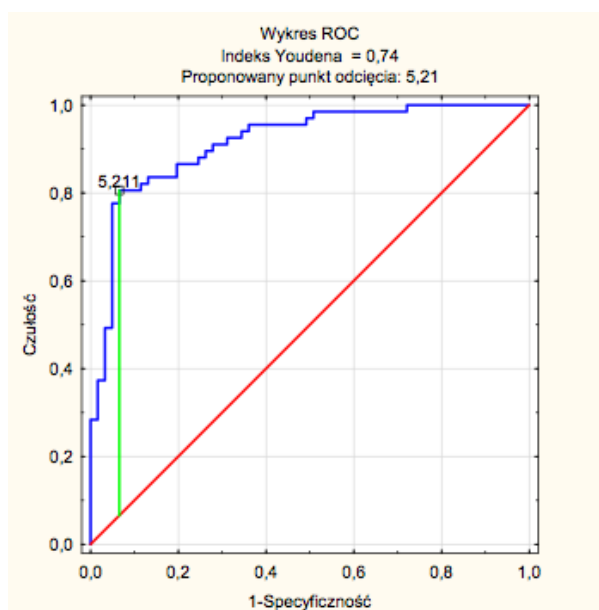
W celu sprawdzenia pomiędzy którymi grupami badanych występuje istotnie statystyczna różnica wartości wskaźnika „SFb” przeprowadzono test post - hoc dla prób istotnych statystycznie we wcześniejszej analizie. Wymagany poziom  $p < 0,05$  uzyskano w porównaniu grup uzyskujących zero - dwa punkty oraz zero - trzy punkty. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 6.2.

**Tabela 6.2**

*Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „deep squat” w teście FMS.*

	FMS	0	1	2	3
<b>“DEEP SQUAT”</b>	0		0,07	0,00	0,00
	1	0,07		1,00	1,00
	2	0,00	1,00		0,77
	3	0,00	1,00	0,77	

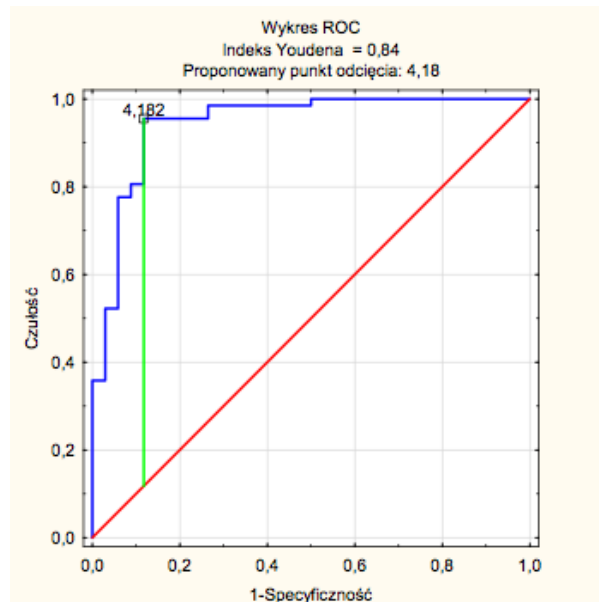
Statystycznie istotne różnice wartości wskaźnika „SFb” poszczególnych grup w analizie post - hoc, oceniono za pomocą krzywej ROC, nadając im punkt odcięcia różnicujący obie grupy poprzez uzyskane wartości wskaźnika. W próbie „**deep squat**” wartość oddzielająca punktację zero oraz dwa, wynosi 5,21. Indeks Youdena jest równy 0,74, zaś istotność statystyczna  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 4.3.



**Rycina 4.3**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „deep squat” dla punktacji 0 oraz 2.*

Rozgraniczając wartość wskaźnika „SFb” pomiędzy badanymi, którzy osiągnęli zero oraz trzy punkty w próbie „**deep squat**”, punkt odcięcia wynosi 4,18, Indeks Youdena 0,84 a poziom istotności  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 4.4.

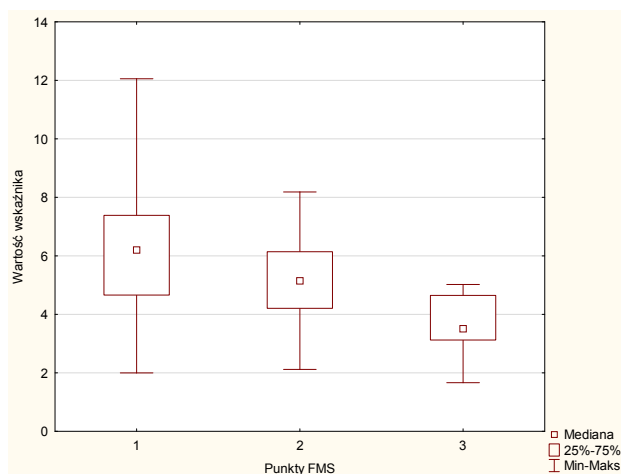


**Rycina 4.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „deep squat” dla punktacji 0 oraz 3.*

#### 4.2.2.2. Hurdle step

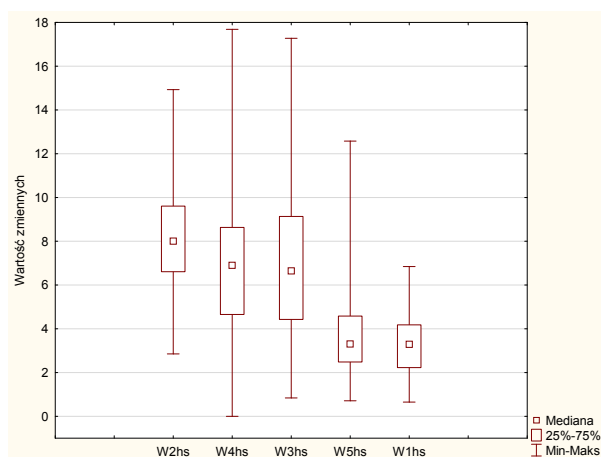
W próbie „**hurdle step**” wskaźnik „SFb” zmniejsza się wraz ze zwiększającą się liczbą punktów przyznawanych przez eksperta w teście FMS. Mediana badanych uzyskujących za powtórzenie jeden punkt wyniosła 5,92 a rozstęp międzykwartyłowy 4,74 – 7,35. Ten sam wskaźnik u badanych uzyskujących dwa punkty był na poziomie 5,14, natomiast u osób najlepiej wykonujących próbę wyniósł 3,51. Jest to kierunek zgodny z założeniami wskaźnika, gdzie wartość zero oznacza brak błędu, zaś coraz większe wartości dodatnie, wskazywały większy stopień błędu (rycina 5.1).



**Rycina 5.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „hurdle step” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

Próba „hurdle step” oceniona została na podstawie czterech kryteriów oceny ruchu, które składały się z pięciu zmiennych, zaś wartość mediany wskaźnika „SFb” dla całej próby wyniosła 5,76. Najwyższe wartości punktowe wskaźnika, a przez to największe błędy, badani popełniali w zmiennej W2hs opisującej kąt pochylenia tułowia a mediana tej zmiennej wyniosła 8,00. Natomiast najłatwiejszą zmienną do spełnienia, której ta sama cecha wyniosła 3,29 była W1hs odpowiadająca za równoległość drążka względem podłoża (rycina 5.2).



**Rycina 5.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „hurdle step”.*



Porównanie rozkładu wartości wskaźnika „SFb” pomiędzy grupami o różnej wartości punktowej w teście FMS była istotna statystycznie. Poziom błędu w wykonaniu ruchu znacząco różnił się u badanych uzyskujących odmienną wartość punktową od eksperta FMS. Szczegółowe wyniki analizy przedstawiono w tabeli 7.1.

**Tabela 7.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „hurdle step” w teście FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„HURDLE STEP”</b>	1	22	2351,00	106,86	19,54	<0,001
	2	128	10240,00	80,00		
	3	10	289,00	28,90		

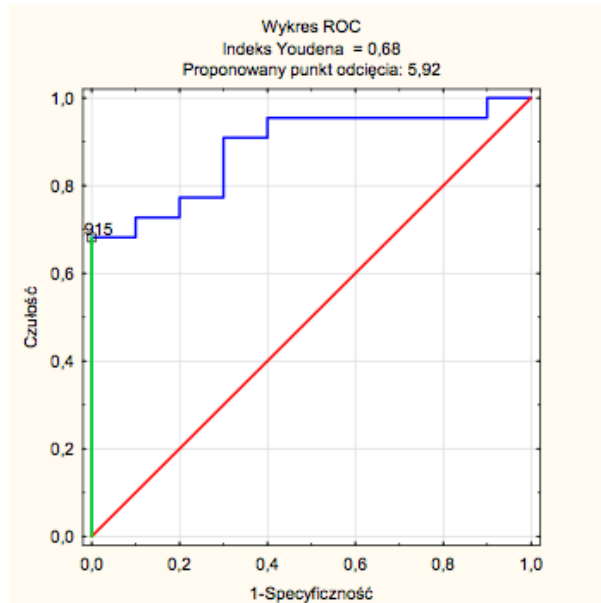
Wyniki analizy post – hoc w próbie „hurdle step” potwierdzają tezę, że różnica wartości wskaźnika „SFb” w tej próbie istotnie statystycznie różni się pomiędzy wszystkimi grupami. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 7.2.

**Tabela 7.2**

*Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „hurdle step” w teście FMS.*

	FMS	1	2	3
<b>„HURDLE STEP”</b>	1		0,04	0,00
	2	0,04		0,00
	3	0,00	0,00	

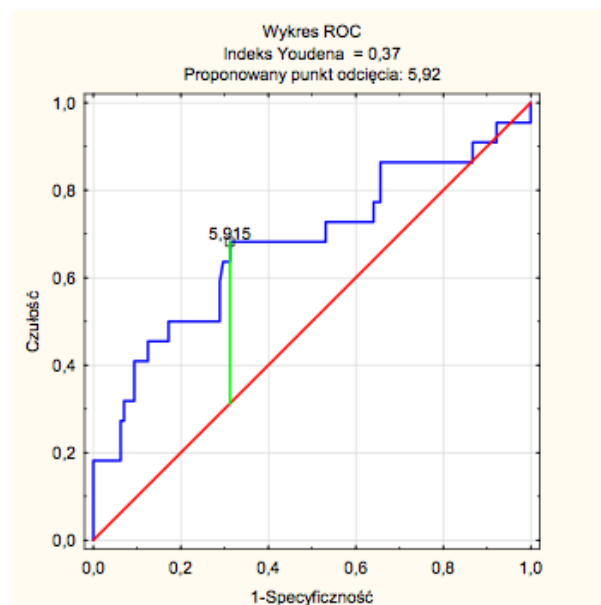
Porównując ze sobą grupy, w których badani uzyskali jeden lub dwa punkty w teście FMS, proponowany punkt odcięcia wartości wskaźnika „SFb” równy jest 5,92. Wynik Indeksu Youdena wynosi 0,68, a poziom istotności statystycznej  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 5.3.



**Rycina 5.3**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „hurdle step” dla punktacji 1 oraz 2.*

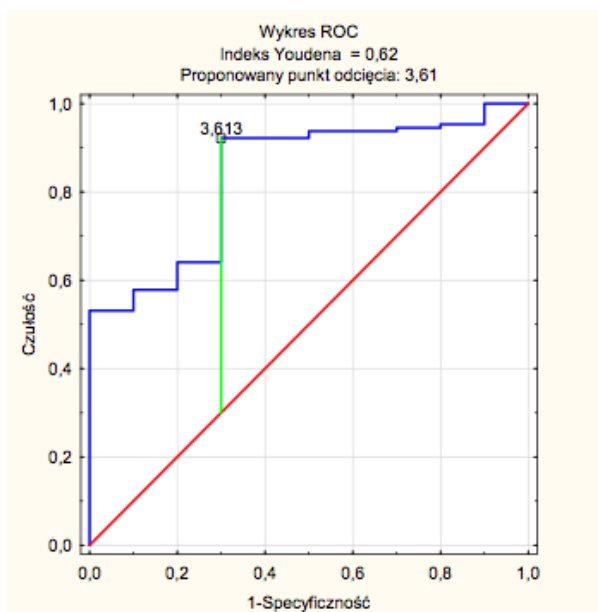
Rozróżniając poziom wskaźnika w próbie „hurdle step” pomiędzy uczestnikami badania, których rezultat testu FMS wynosił jeden lub trzy punkty, poziom odcięcia z krzywej ROC wynosi 5,92. Jest to identyczny poziom jak przy propozycji punktu odcięcia w grupach uzyskujących jeden lub dwa punkty w teście FMS. Jednakże w obu przypadkach zróżnicowany jest Indeks Youdena, który w poniższej analizie wynosi 0,37. Istotność statystyczna wykresu  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 5.4.



**Rycina 5.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „hurdle step” dla punktacji 1 oraz 3.*

Zestawiając ze sobą dwie najwyższe oceny próby „hurdle step” uzyskane w teście FMS, proponowany punkt odcięcia wskaźnika maleje do 3,61. Na wykresie krzywej ROC, Indeks Youdena wynosi 0,62 a poziom istotności  $p=0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 5.5.

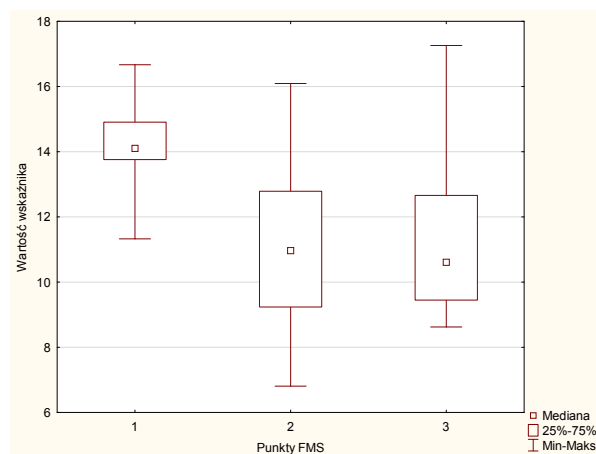


**Rycina 5.5**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „hurdle step” dla punktacji 2 oraz 3.*

#### 4.2.2.3. In line lunge

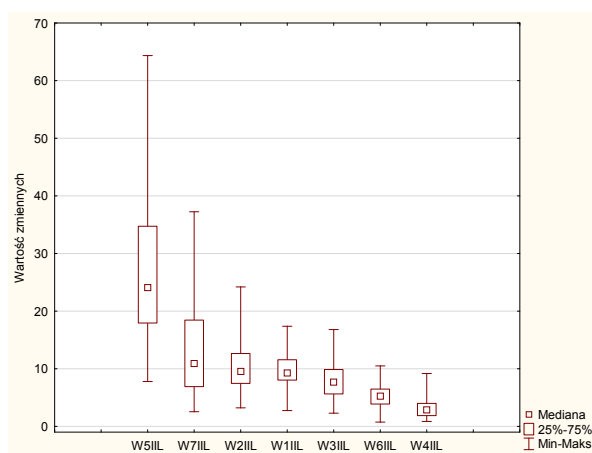
Medianę wskaźnika „SFb” w próbie „in line lunge” na poziomie 14,10 oraz rozstęp międzykwartyłowy 13,84 - 14,71 osiągnęli badani, którzy podczas wykonywania próby uzyskali najmniejszą wartość punktową. Wynik ten jest istotnie statystycznie wyższy od pozostałych grup. Jednocześnie nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic zachodzących pomiędzy badanymi z dwupunktowym oraz trzypunktowym rezultatem w teście FMS. Mediana wyniosła odpowiednio 10,96 oraz 10,61, a rozstęp międzykwartyłowy 9,25 - 12,76 oraz 9,58 - 12,49 (rycina 6.1).



**Rycina 6.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „in line lunge” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

Zwracając uwagę na poszczególne zmienne opisujące ruch w próbie „in line lunge”, najwyższy poziom mediany wynoszący 24,08 osiągnięto w W5IIL odpowiadającej za ruchy stóp w płaszczyźnie poprzecznej kończyny dolnej zakroczej. Jest to równoznaczne z występowaniem największych zaburzeń podczas ruchu. Najmniejszy wkład w całkowitą wartość wskaźnika tej próby miały zmienne W4IIL - ruchy stóp w płaszczyźnie poprzecznej kończyny dolnej wykroczej oraz W6IIL - dotknięcie kolanem podłoża, u których ta powyższa miara skupienia wyniosła odpowiednio 2,86 oraz 5,23. Pozostałe kryteria oscylowały w okolicy mediany wskaźnika dla całej próby wynoszącej 11,35 (rycina 6.2).



**Rycina 6.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „in line lunge”.*

W próbie „in line lunge” różnica wskaźnika „SFb” określająca poziom błędu w wykonaniu ruchu w grupach uzyskujących od eksperta różne wartości punktowe jest istotna statystycznie w całej próbie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawiono w tabeli 8.1.

**Tabela 8.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „in line lunge” w teście FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„IN LINE LUNGE”</b>	1	6	457,00	76,17	8,03	0,020
	2	66	2898,00	43,91		
	3	20	923,00	46,15		

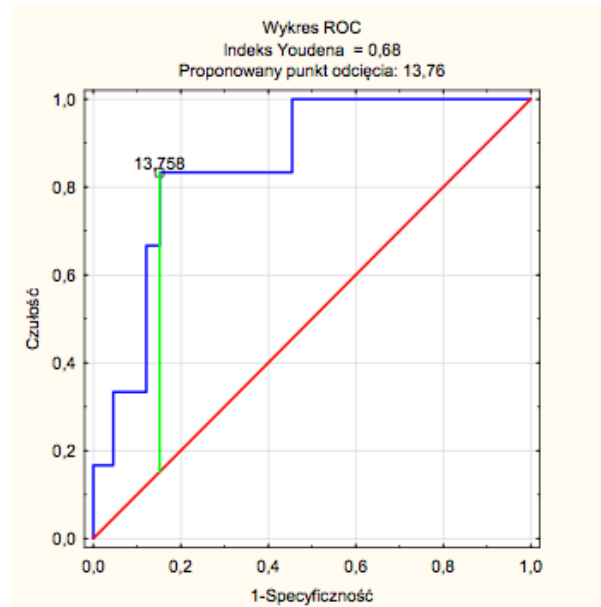
Wyniki analizy post-hoc opisują różnice wartości wskaźnika „SFb” pomiędzy grupami uzyskującymi dwa lub trzy punkty od eksperta FMS nie są istotne statystycznie. Natomiast porównanie poziomu wskaźnika obu tych zbiorów do grupy uzyskującej jeden punkt za wykonanie próby jest istotne statystycznie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 8.2.

**Tabela 8.2**

*Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „in line lunge” w teście FMS.*

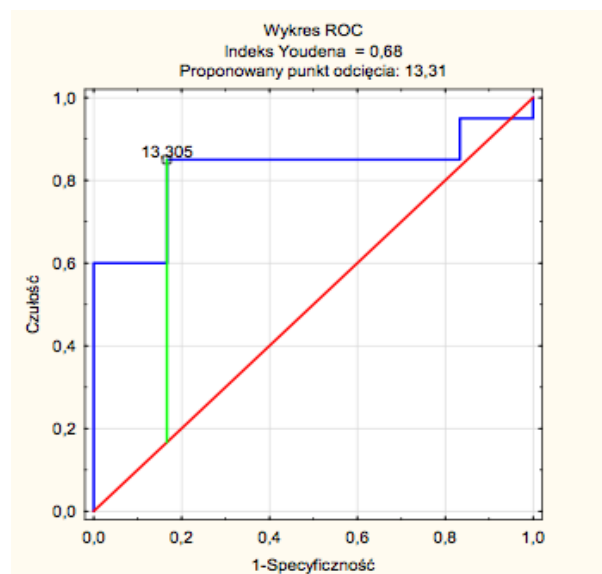
	FMS	1	2	3
<b>„IN LINE LUNGE”</b>	1		0,01	0,05
	2	0,01		1,00
	3	0,05	1,00	

W próbie „in line lunge” wskaźnik „Sfb” dla proponowanego punktu odcięcia grup uzyskujących jeden lub dwa punkty oraz jeden lub trzy punkty w teście FMS wynosi odpowiednio 13,76 oraz 13,31 a Indeks Youdena 0,68. Poziom istotności dla tych prób kształtuje się na poziomie  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinach 6.3 oraz 6.4.



**Rycina 6.3**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „in line lunge” dla punktacji 1 oraz 2.*

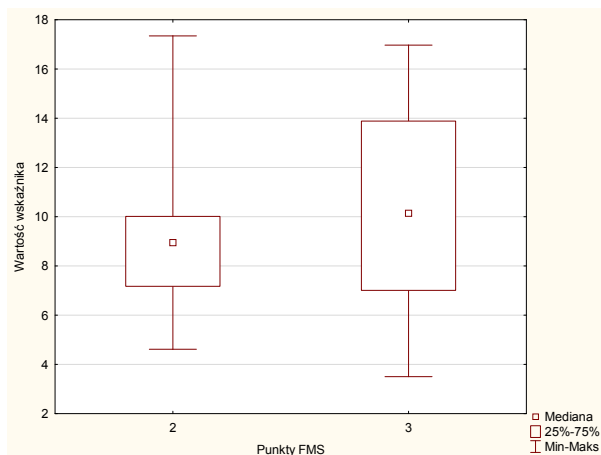


**Rycina 6.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „in line lunge” dla punktacji 1 oraz 3.*

#### 4.2.2.4. Active straight leg raise

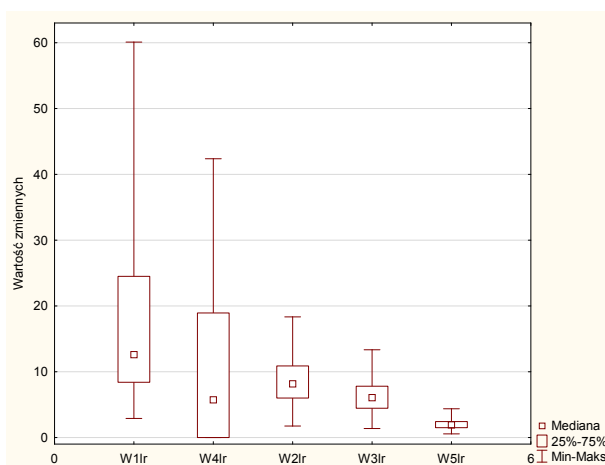
W próbie „active straight leg raise” żaden z badanych nie uzyskał od eksperta FMS jednego punktu za wykonanie ruchu, w związku z czym, w celu porównania wskaźnika „SFb”, wykorzystano wyniki dwu oraz trzypunktowe. Obliczając medianę, zauważono różnicę pomiędzy obydwo typami wykonania ruchu wynoszącą 1,18, lecz nie jest ona istotna statystycznie (rycina 7.1).



**Rycina 7.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „active straight leg raise” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

W powyższej próbie ekspert ocenia równocześnie 5 zmiennych podczas każdego wykonywania ćwiczenia. Najwyższe wartości wskaźnika „SFb” zanotowano w W1lr - utrzymanie stopy w neutralnej pozycji stopy, której mediana wyniosła 12,60. Natomiast najmniejszy wkład w wartość wskaźnika dla całej próby zanotowano u zmiennej W5lr - brak ruchu kostki kończyny leżącej. Mediana dla tej zmiennej wyniosła 1,92 a rozstęp międzykwartyłowy 1,49 - 2,43 (rycina 7.2).



**Rycina 7.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „active straight leg raise”.*

Test Kruskala - Wallisa w próbie „**active straight leg raise**” zestawia ze sobą wartości wskaźnika „SFb” w grupach uzyskujących różne wartości punktowe od eksperta FMS. Jest to jedyna próba spośród siedmiu w teście FMS, której powyższa analiza jest na poziomie wyższym niż  $p < 0,05$ . Szczegółowe wyniki analizy przedstawiono w tabeli 9.1.

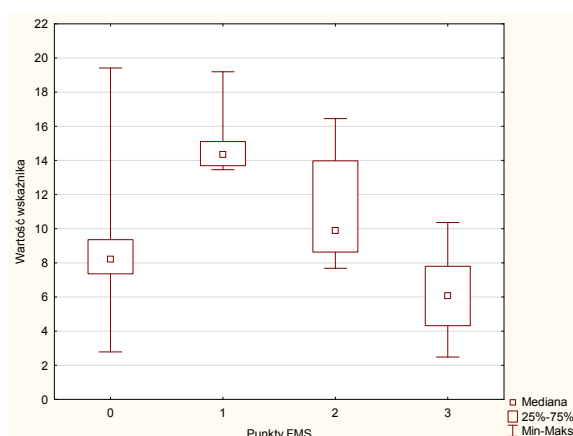
**Tabela 9.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „active straight leg raise” w teście FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
„ACTIVE STRAIGHT LEG RAISE”	2	61	2408,00	39,48	2,52	0,110
	3	22	1078,00	49,00		

#### 4.2.2.5. Push up

Próba „**push up**”, podobnie jak „**deep squat**” oraz „**trunk stability**”, cechuje się dwoma możliwymi wariantami jej wykonania. Jeżeli zawodnik nie był w stanie spełnić warunków wersji podstawowej, poprzez zmianę ułożenia dłoni, przechodził do łatwiejszego wariantu, za który otrzymywał punkty od eksperta. Jednak zapis takiej próby był zachowywany i ujęty w analizach, a badany otrzymywał za wykonanie tego ćwiczenia zero punktów. W grupach uzyskujących od jednego do trzech punktów za wykonanie powtórzenia, mediana wskaźnika „SFb” zmniejszała się wraz z większą liczbą otrzymanych punktów w teście FMS z poziomu 14,35 do poziomu 6,08. Jedynie wartości zerowe nie potwierdzają tej tendencji, ponieważ ta sama cecha tej grupy wynosząca 8,22 rozmieszczona jest w zakresie badanych uzyskujących dwa i trzy punkty (rycina 8.1)

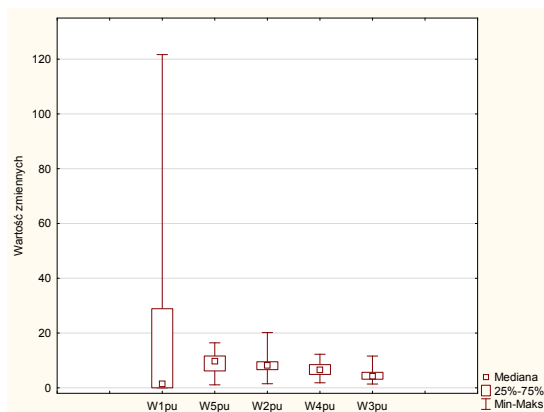


**Rycina 8.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „push up” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*



Opisując szczegółowy rozmieszczenie zmiennych we wskaźniku „SFb” w próbie „push up”, W1pu, w której osiągnięto najwyższy rozstęp międzykwartyłowy odzwierciedlała pozycję wyjściową do wykonania ruchu. Równocześnie w tej zmiennej mediana była najniższa i wyniosła 1,47. Pozostałe zmienne oscylowały na pograniczu mediana wskaźnika „SFb” wynoszącej 8,59 dla całej próby (rycina 8.2).



**Rycina 8.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „push up”.*

Test Kruskala - Wallisa porównujący wartości błędu w wykonywaniu ruchu poprzez wskaźnik „SFb” pomiędzy grupami otrzymującymi różną liczbę punktów od eksperta FMS opisują te różnice jako istotne statystycznie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawiono w tabeli 10.1.

**Tabela 10.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „push up” w teście FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„PUSH UP”</b>	0	36	2036,00	56,56	44,22	< 0,001
	1	5	463,00	92,60		
	2	16	1220,00	76,25		
	3	43	1331,00	30,95		

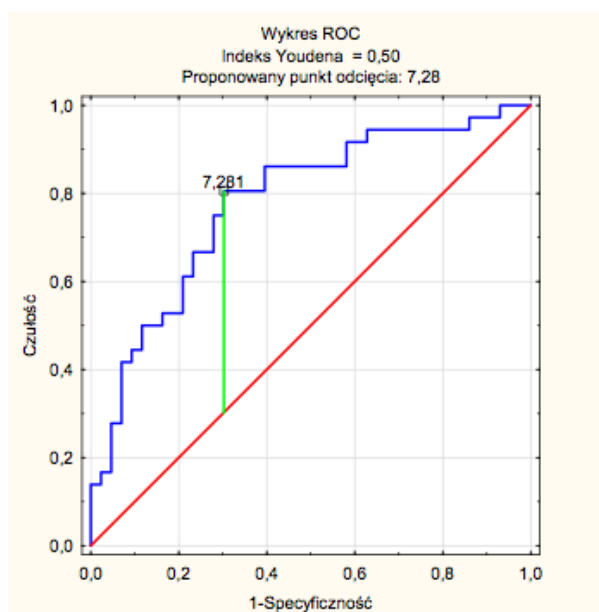
W analizie post-hoc sprawdzono pomiędzy którymi grupami badanych występuję istotnie statystyczna różnica wartości wskaźnika „SFb”. W wizualnej ocenie mediana wskaźnika grupy otrzymującej jeden punkt za wykonanie ruchu różni się od wyników pozostałych grup, jednakże analiza post-hoc nie potwierdza tej tezy. W analizie tej jedynie wyniki wskaźnika grupy trzypunktowej istotnie statystycznie różnią się od pozostałych grup. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 10.2.

**Tabela 10.2**

*Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „push up” w teście FMS.*

	FMS	0	1	2	3
„PUSH UP”	0		0,06	0,14	0,00
	1	0,06		1,00	0,00
	2	0,14	1,00		0,00
	3	0,00	0,00	0,00	

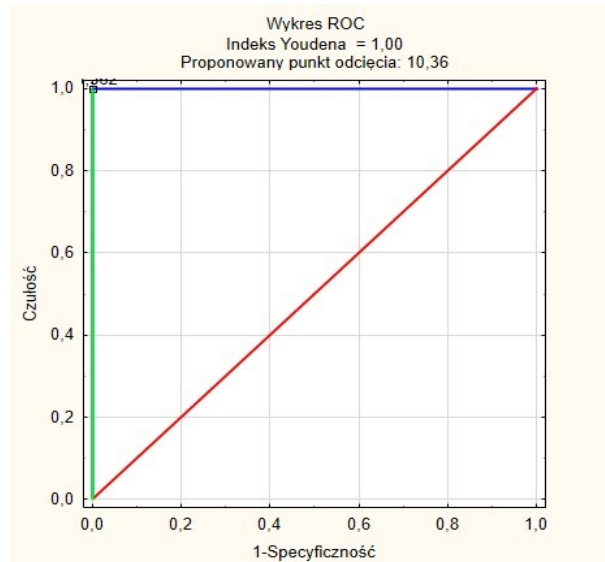
W porównaniu grupy otrzymujących zero lub trzy punkty w teście FMS, proponowany punkt odcięcia wskaźnika „SFb” na krzywej ROC jest równy 7,28. Indeks Youdena wynosi wówczas 0,50, zaś poziom istotności  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 8.3.



**Rycina 8.3**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „push up” dla punktacji 0 oraz 3.*

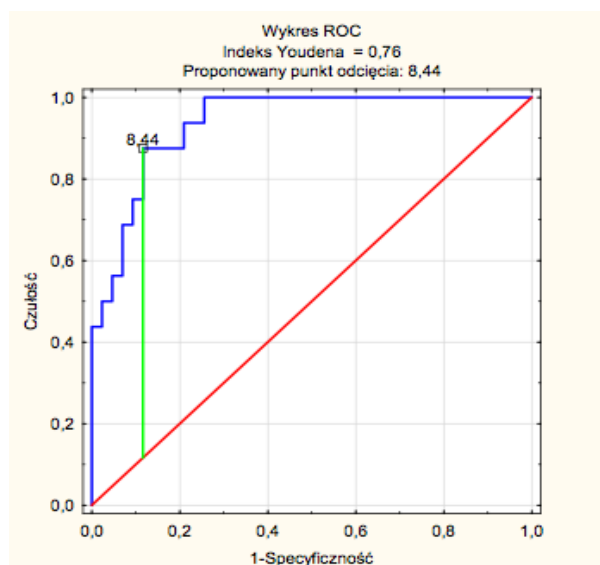
Znacznie wyższa wartość Indeksu Youdena oraz poziom istotności statystycznej  $p < 0,001$  widoczny jest w porównaniu grup o punktacji testu FMS jeden oraz trzy. Wyniki te dają niemal pewność podziału grup przy proponowanym punkcie odcięcia 10,36 dla wskaźnika „SFb”. Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 8.4.



**Rycina 8.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „push up” dla punktacji 1 oraz 3.*

Dokonując próby podziału dwóch najwyższych wartości testu FMS uzyskanych w próbie „push up”, punkt odcięcia dla wskaźnika „SFb” wynosi 8,44. Indeks Youdena równa się 0,76 a istotność statystyczna  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 8.5.

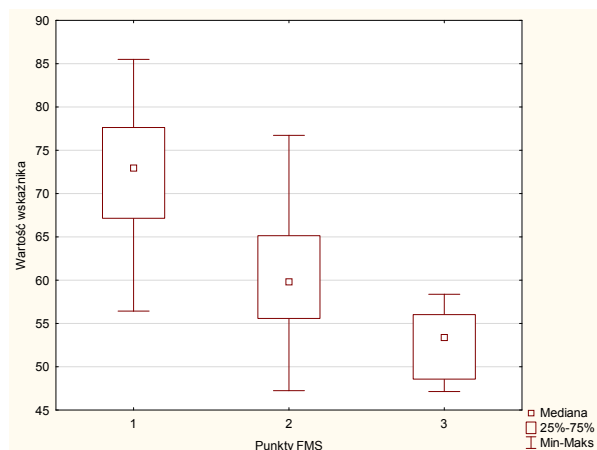


**Rycina 8.5**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „push up” dla punktacji 2 oraz 3.*

#### 4.2.2.6. Shoulder mobility

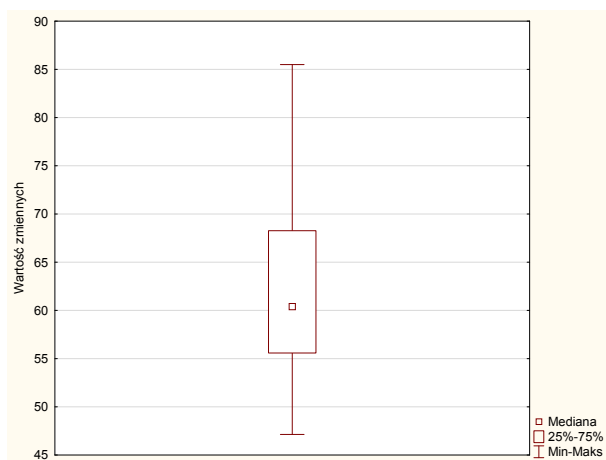
Oceniając wskaźnik „SFb” w próbie „**shoulder mobility**” zauważalne jest zróżnicowanie pomiędzy poziomami badanych otrzymujących jeden, dwa lub trzy punkty za wykonanie zadania. Zaczynają od grupy wykonujących powtórzenia z największą liczbą kompensacji, mediana wynosiła kolejno 72,96, następnie 59,81 oraz 53,37. Jest to kierunek zgodny z założeniami wskaźnika, gdzie niższy wynik wskaźnika oznaczał mniejszy błąd w wykonywaniu ruchu (rycina 9.1).



**Rycina 9.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „shoulder mobility” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

„**Shoulder mobility**” to próba, w której oceniania jest wyłącznie odległość zaciśniętych pięści od siebie. W związku z tym, wskaźnik „SFb” równy jest wartości kryterium ruchu i wynosi 61,79 (rycina 9.2).



**Rycina 9.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „shoulder mobility”.*

Znaczące różnice wartości wskaźnika „SFb” w próbie „**shoulder mobility**” potwierdza analiza testu Kruskala - Wallisa, w której osiągnięto dla całej próby poziom istotności  $p < 0,05$ . Istotność statystyczną dla poszczególnych grup potwierdza analiza post - hoc. Szczegółowe wyniki analiz przedstawiają tabele 11.1 oraz 11.2.

**Tabela 11.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „shoulder mobility” w teście FMS.*

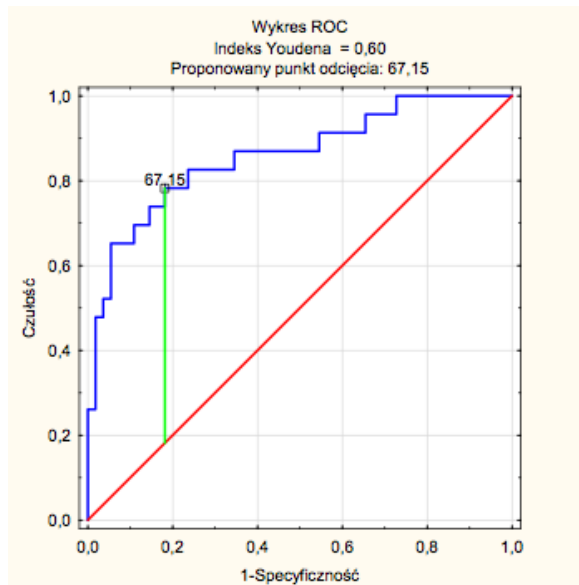
	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„SHOULDER MOBILITY”</b>	1	23	1634,00	71,04	37,67	< 0,001
	2	55	2254,00	40,98		
	3	12	207,00	17,25		

**Tabela 11.2**

*Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „SFb” w próbie „shoulder mobility” w teście FMS.*

	FMS	1	2	3
<b>„SHOULDER MOBILITY“</b>	1		0,00	0,00
	2	0,00		0,01
	3	0,00	0,01	

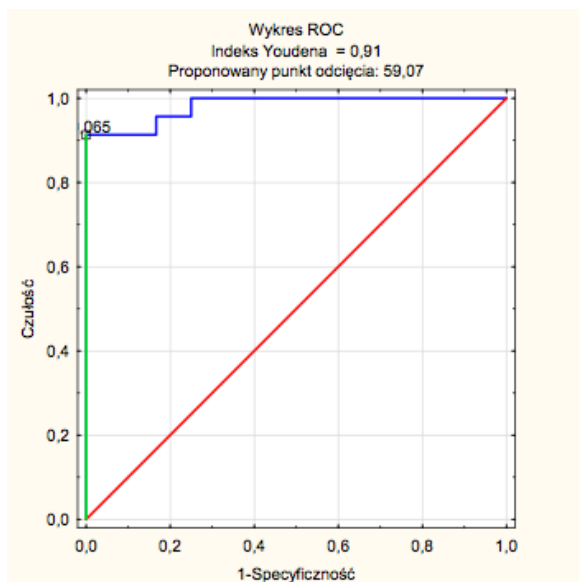
We wszystkich badanych grupach w próbie „**shoulder mobility**” różnice w wartości wskaźnika „SFb” są istotne statystycznie i możliwe jest jego zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi grupami. Punkt odcięcia wskaźnika w krzywej ROC, pomiędzy grupami otrzymującymi od eksperta FMS jeden lub dwa punkty, wynosi 67,15. Indeks Youdena 0,60, a poziom istotności  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 9.3.



**Rycina 9.3**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 2.*

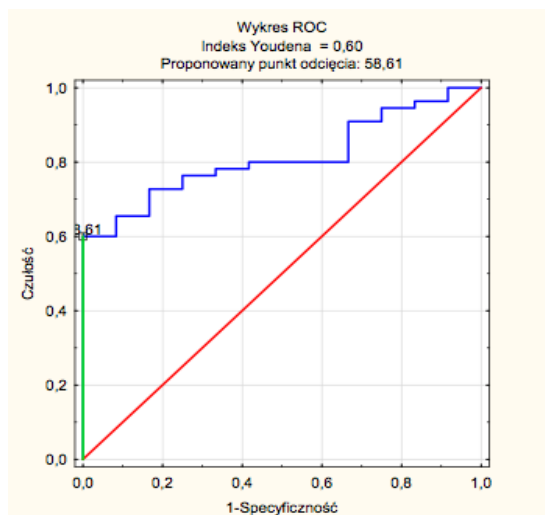
Proponowany punkt odcięcia na poziomie 59,07 to granica dla wartości wskaźnika „SFb” pomiędzy grupami otrzymującymi jeden oraz trzy punkty FMS w próbie „**shoulder mobility**”. W porównaniu tych dwóch grup badanych, Indeks Youdena wynosi 0,91 a istotność statystyczna  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 9.4.



**Rycina 9.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 3.*

Zestawiając ze sobą dwie najwyższe wartości możliwe do przyznania przez eksperta FMS w próbie „**shoulder mobility**”, proponowany punkt odcięcia, który je różnicuje, wynosi 58,61. Indeks Youdena sięga wartości 0,60, a poziom istotności równa się  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 9.5.



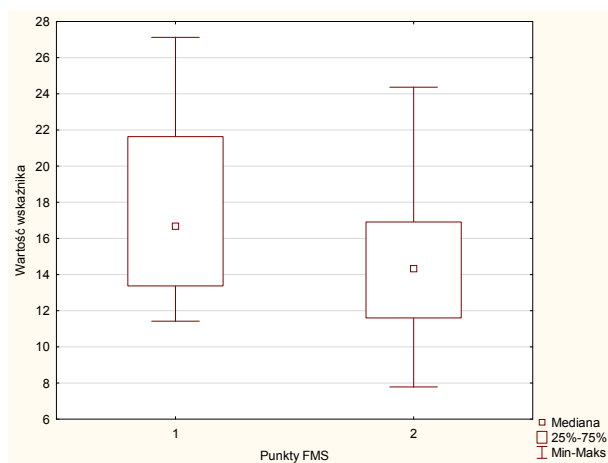
**Rycina 9.5**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 2 oraz 3.*

#### 4.2.2.7. Trunk stability

Otrzymanie maksymalnej wartości punktowej w próbie „**trunk stability**” jest niezwykle trudne. Wśród wszystkich badanych nikomu nie udało się poprawnie wykonać ćwiczenia w formie podstawowej, w związku z czym nie odnotowano ocen, w których ekspert przyznaje trzy punkty. „**Trunk stability**” jest kolejną próbą, w której niespełnienie założonych warunków, niesie za sobą możliwość wykonania ćwiczenia w wersji uproszczonej, w której badani wykonywali próby obustronnie zamiast jednostronnie. W poniższym porównaniu nie uwzględniono jednakże wartości zero, ponieważ zaburzenia równowagi i niekontrolowane ruchy badanych, występowały w tak dużym zakresie, iż zestawienie ich z pozostałymi grupami, byłoby nieadekwatne.

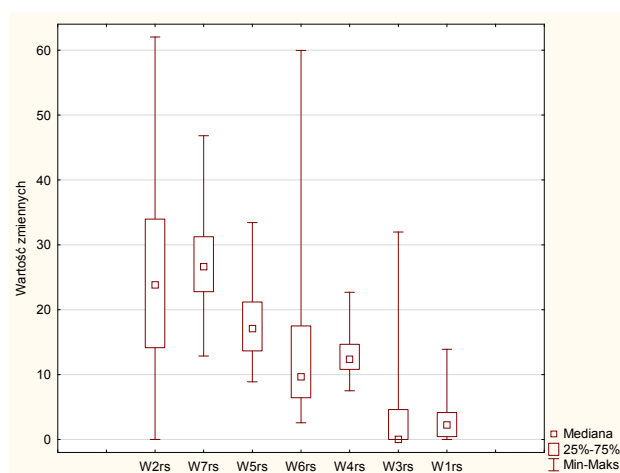
Porównując wartość wskaźnika „SFb” pomiędzy grupami prób o różnej punktacji nadanej przez eksperta FMS, poziom mediany wskaźnika jest mniejszy wraz z lepszymi rezultatami wynikającymi z przeprowadzonej próby. Różnica tej cechy pomiędzy obiema grupami wyniosła 2,35 (rycina 10.1).



**Rycina 10.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w próbie „trunk stability” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

„Trunk stability”, jako jedna z bardziej złożonych prób, powoduje konieczność oceny za pomocą siedmiu zmiennych jednocześnie. Wartości pomiędzy nimi różnią się, zaś mediana wskaźnika „SFb” dla całej próby wynosi 15,88. Najtrudniejszym zadaniem dla badanych było spełnienie kryterium osiowości kończyn uwzględniając przede wszystkim kończyny górne, ponieważ mediana zmiennych W7rs - kąt w stawie łokciowym oraz W2rs - uniesienie kończyny górnej, osiągnęły najwyższą wartość wynoszącą odpowiednio 26,62 oraz 23,81. Jest to równoznaczne z największym poziomem błędów spośród wszystkich zmiennych w trakcie wykonywania ruchu (rycina 10.2).



**Rycina 10.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „SFb” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „trunk stability”.*



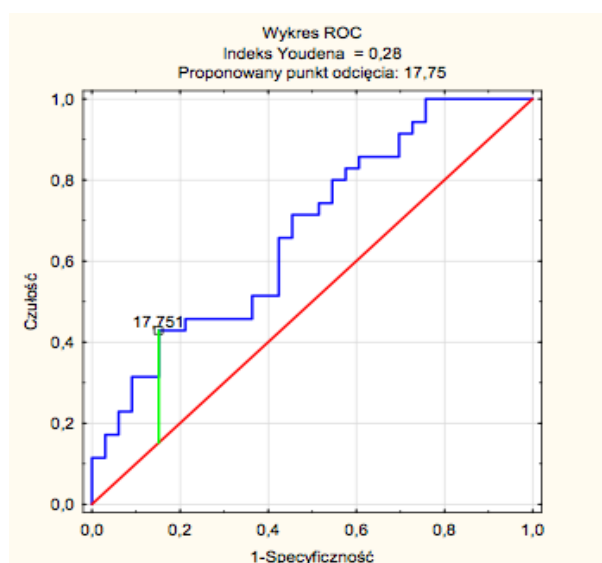
Wartość błędu w trakcie wykonywania próby opisywana jest poprzez wskaźnika „SFb”. W próbie „trunk stability” zestawienie wartości błędu w obu grupach wskazuje na poziom istotny statystycznie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 12.1.

**Tabela 12.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „SFb” w próbie „trunk stability” w teście FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
„TRUNK STABILITY”	1	35	1407,00	40,20	5,99	0,010
	2	33	939,00	28,45		

Test Kruskala - Wallisa określił, że istnieją istotne różnice we wskaźniku „SFb” pomiędzy grupami. Proponowany punkt odcięcia równa się 17,75 punktu, natomiast poziom istotności wynosi  $p < 0,001$ . Indeks Youdena na poziomie 0,28 nie zapewnia jednakże wysokiej dokładności diagnostycznej testu w tej próbie. Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 10.3.



**Rycina 10.3**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „trunk stability” dla punktacji 1 oraz 2.*

### 4.3. Propozycja wskaźnika „funkcjonalnego - asymetria” – (FA)

Sposób przygotowania danych do wskaźnika „FA” bazował na tej samej metodzie, która została zastosowana w przypadku wcześniej omówionym wskaźniku - „SFb”. Do każdego kryterium wzorca ruchu wykorzystano algorytm wyliczania zmiennej oraz zastosowano normalizację danych do parametrów antropometrycznych badanego. Wszelkie odstępstwa zmiennej od zadanych kryteriów ruchu, cechowały się wartością dodatnią, przedstawioną jako wartość procentowa błędu, zaś prawidłowe wykonanie ruchu - wartością zerową. Zaproponowanie wskaźnika „FA” związane było z wyliczeniem średniej wartości modułu SI - *Symmetry Index* dla każdego przebiegu czasowego parametrów kinematycznych we wszystkich wzorcach ruchu w każdej próbie testu FMS. Następnie została zweryfikowana rzetelność wskaźnika „FA” oraz przeprowadzono szczegółową analizę wskaźnika.

#### 4.3.1. Weryfikacja rzetelności wskaźnika

Do opisanie rzetelności oceny FMS wskaźnika „FA”, wykorzystano współczynnik korelacji wewnątrzklasowej ICC. Wyniki otrzymywane dla wskaźnika „FA” nie uzyskały wartości powyżej 0,8 w żadnej z prób. Największą rzetelnością cechowała się próba „**shoulder mobility**”, której wynik ICC wyniósł 0,73, natomiast najniższa wartość rzetelności to 0,18 w próbie „**hurdle step**”. W analizie poziomu istotności statystycznej próba ta również nie uzyskała wymaganego poziomu  $p < 0,05$ . Szczegółowe wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 13.1.

Tabela 13.1

*Analiza rzetelności wskaźnika „FA”.*

ICC							
	DS	HS	ILL	SM	ASLR	PU	TS
Wskaźnik „FA”	0,65	0,18	0,34	0,73	0,39	0,55	0,42
p	<0,001	0,072	0,005	<0,001	0,001	<0,001	0,001

*DS – “deep squat”; HS – “hurdle step”; ILL – “in line lunge”; SM – “shoulder mobility”; ASLR – “active straight leg raise”; PU – “push up”; TS – “trunk stability”; p – poziom istotności statystycznej*

### 4.3.2. Opis wartości oraz analiza wskaźnika „FA”

Wskaźnik „FA” został opracowany na podstawie wartości średnich z modułów indeksu symetrii kryteriów ruchu w każdej z podejmowanych prób. Interpretuje on procentową różnicę w odstępstwach wykonania zadanych kryteriów ruchu, pomiędzy stronami ciała. W tabeli przedstawiono wartości mediany wskaźnika w poszczególnych próbach. Najniższą wartość odnotowano w próbie „**shoulder mobility**” oraz „**deep squat**” = 0,13, zaś najbardziej znaczące różnice pomiędzy stronami ciała występowały w próbie „**active straight leg raise**” = 0,63 (tabela 14.1).

**Tabela 14.1**

*Mediana, przedział ufności, wartości minimalne i maksymalne wskaźnika „FA”  
wyrażone w procentach we wszystkich próbach testu FMS.*

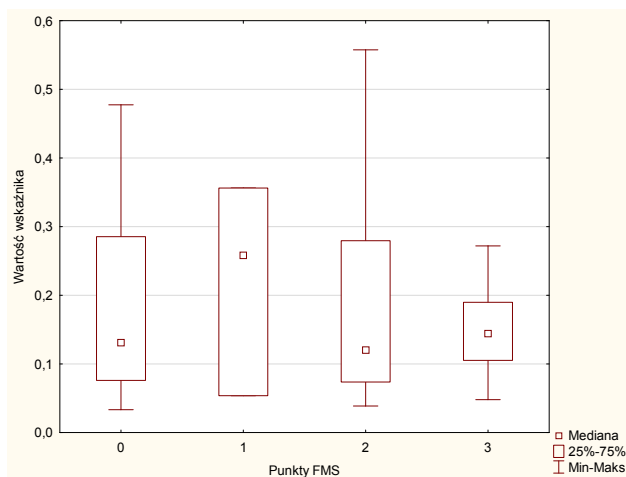
	<b>DS</b>	<b>HS</b>	<b>ILL</b>	<b>ASLR</b>	<b>PU</b>	<b>SM</b>	<b>TS</b>
MEDIANA	0,13	0,45	0,50	0,63	0,20	0,13	0,55
CI dolna granica	0,10	0,41	0,46	0,58	0,16	0,09	0,48
CI górna granica	0,16	0,50	0,54	0,68	0,24	0,17	0,60
MIN	0,03	0,13	0,25	0,16	0,05	0,00	0,22
MAX	0,56	2,00	0,99	1,15	0,84	0,42	1,01

*DS – “deep squat”; HS – “hurdle step”; ILL – “in line lunge”; ASLR - “active straight leg raise”;  
PU – “push up”; SM – “shoulder mobility”; TS – “trunk stability”; CI – przedział ufności*

W ocenie wskaźnika „FA” uwzględniono jego wartość w zależności od liczby punktów w teście FMS, które uzyskał badany w danej próbie. W próbach „**deep squat**” oraz „**push up**” podobnie jak w ocenie wskaźnika „SFb” wprowadzono czwartą wartość – zero, która była kategorią a nie oceną testu FMS. Została przyznawana badanemu, jeśli nie był w stanie poprawnie wykonać ćwiczenia w formie podstawowej. Wówczas za wykonanie danego powtórzenia otrzymywał zero punktów i przechodził do kolejnego powtórzenia w łatwiejszej wersji za które otrzymywał punktację zgodną z kryteriami testu FMS.

### 4.3.2.1. Deep squat

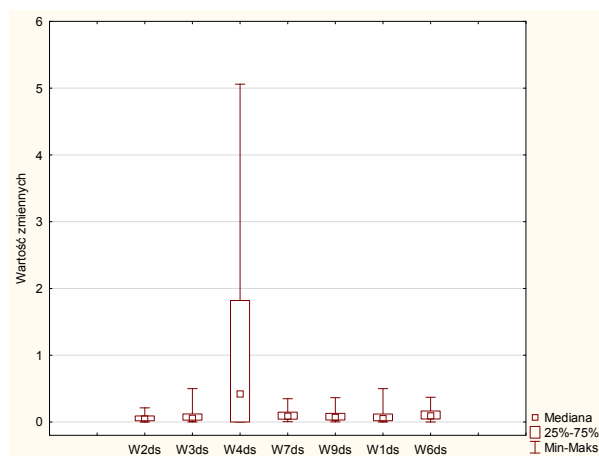
W próbie „**deep squat**” mediana wskaźnika w grupach uzyskujących zero, dwa lub trzy punkty za wykonane powtórzenie była na podobnym poziomie a jej wartość mieściła się w zakresie 0,12–0,14. Natomiast wyniki wskaźnika próby „**deep squat**” były zróżnicowane pod względem rozstępu międzykwartylowego. Największe różnice pomiędzy stronami ciała odnotowano w grupie, w której wynik próby w teście FMS był równy jeden. W tej grupie mediana wyniosła 0,26 a rozstęp międzykwartylowy 0,05 – 0,35 (rycina 11.1).



**Rycina 11.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „deep squat” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

Wskaźnik „FA” występujący w poszczególnych kryteriach ruchu w konkretnych próbach, jest równoznaczny ze stopniem wkładu w całość wskaźnika. Medianę na poziomie 0,42 oraz rozstęp międzykwartylowy 0,00 - 1,82 w próbie „**deep squat**” odnotowano dla zmiennej ruchu W4ds - udo poniżej poziomu kolan, co jest równoznaczne z największą dysproporcją pomiędzy stronami ciała spośród wszystkich branych pod uwagę zmiennych. Pozostałe zmienne były na podobnym poziomie a wartości mieściły się w zakresie 0,05 - 0,09 (rycina 11.2).



**Rycina 11.2**

Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „deep squat”.

W analizie porównującej wskaźnik „FA” w grupach uzyskujących różną punktację testu FMS, wyniki nie są istotne statystycznie. „Deep squat” jest jedną z dwóch prób symetrycznych w teście FMS a porównanie wartości odstępstw od zadanych kryteriów ruchu dowodzi, że niezależnie od wyniku testu FMS, badany ruch wykonywał symetrycznie poprawnie lub symetrycznie niepoprawnie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 15.1.

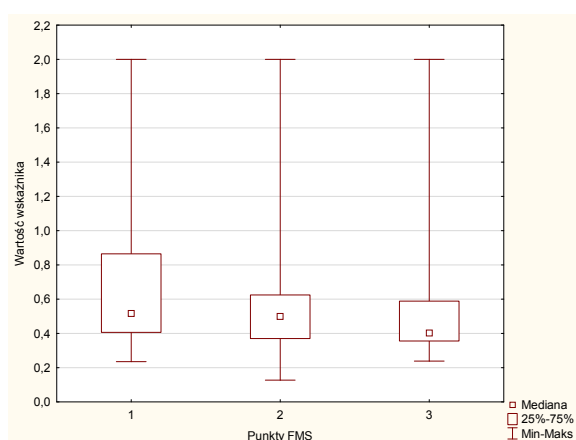
**Tabela 15.1**

Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „deep squat” w teście FMS.

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„DEEP SQUAT”</b>	0	67	5566,00	83,07	0,23	0,970
	1	3	287,00	95,67		
	2	61	5012,00	82,16		
	3	34	2830,00	83,24		

#### 4.3.2.2. Hurdle step

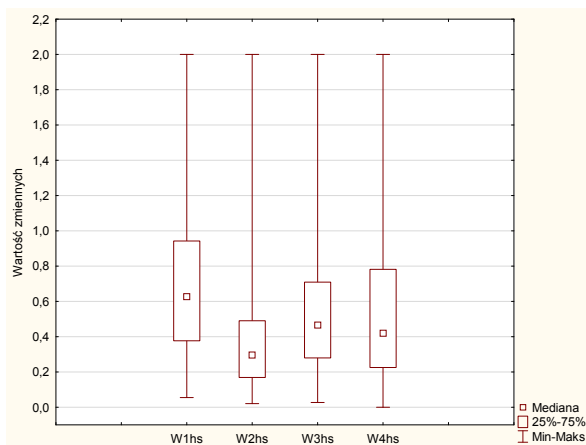
W próbie „hurdle step”, porównując wartości wskaźnika „FA” pomiędzy grupami badanych o różnej punktacji nadanej przez eksperta FMS, mediana maleje wraz z lepszymi rezultatami wynikającymi z przeprowadzonej próby i wynosi kolejno: 0,52, 0,50 oraz 0,40. Wyniki te oznaczają, że wraz z poprawniejszym wykonaniem próby, zmniejsza się różnica w wykonaniu ruchu pomiędzy stronami ciała. Również rozstęp międzykwartyłowy jest coraz mniejszy w grupach o wyższej ocenie punktowej FMS a jego wartości wynoszą: 0,21 - 0,87 dla najniżej ocenianej grupy, 0,37 - 0,62 dla badanych uzyskujących dwa punkty w sumarycznej wartości próby oraz 0,36 - 0,58 dla najwyższej ocenianych badanych przez ekspertów. (rycina 12.1).



**Rycina 12.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „hurdle step” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

W próbie „hurdle step” mediana wskaźnika „FA” w zmiennej W2hs - kąt pochylenia tułowia, jest najniższa i wynosi 0,29. Najwyższy poziom widoczny jest w zmiennej W1hs - równoległość drążka względem podłoża. Jest to równoznaczne z największymi różnicami w wykonaniu ruchu pomiędzy stronami ciała bez względu na wartość punktową badanego otrzymaną od eksperta FMS (rycina 12.2).



**Rycina 12.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „hurdle step”.*

W próbach asymetrycznych, sumaryczny wynik próby może być niewystarczającą informacją do oceny wskaźnika „FA”. W przypadku gdy ekspert przyznał za wykonanie próby różne wartości punktowe dla obu stron ciała, do wyniku całościowego została wpisana niższa wartość. Interesujący aspekt oceny wskaźnika „FA” może stanowić szczegółowy podział wyników pod względem stopnia symetrii i asymetrii w poszczególnych próbach testu FMS. Oceny wskaźnika dokonano uwzględniając osobno wartości testu FMS nadane przez eksperta dla każdej ze stron ciała. Stopień symetrii określono na podstawie zestawienia takich samych wartości liczbowych dla prawej i lewej strony ciała:

S1 - uzyskanie oceny 1 dla lewej i prawej strony ciała,

S2 - uzyskanie oceny 2 dla lewej i prawej strony ciała,

S3 - uzyskanie oceny 3 dla lewej i prawej strony ciała.

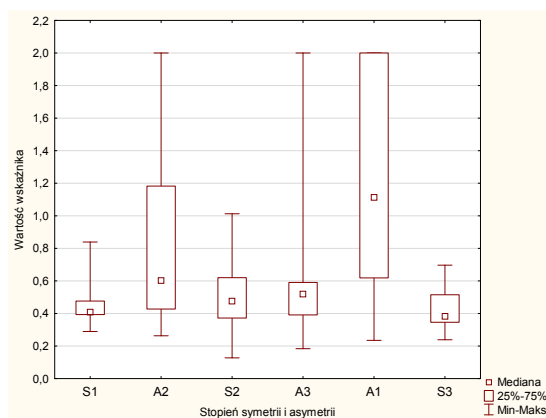
W podobny sposób określono stopień asymetrii:

A1 - uzyskanie oceny 3 dla jednej strony ciała i oceny 1 dla drugiej strony ciała,

A2 - uzyskanie oceny 2 dla jednej strony ciała i oceny 1 dla drugiej strony ciała,

A3 - uzyskanie oceny 3 dla jednej strony ciała i oceny 2 dla drugiej strony ciała.

Jedną z pięciu prób asymetrycznych stanowi „**hurdle step**”. Można w niej zaobserwować, iż wynik wskaźnika „FA” jest wyższy we wszystkich wykonaniach asymetrycznych w porównaniu do powtórzeń symetrycznych. Mediana wskaźnika dla całej próby wyniosła 0,45 a najwyższą wartość wskaźnika co równoznaczne jest z największymi różnicami pomiędzy stronami ciała uzyskano w wykonaniach A1, w których powyższa cecha była na poziomie 1,11 a rozstęp międzykwartyłowy 0,62 - 1,99. Najmniejsze różnice pomiędzy stronami ciała widoczne są w próbie symetrycznej, w której badani otrzymali trzy punkty dla każdej ze stron ciała. Mediana wszystkich próby symetrycznych była na podobnym poziomie a maksymalna różnica pomiędzy nimi wynosiła 0,09 (rycina 12.3).



**Rycina 12.3**

Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „hurdle step” z podziałem wyniku symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.

W porównaniu wartości wskaźnika „FA” do wartości punktowych testu FMS oraz do stopnia asymetrii nie uzyskano wyników istotnych statystycznie. W próbie „hurdle step” poziom istotności w porównaniu wskaźnika do stopni asymetrii był niższy niż w porównaniu do sumarycznych punktów testu FMS jednakże nie przekroczył poziomu  $p < 0,05$ . Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 16.1.

**Tabela 16.1**

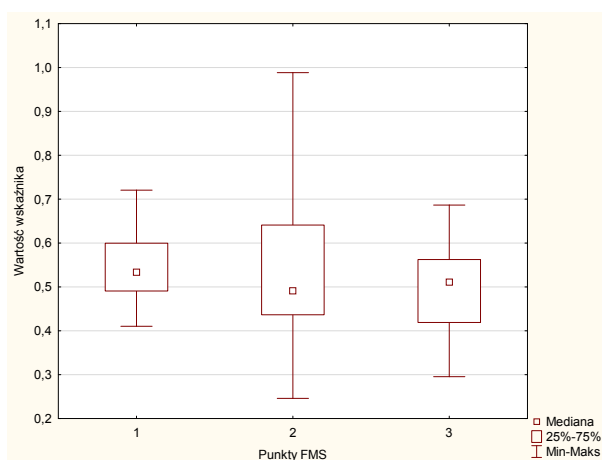
Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „hurdle step” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii.

„HURDLE STEP”	Punkty FMS					
	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
	1	22	2067,00	93,95	3,01	0,220
	2	128	10160,00	79,38		
3	10	653,00	65,30			
Stopień asymetrii						
S1	9	656,00	72,89	8,77	0,120	
A2	8	818,50	102,31			
A1	5	588,00	117,60			
S2	101	7897,00	78,19			
A3	22	1761,50	80,07			
S3	12	682,00	56,83			



### 4.3.2.3. In line lunge

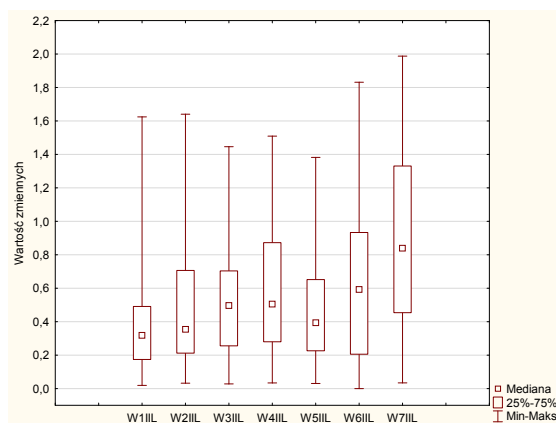
Oceniając różnice w wykonaniu ruchu pomiędzy stronami ciała poprzez wskaźnik „FA”, zauważono w próbie „in line lunge” najniższą wartość mediany wynoszącą 0,49 a zarazem największy rozstęp międzykwartylowy wynoszący 0,44 - 0,64 u badanych uzyskujących dwa punkty za wykonane powtórzenie. Wartość wskaźnika dla badanych najlepiej wykonujących próbę wynosił 0,51, natomiast nieznacznie wyższy wynik uzyskała grupa najniżej oceniana przez ekspertów FMS - 0,53. Różnice wskaźnika w grupach o odmiennych ocenach testu FMS były niewielkie i nieistotne statystycznie (rycina 13.1).



**Rycina 13.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „in line lunge” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

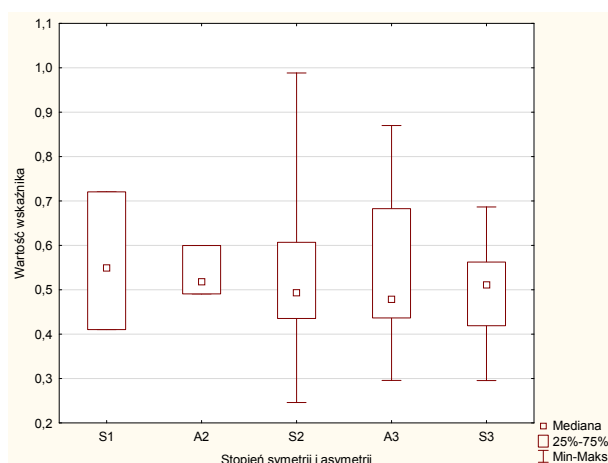
Spośród 7 zmiennych w próbie „in line lunge”, największą wartość wskaźnika „FA” odnotowano w zmiennej W7IIL, opisującej stabilność tułowia podczas wykonywania ruchu. Mediana tej zmiennej wyniosła 0,84, natomiast wartością na poziomie 0,32 charakteryzuje się zmienna W1IIL opisująca ustawienie drążka przy plecach. Poziom pozostałych zmiennych mieścił się w zakresie 0,35 - 0,59 w związku z czym wszystkie wyniki w podobnym stopniu składały się na wskaźnik „FA” w tej próbie (rycina 13.2).



**Rycina 13.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „in line lunge“.*

Zwracają uwagę na bardziej szczegółową ocenę wskaźnika „FA” i weryfikację jego wartości w zależności od stopnia asymetrii, zauważalne jest utrzymywanie się mediany na zbliżonym poziomie niezależnie od tego, czy powtórzenie zostało wykonane w symetryczny, czy w asymetryczny sposób. Mediana wskaźnika całej próby wynosi 0,50, natomiast najniższą wartość - 0,48 zanotowano w powtórzeniach A3 a najwyższą w powtórzeniach S1 - 0,55. W próbie tej nie występuje asymetria A1, ponieważ nie uzyskano wyników, w których badany otrzymał trzy punkty dla jednej strony ciała oraz jeden punkt dla drugiej (rycina 13.3).



**Rycina 13.3**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „in line lunge” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.*

Brak istotności statystycznej w porównaniu wartości wskaźnika „FA” do grup o różnej punktacji FMS oraz do grup o różnym stopniu asymetrii potwierdza analiza Kruskala - Wallisa. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 17.1.

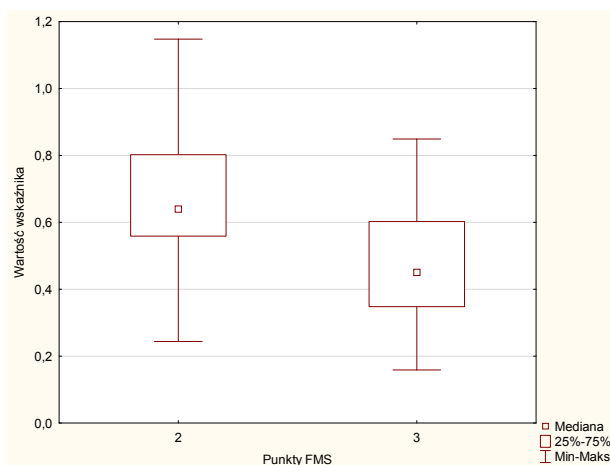
**Tabela 17.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „in line lunge” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii.*

„IN LINE LUNGE”	Punkty FMS					
	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
	1	6	324,00	54,00	0,56	0,760
	2	66	3058,00	46,33		
	3	20	896,00	44,80		
	Stopień asymetrii					
	S1	3	161,00	53,67	0,62	0,960
	A2	3	163,00	54,33		
	S2	40	1828,00	45,70		
	A3	26	1230,00	47,31		
S3	20	896,00	44,80			

#### 4.3.2.4. Active straight leg raise

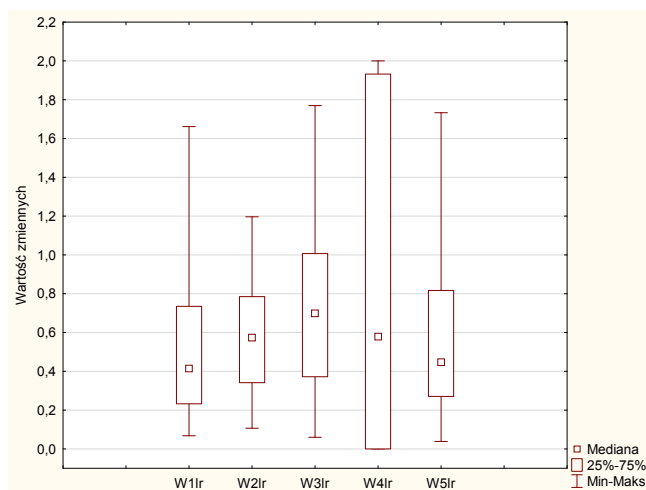
W powtórzeniach „active straight leg raise”, żaden z badanych nie uzyskał za swoje wykonanie jednego punktu, w związku z czym do porównania wskaźnika „FA”, zastosowano wyniki dwu oraz trzy punktowe. Określając medianę wskaźnika wraz z poziomem minimalnym i maksymalnym, zauważono istotną statystycznie  $p < 0,05$ , różnicę pomiędzy obydwoma typami wykonania ruchu. Wartość powyższej cechy dla grupy badanych otrzymujących trzy punkty od eksperta FMS wyniosła 0,45. Większe wartości wskaźnika co świadczy o większych różnicach w wykonaniu ruchu pomiędzy stronami ciała zanotowano w grupie uzyskującej wartość dwóch punktów a mediana wyniosła 0,64 (rycina 14.1).



**Rycina 14.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „active straight leg raise” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

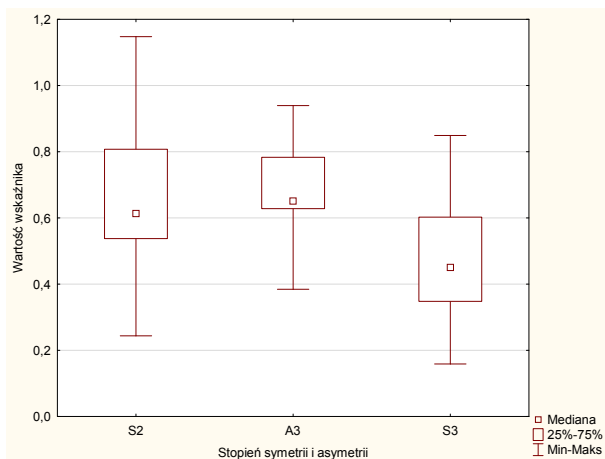
„Active straight leg raise” to próba, która oceniana jest na podstawie czterech kryteriów ruchu złożonych z pięciu zmiennych. Na kryterium utrzymania wyprostowanej kończyny składają się zmienne W2lr oraz W3lr. Oceniając wskaźnik „FA”, powyższe zmienne charakteryzują się najwyższymi wartościami na poziomie 0,57 oraz 0,70. W zakresie tym mieści się również zmienna W4lr - rzut kostki przyśrodkowej a jej mediana wynosi 0,58 jednakże posiada ona znacznie większy jest rozstęp międzykwartyłowy 0,00 - 1,93 (rycina 14.2).



**Rycina 14.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „active straight leg raise”.*

W związku z brakiem wyników jednopunktowych w próbie „**active straight leg raise**”, w analizie wskaźnika względem stopnia symetrii nie występują oceny dla poziomów A1, A2 i S1. Najwyższy poziom wskaźnika zaobserwowano w powtórzeniach A3, w których występuje asymetria ruchu a mediana równa jest 0,65. Wartość mediany niższa o 0,04 zanotowano w powtórzeniach S2 lecz różnica ta jest nieistotna statystycznie. Najmniejsze błędy podczas wykonywania próby zaobserwowano natomiast w powtórzeniach zakwalifikowanych do poziomu S3 (rycina 14.3).



**Rycina 14.3**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „active straight leg raise” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.*

W próbie „**active straight leg raise**” porównania rozkładu wartości wskaźnika „FA” w grupach otrzymujących różne wartości punktowe od eksperta FMS oraz w stosunku do grup o różnym stopniu asymetrii są istotne statystycznie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 18.1.

Tabela 18.1

Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „active straight leg raise” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii.

„ACTIVE STRAIGHT LEG RAISE”	Punkty FMS					
	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
	2	61	2914,00	47,77	13,19	< 0,001
	3	22	572,00	26,00		
	Stopień asymetrii					
	S2	48	2238,00	46,63	13,70	< 0,001
	A3	13	676,00	52,00		
	S3	22	572,00	26,00		

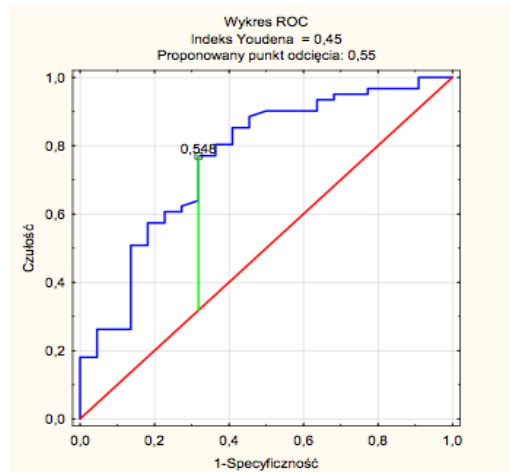
W celu sprawdzenia pomiędzy którymi grupami badanych występuje istotnie statystyczna różnica wartości wskaźnika przeprowadzono test post - hoc. W próbie „active straight leg raise” badani uzyskali od eksperta tylko wyniki dwu lub trzy punktowe więc pomiędzy tymi grupami występuje istotnie statystyczna różnica. W porównaniu grup pod względem stopnia asymetrii, jedynie najmniejsza różnica wskaźnika pomiędzy grupami A3 oraz S2 nie jest istotna statystycznie a w pozostałych porównaniach poziom istotności wynosi  $p < 0,05$ . Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 18.2.

Tabela 18.2

Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „FA” w próbie „active straight leg raise” dla punktacji testu FMS.

„ACTIVE STRAIGHT LEG RAISE”	Punkty FMS			
		2	3	
	2		0,00	
	3	0,00		
	Stopień asymetrii			
		S2	A3	S3
	S2		1,00	0,00
	A3	1,00		0,01
	S3	0,00	0,01	

Statystycznie istotne różnice wartości wskaźnika „FA” poszczególnych grup o różnej punktacji FMS w analizie post - hoc, przedstawiono za pomocą krzywej ROC, nadając im punkt odcięcia różnicujący uzyskane poziomy. Jedną z nich są najwyższe wartości punktowe w próbie „**active straight leg raise**”, w której punkt odcięcia pomiędzy ocenami dla wskaźnika „FA” wynosi 0,55. Indeks Youdena utrzymuje się na poziomie 0,45, natomiast istotność statystyczna  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 14.4.

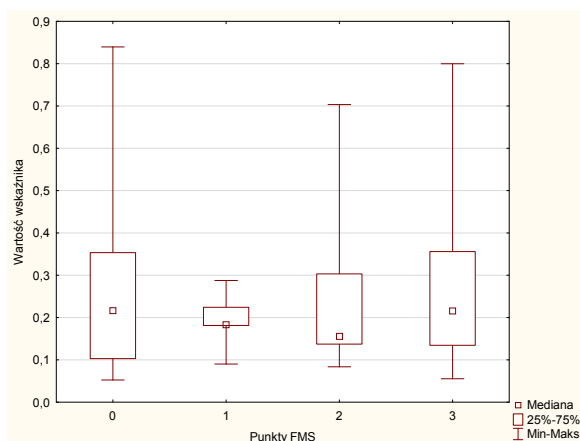


**Rycina 14.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „active straight leg raise” dla punktacji 2 oraz 3.*

### 4.3.2.5. Push up

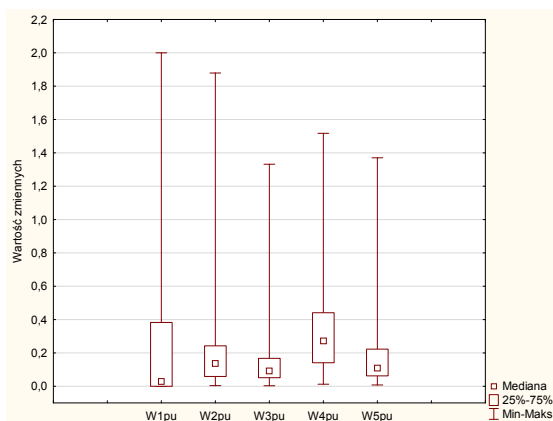
Mediana wskaźnika „FA” dla próby „push up” wynosi 0,20 a różnice wskaźnika pomiędzy grupami o różnej punktacji w teście FMS są na podobnym poziomie. Brak istotności statystycznej pomiędzy różnymi typami wykonania ruchu świadczy to podobnej wartości błędu w wykonywaniu pomiędzy stronami ciała niezależnie od otrzymanej punktacji od eksperta FMS. Jednakże najniższą wartość mediany wynoszącą 0,14 uzyskała grupa otrzymująca dwa punkty za wykonane powtórzenie. Natomiast najmniejszy rozstęp międzykwartylowy wynoszący 0,18 - 0,22 zauważalny jest w grupie ocenianej przez eksperta FMS na jeden punkt (rycina 15.1).



Rycina 15.1

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „push up” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

W próbie „push up”, zmienną o najwyższej wartości wynoszącej 0,27 jest W4pu odpowiadające za osiowość ciała. Jest to równoznaczne z największymi różnicami pomiędzy stronami ciała w ocenie jakości ruchu danej próby. Najniższą wartość mediany wynoszącą 0,03 przy równoczesnym największym rozstępie międzykwartylowym 0,00 - 0,38, uzyskano w zmiennej W1pu - pozycja wyjściowa (rycina 15.2).



Rycina 15.2

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „push up”.*



W próbie „push up” widoczny jest brak różnic wartości wskaźnika „FA” pomiędzy grupami otrzymującymi różne wartości punktowe w teście FMS. Próba ta jest próbą symetryczną więc brak różnic wartości wskaźnika w poszczególnych grupach podobnie jak w próbie „deep squat” jest wynikiem spodziewanym. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 19.1.

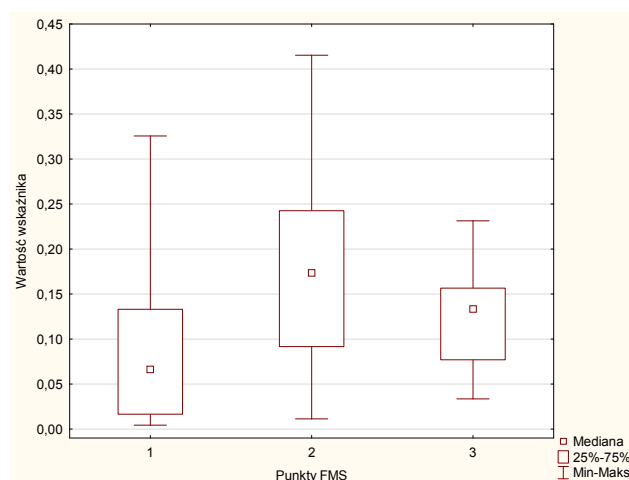
**Tabela 19.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „push up” dla punktacji testu FMS.*

	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
<b>„PUSH UP”</b>	0	36	1746,00	48,50	1,62	0,650
	1	5	221,00	44,20		
	2	16	737,00	46,06		
	3	43	2346,00	54,56		

#### 4.3.2.6. Shoulder mobility

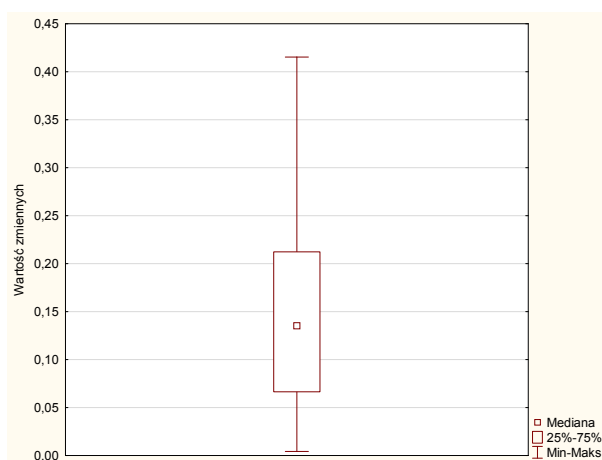
Oceniając wskaźnik „FA” w próbie „shoulder mobility”, uwzględniając dane z mediany wraz z wartościami minimalnymi i maksymalnymi, zauważalne są istotnie statystycznie różnice pomiędzy poziomami badanych zakwalifikowanych przez eksperta FMS do różnych grup. Największa różnica wskaźnika występuje pomiędzy grupami, w których badani uzyskali jeden lub dwa punkty w teście FMS (rycina 16.1).



**Rycina 16.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „shoulder mobility” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

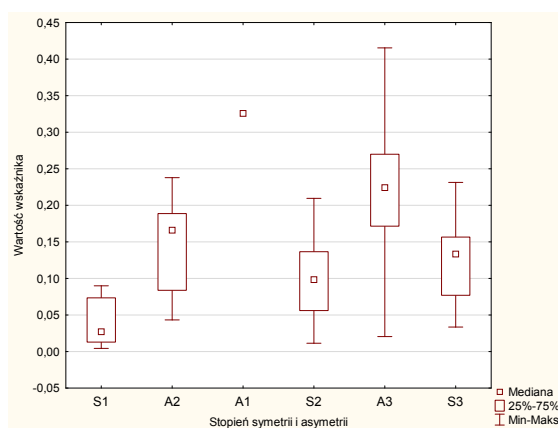
W próbie „**shoulder mobility**” ekspert ocenia jedynie odległość zaciśniętych pięści od siebie. Wskaźnik „FA” równy jest wartości tego kryterium ruchu, natomiast mediana w tej próbie wynosi 0,13 (rycina 16.2).



**Rycina 16.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „shoulder mobility”.*

Oceniając jednak wskaźnik na podstawie stopnia asymetrii, zauważono, że próba „**shoulder mobility**” jest kolejnym przykładem ukazującym, iż ćwiczenia wykonywane w sposób asymetryczny, cechują się wyższymi wartościami wskaźnika „FA” od prób wykonywanych w sposób symetryczny. Wskaźnik ten w próbie „**shoulder mobility**” zdecydowanie oddziela wartości prób asymetrycznych oraz symetrycznych a jego różnice w grupach o różnym stopniu asymetrii są istotne statystycznie. Najwyższa wartość wskaźnika, występuje w powtórzeniach A1, w których mediana wynosi 0,32. Wskazanie najmniejszych różnic pomiędzy stronami ciała, jest możliwe przy powtórzeniach S1, w których badani otrzymywali od eksperta jeden punkt dla każdej ze stron ciała a mediana wynosi 0,03 (rycina 16.3).



**Rycina 16.3**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „shoulder mobility” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.*

Wartość wskaźnika „FA” różni się istotnie statystycznie pomiędzy grupami otrzymującymi inną punktację w teście FMS oraz pomiędzy grupami o różnym stopniu asymetrii. W obu analizach testu nieparametrycznego istotność statystyczna jest na poziomie  $p < 0,05$ . Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 20.1.

**Tabela 20.1**

*Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „shoulder mobility” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii.*

<b>„SHOULDER MOBILITY”</b>	<b>Punkty FMS</b>					
	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
	1	23	642,00	27,91	16,42	<0,001
	2	55	2962,00	53,85		
	3	12	491,00	40,92		
	<b>Stopień asymetrii</b>					
	S1	15	219,00	14,60	45,76	<0,001
	A2	7	338,00	48,29		
	A1	1	85,00	85,00		
	S2	19	650,00	34,21		
A3	36	2312,00	64,22			
S3	12	491,00	40,92			

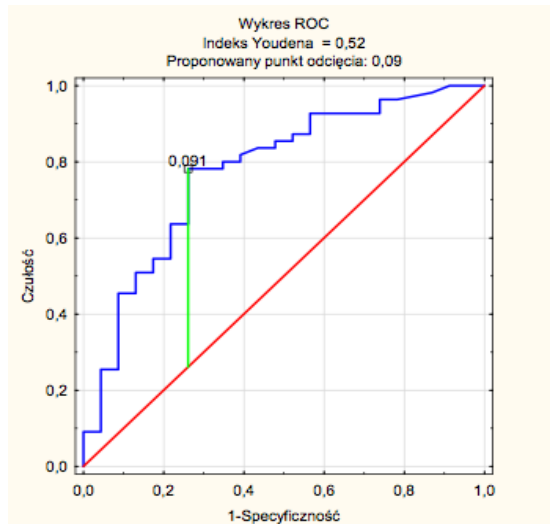
W analizie post-hoc zweryfikowano pomiędzy którymi grupami badanych wartość wskaźnika „FA” różni się istotnie statystycznie. Największe różnice występowały pomiędzy grupami ocenianymi na jeden oraz dwa punkty w teście FMS. W powyższej analizie tylko pomiędzy tymi grupami różnica wskaźnika jest istotna statystycznie. W porównaniu wartości wskaźnika pomiędzy grupami o różnym stopniu asymetrii, wynik istotny statystycznie występuje pomiędzy S1 - A3 oraz S2 - A3. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 20.2.

**Tabela 20.2**

*Wynik analizy post - hoc dla wskaźnika „FA” w próbie „shoulder mobility” dla punktacji testu FMS.*

<b>„SHOULDER MOBILITY”</b>	<b>Punkty FMS</b>						
		0	1	2	3		
	1			0,00	0,49		
	2		0,00		0,36		
	3		0,49	0,36			
	<b>Stopień asymetrii</b>						
		S1	A2	A1	S2	A3	S3
	S1		0,07	0,14	0,45	0,00	0,14
	A2	0,07		1,00	1,00	1,00	1,00
	A1	0,14	1,00		0,87	1,00	1,00
S2	0,45	1,00	0,87		0,00	1,00	
A3	0,00	1,00	1,00	0,00		0,11	
S3	0,14	1,00	1,00	1,00	0,11		

Na podstawie statystycznie istotnych wyników a analizie post-hoc w próbie „shoulder mobility”, za pomocą krzywej ROC zaproponowano punkt odcięcia wartości wskaźnika pomiędzy grupami o różnej ocenie FMS. Dla uczestników badania otrzymujących jeden lub dwa punkty od eksperta proponowany punkt odcięcia dla tych prób to 0,09. Indeks Youdena wynosi wówczas 0,52 zaś wartość statystyczna  $p < 0,001$ . Szczegółowe wyniki krzywej ROC zilustrowano na rycinie 16.4.

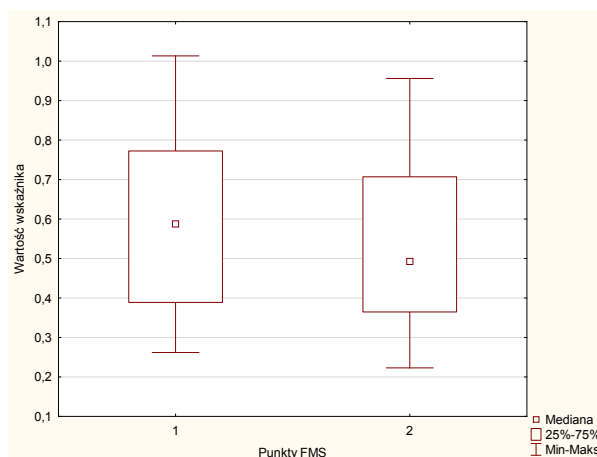


**Rycina 16.4**

*Proponowany punkt odcięcia na krzywej ROC w próbie „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 2.*

#### 4.3.2.7. Trunk stability

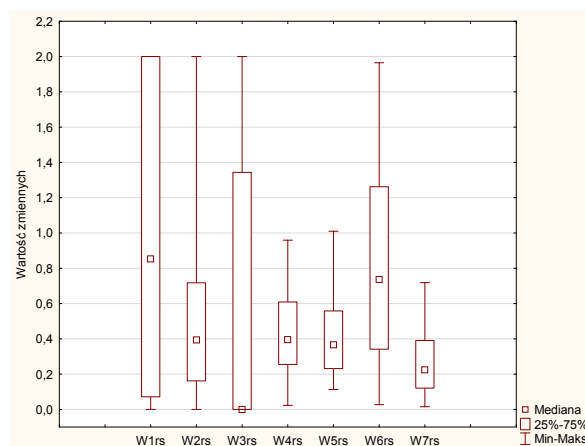
W ocenie wskaźnika „FA” w próbie „trunk stability”, podobnie jak we wskaźniku „SFb” nie uwzględniono wartości zero, ponieważ zaburzenia równowagi i niekontrolowane ruchy badanych występowały tak często, że porównanie ich z pozostałymi wartościami byłoby nieadekwatne. Brak wartości trzypunktowych związany jest z niewystępowaniem ich wśród badanych osób. W porównaniu wskaźnika „FA” pomiędzy grupami badanych o różnych ocenach w teście FMS, wyniki są na podobnym poziomie a różnica jest nieistotna statystycznie (rycina 17.1).



**Rycina 17.1**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „trunk stability” z podziałem na punkty uzyskane w teście FMS.*

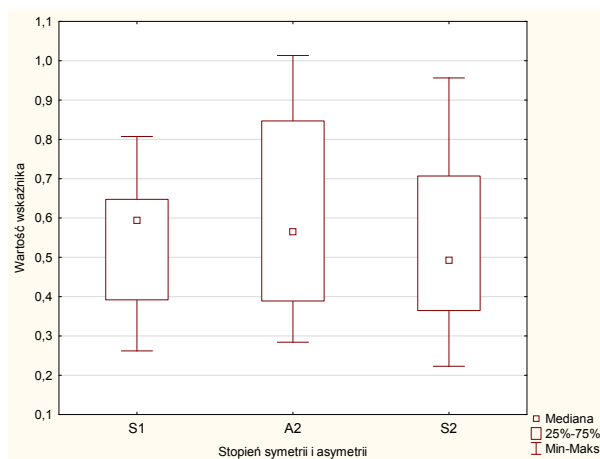
W próbie „trunk stability” system oceny wymaga obserwacji siedmiu zmiennych jednocześnie. Najwyższą wartością wskaźnika „FA” oraz największym rozstępem międzykwartylowym charakteryzuje się zmienna W1rs - dotknięcie kolana łokciem. Jest więc to zmienna o największych dysproporcjach pomiędzy stronami ciała. Jedne z wyższych wartości mediany na poziomie 0,74 widoczne są w zmiennej W6rs - kąt w stawie kolanowym. Natomiast najniższą wartość wskaźnika zanotowano w zmiennej W3rs - uniesienia kończyny dolnej, w której mediana wynosi 0,00. Obie powyższe zmienne wchodzą w skład jednego kryterium ruchu „osiowości kończyn” jednakże wyniki te świadczą o unoszeniu kończyny dolnej na wymaganą wysokość przy jednoczesnym zgięciu stawu kolanowego (rycina 17.2).



**Rycina 17.2**

*Mediana, rozstęp międzykwartylowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w poszczególnych kryteriach oceny ruchu w próbie „trunk stability”.*

Grupa uzyskująca w teście FMS jeden punkt może składać się z osób o jednakowym wyniku 1 - 1 dla obu stron ciała oraz z badanych o wynikach 1 - 2 i wpisanej gorszej ocenie jako sumaryczna dla próby. Rozdzielając te grupy dokonano analizy wskaźnika „FA” względem stopnia asymetrii. W niniejszych badaniach nie odnotowano wyniku trzech punktów w próbie „trunk stability” nawet dla jednej strony ciała. W opisie wskaźnika „FA” względem stopnia asymetrii nie występuje więc porównanie do poziomów S3, A1 oraz A3. Biorąc pod uwagę ocenę wskaźnika na podstawie mediany, wszystkie wyniki utrzymują się na podobnym poziomie a maksymalna różnica pomiędzy nimi wynosi 0,1 i nie jest ona istotna statystycznie (rycina 17.3).



**Rycina 17.3**

Mediana, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne oraz maksymalne wskaźnika „FA” wyrażone w procentach w próbie „trunk stability” z podziałem wyniki symetryczne oraz asymetryczne uzyskane w teście FMS.

Poprzez wskaźnik „FA” możliwa jest ocena wykonania ruchu uwzględniając obie strony ciała. W próbie „trunk stability” porównanie wartości tego wskaźnika z grupami o różnej punktacji w teście FMS oraz innym stopniu asymetrii nie jest istotna statystycznie. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tabela 21.1.

**Tabela 21.1**

Analiza Kruskala - Wallisa dla wskaźnika „FA” w próbie „trunk stability” dla punktacji testu FMS oraz dla stopnia asymetrii.

„TRUNK STABILITY”	Punkty FMS					
	FMS	N ważnych	Suma rang	Średnia rang	H	p
	1	35	1273,00	36,37	0,65	0,420
2	33	1073,00	32,52			
„TRUNK STABILITY”	Stopień asymetrii					
	S1	17	596,00	35,06	0,79	0,670
	A2	18	677,00	37,61		
	S2	33	1073,00	32,52		

#### 4.4. Porównanie wskaźników do sumarycznej wartości testu

Zarówno wskaźnik „SFb”, jak i wskaźnik „FA”, zostały porównane z sumą punktacji FMS. Dla każdego zawodnika odnotowano wyniki składające się z sumy rezultatów osiągniętych we wszystkich wykonanych próbach FMS. Zostały one porównane z sumą wskaźnika „SFb” oraz wskaźnika „FA”. Do wykonania obliczeń posłużyły natomiast średnie wartości sum wskaźników każdej z prób, w której wziął udział uczestnik badania (tabela 22.1).

**Tabela 22.1**

*Podstawowe statystyki opisowe badanych zmiennych ilościowych.*

	M	Me	Min.	Maks.	SD
<b>Suma FMS</b>	12,25	12,58	7,33	16,00	1,94
<b>Suma wskaźnika SFb</b>	119,14	117,78	102,88	154,55	12,16
<b>Suma wskaźnika FA</b>	2,82	2,79	1,84	3,51	0,43

*M-średnia; Me-mediana; Min i Maks-najniższa i najwyższa wartość rozkładu; SD-odchylenie standardowe*

W celu ustalenia, czy istnieje związek pomiędzy ogólnym wynikiem FMS, a wskaźnikami „SFb” i „FA”, wykonano szereg analiz regresji. Jako zmienną wyjaśniającą, za każdym razem wprowadzono wynik FMS osiągnięty przez każdego z badanych, rozumiany jako mediana ze wszystkich prób. Zmienne wyjaśniane uwzględniono kolejno poprzez sumę wskaźnika „SFb”, sumę wskaźnika „FA” oraz obie zmienne jednocześnie. Każdy z trzech sposobów, w sposób istotny statystycznie, pozwalał przewidywać wartość sumy FMS. Kolejno:  $p < 0,001$  dla średniej wskaźnika „SFb”,  $p = 0,003$  dla wskaźnika „FA” oraz  $p < 0,001$  dla obu zmiennych. Poprzez współczynnik determinacji, zweryfikowano również stopień w jakim poprzez zmiany wskaźników można interpretować zmienność w wyniku testu FMS. Wspomniane modele wyjaśniały następująco 43,7%, 32,7% oraz 59,3% zmienności zmiennej wyjaśnianej. Wyniki współczynnika regresji przedstawiono w tabeli 23.1.



**Tabela 23.1**

*Współczynniki regresji przewidującej łączny wynik FMS na podstawie wskaźnika SFb i wskaźnika FA.*

	Stała	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	$\beta$
Model pierwszy						
<b>Wskaźnik „SFb”</b>	24,79	-0,11	0,03	-4,13	<0,001	-0,661
Model drugi						
<b>Wskaźnik „FA”</b>	19,53	-2,59	0,79	-3,27	0,004	-0,572
Model trzeci						
<b>Wskaźnik „FA”</b>	28,65	-2,03	0,62	-3,29	0,003	-0,449
<b>Wskaźnik „SFb”</b>		-0,09	0,02	-4,13	<0,001	-0,563

*B-współczynnik regresji; SE-błąd standardowy; t-statystyka testu; p-poziom istotności;  $\beta$ -współczynnik regresji*

Wyniki analizy regresji wskazują, iż zarówno wyższe wartości wskaźnika „SFb”, jak i wskaźnika „FA”, są związane z niższymi wynikami ogólnymi testu FMS. Siła związku jest nieznacznie wyższa dla pierwszego z zaprezentowanych wskaźników. Warto jednak zaznaczyć, że obie zmienne wyjaśniające, istotnie przyczyniają się do przewidywania wyniku FMS, a w największym stopniu jeśli zostaną jednocześnie włączone do modelu. Dodatkową informację uzyskujemy ze stałej, która pokazuje teoretyczną wartość testu FMS w przypadku, gdy wskaźnika „SFb” i wskaźnik „FA” byłyby równe zero. Wzór służący obliczeniu wyniku FMS jest następujący:

$$\text{FMS} = -2,03 * \text{wskaźnik „FA”} - 0,09 * \text{wskaźnik „SFb”} + 28,6$$

## 5. Analiza wyników i dyskusja

Za pomocą analizy czynnikowej PCA, sprawdzono strukturę testu FMS i zweryfikowano, czy zaproponowana przez twórców i zastosowana we wszystkich próbach liczba kryteriów ruchu, jest odpowiednia oraz czy mierzą one ten sam ruch czy też wchodzi w skład różnych czynników.

Próby „**deep squat**” oraz „**active straight leg raise**” niemal bezbłędnie obrazują, iż każde z kryteriów określa inne zachowania motoryczne, natomiast w zadaniach typu „**hurdle step**” czy „**trunk stability**”, podział ten nie jest już tak oczywisty. W pozostałych próbach można zaobserwować pojedyncze sytuacje, w których zmienne z różnych kryteriów, wchodzi w skład jednego czynnika. Oceniając globalnie strukturę kryteriów testu FMS, należałoby uznać podział kryteriów oraz ich ilość, za prawidłowe. Analizę rozpatrzono ze względu na strukturę, nie na redukcję danych.

W większości prób testu FMS rzetelność wskaźnika „SFb” oceniana poprzez ICC odznaczała się wartością powyżej 0,8. Taki rezultat widoczny był w próbach: „**in line lunge**”, „**shoulder mobility**”, „**active straight leg raise**”, „**push up**”. To właśnie w tych próbach, nawet przy jednym powtórzeniu, można wnioskować o dobrej rzetelności wyniku. Najmniej rzetelną spośród ocenianych prób zarówno we wskaźniku „SFb” jak i „FA” była próba „**hurdle step**”, uzyskując wyniki 0,37 oraz 0,18. Wskaźnik „FA” w porównaniu do wskaźnika „SFb” charakteryzował się niższym poziomem rzetelności. Wyniki prób mieściły się w zakresie od 0,18 dla „**hurdle step**” do 0,79 dla „**shoulder mobility**”. Nie jest więc to pożądany poziom w ocenie całego wskaźnika „FA” lecz wyniki te mogą być powodem rozważań przyszłych badań. W większości artykułów opisujących rzetelność testu FMS wykazano akceptowalny poziom błędu pomiaru ze średnią wartością ICC 0,76 do 0,98 (Bonazza i wsp., 2017). W analizach Butlera (2012) odnotowano ICC poszczególnych prób na poziomie 0,95 - 1,0. Natomiast Frohm określił poziomy ten od 0,30 dla „**trunk stability**”, do 0,85 dla „**shoulder mobility**” (Frohm i wsp., 2012).

Założenia tworzenia wskaźnika „SFb” opierały się na zasadzie zmniejszania się jego wartości wraz z wyższą oceną uzyskaną w teście FMS. Dokładnie tą koncepcję potwierdzają próby „**hurdle step**”, „**in line lunge**”, „**shoulder mobility**” oraz „**trunk stability**”. W próbie „**deep squat**” porównując wartość wskaźnika „SFb” do wartości punktowych przyznanych przez eksperta FMS, wyniki grupy uzyskująca jeden punkt kształtuje się na podobnym poziomie jak dla grupy ocenianej na dwa punkty. Różnica mediany w oby grupach wynosi 0,78 i jest nieistotna statystycznie. Jednakże taki stan może być wynikiem małej liczby danych dla badanych ocenianych na jeden punkt.

Zadaniem eksperta FMS w ocenie próby „**active straight leg raise**” jest przede wszystkim weryfikacja rzutu kostki przyśrodkowej kończyny unoszonej względem kończyny na podłożu. Wyniki

wskaźnika „SFb” mogą nie być zgodne z założeniami tworzenia wskaźnika, ponieważ zmienną o najwyższej wartości wskaźnika była W1lr - utrzymanie stopy w neutralnej pozycji stopy. Powyższa zmienna jest weryfikowana przez praktyków testu FMS lecz nie jest ona fundamentalna. Wyniki wskaźnika „SFb” w próbie „**active straight leg raise**” wymagają dalszych badań i rozważań nad wprowadzeniem podziału wkładu wartości poszczególnych zmiennych w sumaryczną ocenę próby.

W próbie „**push up**”, wyłącznie wskaźnik dla badanych otrzymujących zero punktów, nie ma zastosowania dla twierdzenia mówiącego o zmniejszonym poziomie wskaźnika wraz ze wzrostem punktacji FMS. Prawdopodobnie uzasadnieniem staje się tu duża rozpiętość między ocenami minimalnymi, a maksymalnymi. Otrzymując zero punktów, badany nie był w stanie wykonać próby. Podczas wykonania ruchu w niektórych zmiennych poziom błędu utrzymywał się na bardzo wysokim poziomie, ponieważ dochodziło np. do dużych zaburzeń równowagi lub do osiowości ciała. Natomiast inne zmienne miały niską wartość wskaźnika czego przykładem może być zmienna W1pu (początkowe ustawienie kończyn górnych). Mediana wskaźnika tej zmiennej jest najniższa lecz rozstęp międzykwartyłowy największy. Przyczyną takiego stanu może być sytuacja, w której badani dla których próba nie stanowiła problemu nie zmieniali pozycji dłoni w trakcie ruchu, lecz badani, którzy nie byli w stanie wykonać poprawnie próby dążyli do łatwiejszej wersji poprzez przesunięcie dłoni bliżej klatki piersiowej.

Weryfikacji wskaźnika „FA” dokonano dla wszystkich prób testu FMS, zarówno tych asymetrycznych jak i symetrycznych. Jednym z celów takiej analizy było sprawdzenie czy wartość wskaźnika zmienia się wraz z wartością punktową otrzymaną w teście FMS. W ocenie powyższego wskaźnika”, w próbach „**shoulder mobility**” i „**active straight leg raise**”, zauważono istotną statystycznie różnicę pomiędzy grupami uwzględniającym różne oceny eksperta. W pozostałych pięciu próbach wskaźnik ten kształtował się na podobnym poziomie, niezależnie od wartości punkowych i nie był istotny statystycznie.

Próby „**deep squat**” oraz „**push up**” jako jedyne w teście FMS wykonywane są symetrycznie. W tych dwóch przypadkach brak istotności statystycznej wartości wskaźnika „FA” pomiędzy grupami o różnym poziomie w teście FMS jest wynikiem spodziewanym. Mediana wskaźnika na podobnym poziomie w różnych grupach oznacza, że niezależnie czy badany wykonał ruch poprawnie lub nie, ewentualne kompensacje występowały symetrycznie.

Jednakże wyniki wskaźnika „FA” rozpatrywane w ten sposób, mogą nie dawać pełnego obrazu potrzeby określania różnic w rezultatach obu stron ciała, ponieważ ocenie podlegał jedynie sumaryczny wynik FMS. Jeżeli badany uzyskał różne wartości punktowe dla obu stron ciała, to słabsza ocena traktowana jest jako wynik całkowity dla powtórzenia. W związku z tym przykładowo w ogólnej ocenie próby asymetrycznej mogą znaleźć się powtórzenia oceniane na jeden punkt dla lewej i prawej

strony ciała, jak również te, w których badany dla jednej strony ciała otrzymał jeden punkt a dla drugiej dwa lub trzy punkty, a wpisany do arkusza obserwacji został słabszy wynik.

W związku z powyższym we wskaźniku „FA” zdecydowano się na określenie wartości mediana za pomocą rozgraniczenia w próbach rezultatów symetrycznych oraz rezultatów asymetrycznych wraz z ich stopniami. Taki sposób oceny pozwolił na sprawdzenie na jakim poziomie znajduje się wskaźnik „FA” w powtórzeniach ocenianych przez eksperta jednakowo dla obu stron ciała oraz czy będzie się różnił względem wskaźnika w powtórzeniach o różnych wartościach punktowych dla obu stron ciała.

Spośród 5 prób asymetrycznych w teście FMS, w „**hurdle step**”, „**active straight leg raise**” i „**shoulder mobility**” poziom wskaźnika „FA” we wszystkich stopniach asymetrii był wyższy, w porównaniu do powtórzeń symetrycznych. Zasadnym wydaje się zastosowanie wskaźnika asymetrii uwzględniającego poszczególne strony ciała, a nie respektującego sumaryczny wynik powtórzenia. W próbach „**in line lunge**” oraz „**trunk stability**” rezultat wskaźnika „FA” utrzymywał się na podobnym poziomie, niezależnie od sposobu wykonania zadania podczas testu FMS.

W celu jeszcze bardziej szczegółowej analizy wskaźników, wykonano porównanie poszczególnych zmiennych dla każdej z prób. Wyniki tych badań mogą być praktyczną wskazówką dla ekspertów testu FMS, na które zmienne należy zwracać szczególną uwagę podczas prowadzenia testu. Może być to istotna informacja, ponieważ nawet twórca testu FMS, zwrócił uwagę na konieczność oceny wielu kryteriów w różnych płaszczyznach podczas jednego ruchu (Cook i wsp., 2014b/2014a).

W porównanie poziomu błędu w ocenie ruchu poprzez wskaźnik „SFb” z wartościami uzyskanymi w teście FMS w próbie „**active straight leg raise**” wyniki nie uzyskały wymaganego poziomu istotności statystycznej, niż przyjęte  $p < 0,05$ . Przeciwnie wyniki testu nieparametrycznego odnotowano dla wskaźnika „FA”, gdzie jedynie wyniki próby „**active straight leg raise**” oraz „**shoulder mobility**”, były istotne statystycznie. Prawdopodobnie związane jest to z faktem, że porównano wskaźnik do sumarycznej oceny próby, nie zaś prawą i lewą stronę ciała osobno. Na tej podstawie można wnioskować, iż ocena wskaźnika za pomocą stopnia asymetrii w próbach asymetrycznych jest warta zastosowania. Analiza post - hoc szczegółowo prezentuje wynik, poprzez porównanie wskaźnika w poszczególnych wartościach punktowych uzyskanych w teście FMS. Brak istotności statystycznej w próbach „**deep squat**” - jeden punkt oraz „**push up**” - jeden punkt we wskaźniku „SFb”, może wynikać z niewielkiej ilości danych. W grupie badanych uzyskano odpowiednio jedynie trzy i pięć powtórzeń.

Indeks Youdena stanowi kombinację czułości i swoistości w danym punkcie przecięcia. Indeks osiąga wartość jeden, w momencie, w którym test umożliwia dokładne rozróżnienie pomiędzy

grupami. Proponowany punkt odcięcia dwóch grup jest odzwierciedleniem punktacji przyjętej przez test FMS, w porównaniu do wskaźnika „SFb” i „FA”. Zdecydowano o wyłączeniu z analizy statystycznej wyników, których podziały punktowe w próbach testu FMS były nieistotne statystycznie.

W próbie „**hurdle step**” punkt odcięcia w grupach uzyskujących 1 lub 2 oraz 1 lub 3 punkty w teście FMS jest jednakowy. Jednakże wartość indeksu Youdena w obu przypadkach jest niska. Podobnie w próbie „**shoulder mobility**” punkt odcięcia dla grup uzyskujących 1 lub 2 punkty różni się o 0,46 procenta od grupy otrzymującej 1 lub 3 punkty od eksperta FMS. W drugiej grupie liczba badanych otrzymujących 3 punkty wynosiła dwanaście a indeks Youdena 0,60. Brak wymaganego poziomu może mieć związek z niedostateczną ilością danych i może być to tematem rozważań do rozszerzenia grupy i weryfikacji wyników w przyszłości.

Ostatnim etapem stworzenia i weryfikacji wskaźników było ich porównanie z sumą punktów testu FMS. W tym celu analizowano całościowe wyniki danego zawodnika we wszystkich siedmiu próbach podczas przeprowadzania testu FMS z wartościami sum obu wskaźników. Mediana sumy testu FMS dla wszystkich zawodników wyniosła 12,58 punktu, zaś sumy wskaźnika „SFb” 117,78, a suma wskaźnika „FA” kształtuje się na poziomie 2,79. Oceniając analizę regresji, jako formę przewidywania sumy FMS na podstawie wskaźników „SFb” oraz „FA”, wyjaśniały one odpowiednio 43,7% oraz 32,7% zmienności testu FMS, zaś ujemne wartości  $\beta$  świadczą o zależności - im wyższy wynik testu FMS, tym niższy poziom wskaźnika. Interesujący jest jednak fakt, iż po połączeniu ze sobą zmiennych wyjaśniających, otrzymano 59,3% informacji zmiennej wyjaśnianej. Należałoby więc wnioskować, iż wybrane wskaźniki oceniają ruch pod różnym względem, jednakże obie w sposób istotny wchodzi w skład wyniku testu FMS. W związku z powyższym, warto uwzględnić jeden i drugi jednocześnie.

Badani różnie interpretują sumaryczny wynik testu FMS. Kiesel uważa, iż łączny wynik może być predyktorem odniesienia urazu w sporcie (Kiesel i wsp., 2007; O'Connor i wsp., 2011; Chorba i wsp. 2010). McCall, Beardsley oraz Contreras są jednak zdania, że nie należy uogólniać testu, a rezultat ten nie niesie za sobą bezpośredniej informacji o ryzyku odniesienia urazu (McCall i wsp. 2015; Beardsley, Contreras 2014). Łączny wynik FMS powinien być stosowany jako narzędzie kontrolne, a nie jako miara kompetencji ruchowych. Jest to zgodne z elementami niedawno opublikowanej pracy autorów FMS (Cook i wsp., 2014).

Na podstawie przeglądu doniesień naukowych znaleziono cztery pozycje, w których autorzy dostrzegają potencjał testu FMS, lecz również jego słabe strony, które starają się zniwelować. Według Buttlera, głównym ograniczeniem FMS jest fakt, iż nie identyfikuje konkretnego czynnika ograniczającego ruch, leżącego u podstaw każdej oceny. W związku z tym opracowano 100-punktową skalę

FMS, której celem stało się zwiększenie precyzyjności testu (Butler i wsp. 2012). Badania przeprowadzone na 30 osobach zostały nagrane, a filmy pokazane dwóm niezależnym ekspertom, oceniającym jakość wykonywanych ćwiczeń we wspomnianej skali 100-punktowej. Podział prób, ze względu na możliwe do otrzymania wartości punktowe, został dobrany przez autora w sposób subiektywny. W związku z tym, oceniał rzetelność obu ocen, która była na poziomie 0,91 do 1,00. W innym badaniu, w którym zastosowano 100-punktową skalę pomiarową, wykazano silną korelację z ryzykiem wystąpienia urazu, natomiast odnotowano również umiarkowaną korelację z wynikiem w skali 21 punktów (Purser i wsp., 2018). Obaj autorzy zwrócili uwagę na zasadność oceny testu FMS osobno dla prawej i lewej strony ciała i konieczność zwiększenia informatywności testu. W powyższej pracy autor również zwraca uwagę, iż są to słabe strony testu FMS.

W swoim artykule, Chang zwraca uwagę na niedokładność subiektywnej oceny eksperta w teście FMS. Celem jego pracy było stworzenie automatycznego systemu przechwytywania obrazu i śledzenia kąta ruchu w stawach, który miałby wspomóc ocenę wzorca ruchu u sportowców i poprawić obiektywizację testu (Chang i wsp., 2018). Badania na dwóch grupach dwunastoosobowych, wykazały umiarkowaną do wysokiej dodatnią korelację połączenia tych dwóch systemów. Uważa on, iż tego typu rozwiązanie, może pomóc w ocenie obustronnych deficytów kończyn lub tułowia oraz asymetryczności ruchów, a w przyszłości FMS może być wykorzystywany również jako kryterium przesiewowe dla sportowców różnych dyscyplin sportowych

Pomimo, iż test FMS jest obecnie najczęściej wykorzystywanym narzędziem do diagnozy podstawowych wzorców ruchu, a zasadność jego użyteczności jest znacząca, Whiteside zauważa, że wprowadzając subtelne zmiany, istnieje możliwość jego udoskonalenia. Istotne jest, aby określone przez twórców kryteria ruchu, były oceniane w sposób dokładny i aby zwracano uwagę na każde z nich. W związku z tym, zaproponował badanie przeprowadzane w czasie rzeczywistym, przy użyciu obiektywnego systemu oceniania - Inertial Measurement System, który według autora zwiększy obiektywizację testu FMS. Badania na 11 sportowcach dowiodły, że poziomy zgodności między ekspertem a systemem IMU wynosi 50% dla pięciu ćwiczeń oraz powyżej 50% dla pozostałych pięciu ćwiczeń. Oceniano osobno wyniki dla obu stron ciała w próbach asymetrycznych z jednoczesnym wyłączeniem próby „**shoulder mobility**” (Whiteside i wsp., 2016).

Trafność oraz rzetelność testu FMS oceniana była przez kilku naukowców. Na podstawie dostępnych artykułów należy stwierdzić, że jest on rzetelny oraz trafny (Kiesel i wsp., 2011; Kiesel i wsp., 2007; Minick i wsp. 2010). Powyższa praca bazuje na tych samych założeniach, które zaproponowali twórcy testu oraz na jednakowych kryteriach oceny ruchu, wielokrotnie uznanych przez niezależnych ekspertów za rzetelne. Nie wprowadzono zmian w wykonywanych próbach, a jedynie

zaproponowano odmienny sposób oceny ruchu poprzez wskazanie obszarów zmian w jakości ruchu przy użyciu wskaźników liniowych.

W powyższej pracy autor zwraca również uwagę na korzyści płynące z informacji dostarczanych poprzez badanie testem FMS, starając się jednocześnie zaproponować swego rodzaju formę ulepszenia tego testu. Poprzez wprowadzenie optoelektronicznego systemu motion capture każde kryterium ruchu oceniane jest w sposób szczegółowy. Optymalnym rozwiązaniem byłaby zamiana skali rangowej testu FMS na skalę liniową wyrażoną poprzez oba wskaźniki jednocześnie. Propozycja wskaźnika „SFb” umożliwia zaprezentowanie nawet subtelnych zmian, zwiększających informatywność testu oraz zastępujących skalę rangową - skalę liniową. Posłużenie się wskaźnikiem „FA”, umożliwia natomiast rozdzielenie danych z obu stron ciała, co niesie za sobą szansę oceny występujących asymetryczności ciała. W powyższej pracy, analiza wskaźnika „FA” nie jest jednoznaczna. W większości prób wzajemna zależność wskaźnika do grup o różnej ocenie w teście FMS była nieistotna statystycznie jednakże jednocześnie zmiana wartości wskaźnika istotnie wpływa na zmianę wartości punktów w teście FMS. Wydaje się więc zasadnym prowadzenie dalszych badań w kierunku analizy wskaźnika „FA”.

## 6. Wnioski

Przedstawione dane oraz analiza publikacji naukowych umożliwiły weryfikację postawionych hipotez oraz sformułowanie następujących wniosków:

1. Wskaźniki sprawności funkcjonalnej dla poszczególnych prób FMS cechuje co najmniej dobra rzetelność w większości prób wskaźnika „SFb”. Rzetelność wskaźnika „FA” nie jest tak jednoznaczna.
2. Występuje zależność pomiędzy wartościami wskaźników sprawności funkcjonalnej a wynikiem punktowym w próbach FMS.
3. Możliwe jest wyznaczenie optymalnych punktów odcięcia dla większości wartości wskaźników „SFb” oraz dla niektórych wartości wskaźników „FA” pomiędzy poszczególnymi poziomami poprawności wykonania prób w teście FMS.

Wyznaczenie optymalnych punktów odcięcia dla wskaźnika „SFb” było możliwe dla prób:

- „deep squat” dla punktacji 0 oraz 2,
- „deep squat” dla punktacji 0 oraz 3,
- „hurdle step” dla punktacji 1 oraz 2,
- „hurdle step” dla punktacji 1 oraz 3,
- „hurdle step” dla punktacji 2 oraz 3,
- „in line lunge” dla punktacji 1 oraz 2,
- „in line lunge” dla punktacji 1 oraz 3,
- „push up” dla punktacji 0 oraz 3,
- „push up” dla punktacji 1 oraz 3,
- „push up” dla punktacji 2 oraz 3,
- „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 2,
- „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 3,
- „shoulder mobility” dla punktacji 2 oraz 3,
- „trunk stability” dla punktacji 1 oraz 2.

Wyznaczenie optymalnych punktów odcięcia dla wskaźnika „FA” było możliwe dla prób:

- „active straight leg raise” dla punktacji 2 oraz 3,
- „shoulder mobility” dla punktacji 1 oraz 2.



## Streszczenie

Celem badań było zwiększenie informatywności testu oceny funkcjonalnej FMS poprzez zaproponowanie i ewaluację wskaźnika diagnostycznego (wskaźnik sprawności funkcjonalnej dla FMS) w przedziałowej skali liniowej za pomocą stworzenia precyzyjnego „narzędzia” diagnostycznego, pozwalającego wykrywać nawet niewielkie zmiany w poziomie funkcji motorycznych.

W badaniach wzięło udział 30 mężczyzn, a każdy z badanych wykonał trzykrotnie każdą próbę testu FMS. Uczestnicy mieli naklejonych 39 markerów do pomiaru dokonanych przez optoelektroniczny system Vicon oraz kamery wizyjne. Jednocześnie z rejestracją ruchu, oceny prób FMS dokonał licencjonowany ekspert, przydzielając punkty dla każdego powtórzenia. Celem badania było zwiększenie informatywności testu oraz stworzenie wskaźników wyrażonych w liniowej skali porządkowej, zwiększającej dokładność diagnostyczną. Dla pozyskanych danych przemysłowych w formacie c3d stworzono skrypty w programie MATLAB, potrzebne do analizy zgodnie z wytycznymi protokołu FMS. Na podstawie przebiegów czasowych parametrów kinematycznych oraz kryteriów oceny prób testu FMS, stworzono zmienne wartościujące poziom wykonania próby. Następnie dokonano redukcji wartości analizowanych zmiennych EMP poprzez zastosowanie dwustronnego testu Grubbsa. Kolejno dokonano redukcji liczby zmiennych kryteriów oceny, opisujących sposób wykonania ćwiczenia.

Zaproponowany wskaźnik „SfB” stworzono ze średniej wartości uzyskanych wyników, które stanowiły moduł liczby każdego kryterium ruchu. Wskaźnik „FA” przedstawiono zaś jako modułu SI – *Symmetry Index* każdego przebiegu czasowego parametrów kinematycznych we wszystkich wzorcach ruchu, a następnie wyliczono średnią z tych wartości. Wyniki przedstawione przez wskaźniki są wartością procentową błędu w określonym kryterium ruchu. Zweryfikowano rzetelność wskaźników oraz porównano ich wartość w grupach uzyskujących różne wartości punktowe od eksperta FMS. Istotne statystycznie różnice pomiędzy grupami poddano próbie ustalenia punktu odcięcia.

Uchwycenie niewielkich deficytów ruchowych, może prowadzić do lepszego zrozumienia zmian zachodzących w układzie ruchu. Tego rodzaju informacje mogą w przyszłości stanowić cenne źródło wiedzy na temat stanu motorycznego zawodnika, będąc jednocześnie wykorzystywanymi podczas procesu treningowego. Rezultaty stwarzają potencjał do dalszych rozważań oraz do rozszerzenia grupy i weryfikacji wyników w przyszłości.

**Słowa kluczowe:** Functional Movement Screen, wskaźnik sprawności funkcjonalnej, obiektywizacja

**Tytuł w języku angielskim:** Objectification of FMS functional assessment test trials

## Summary

The aim of this research was to increase the amount of information provided by the FMS functional assessment test by proposing and evaluating a diagnostic indicator (functional performance indicator for FMS) on a linear range scale by creating a precise diagnostic "tool" to detect even small changes in the level of motor functions.

The study was attended by 30 men, and each of the subjects performed each FMS test thrice. The participants had 39 markers glued for the measurements made by the optoelectronic Vicon system and video cameras. Simultaneously with the recording of movement, the evaluation of FMS tests was performed by a licensed expert, assigning points for each repetition. The aim of this research was to increase the amount of information provided by the FMS test and to create indicators expressed in a linear order scale, which increases diagnostic accuracy. For the obtained industrial data in c3d format, MATLAB scripts were created for analysis according to FMS protocol guidelines. Based on the time profiles of the kinematic parameters and evaluation criteria of the FMS test samples, variables that evaluate the level of sample execution have been created. Then, the values of the analyzed EMP variables were reduced by using a two-sided Grubbs test. Next, the number of variable evaluation criteria was reduced, describing the way the exercise was performed.

The proposed "SFb" indicator was created from the average value of obtained results, which constituted a module of the number of each motion criterion. The "FA" indicator was presented as an SI module - Symmetry Index of each time course of kinematic parameters in all motion patterns, and then the average of these values was calculated. The results presented by the indicators are the percentage of error in a movement criterion. The reliability of the indicators was verified and their value compared in groups obtaining different point values from an FMS expert. Statistically significant differences between the groups were attempted to determine the cut-off point.

Capturing small motor deficits may lead to a better understanding of changes in the motor system. In the future, such information may constitute a valuable source of knowledge about the athlete's motor condition, while being used during the training process. The results have the potential for further consideration along with extending the group and verifying the results in the future.

## Bibliografia

- Abraham, A., Sannasi, R., Nair, R. (2015). Normative values for the functional movement screen in adolescent school aged children. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(1), 29–36.
- Adamczyk, J., Peplowski, M., Boguszewski, D., Białoszewski, D. (2012). Ocena funkcjonalna zawodników uprawiających podnoszenie ciężarów z zastosowaniem testu Functional Movement Screen. *Medycyna Sportowa*, 28, 267–276.
- Agresta, C., Slobodinsky, M., Tucker, C. (2014). Functional movement screen - Normative values in healthy distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 35(14), 1203–1207. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1382055>
- Almeida, S. A., Trone, D. W., Leone, D. M., Shaffer, R. A., Patheal, S. L. (1993). Gender differences in musculoskeletal injury rates: a function of symptom reporting? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(12), 1807–1812. <https://doi.org/10.1097/00005768-199912000-00017>
- Arnason, A., Boddén, J. G., Needham, R. A., Chockalingam, N., Boyle, M. J., Butler, R. J., Proske, U. (2004). Breathing pattern disorders and functional movement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(1), 219–225. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000117165.75832.05>
- Azzam, M., Throckmorton, T., Smitg, R., Graham, D., Scholler, J., Azar, F. (2015). The Functional Movement Screen as a predictor of injury in professional basketball players. *Current Orthopaedic Practice*, 26(6), 619–623.
- Baumhauer, J. F., Alosa, D. M., Renström, F. H. (1995). A Prospective Study of Ankle Injury Risk Factors. *American Journal of Sports Medicine*, 23(5), 564–570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/036354659502300508>
- Beardsley, C., Contreras, B. (2014). The Functional Movement Screen: a Review. *Strength & Conditioning Journal*, 36(5), 72–80. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000074>
- Beijsterveldt, A. M. C., Van Port, I. G. L., Van De Krist, M. R., Schmikli, S. L., Stubbe, J. H., Frederiks, J. E., Backx, F. J. G. (2012). Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players : a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 1114–1118.
- Bendjaballah, M. Z., Shirazi-Adl, A., Zukor, D. J. (1997). Finite element in varus- valgus analysis of human knee joint. *Clinical Biomechanics*, 12(3), 139–148. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(97\)00072-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-0033(97)00072-7)
- Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J. (2013). Implementation of the FIFA 11 + football warm up program : How to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 47, 803–806. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092124>
- Bompa, T. O., Haff, G. (2009). *Periodization – Theory and Methodology of Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Bonazza, N. A., Smuin, D., Onks, C. A., Silvis, M. L., Dhawan, A. (2017). Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen. *American Journal of Sports Medicine*, 20(10), 1-8. <https://doi.org/10.1177/0363546516641937>
- Boyle, M. J., Butler, R. J., Queen, R. M. (2016). Functional Movement Competency and Dynamic Balance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Adolescent Patients. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 36(1), 36–41. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000000402>
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Injury in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 379–387. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000117165.75832.05>
- Bunn, S., Inoue, A., Bezerra, E. (2019). Physical Therapy in Sport The association between the functional movement screen outcome and the incidence of musculoskeletal injuries : a systematic review with meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 35, 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.11.011>
- Burk, K., Imholte, S., Camber, E., Kahat, D., Stenson, M., Fischer, D. (2010). Movement Characteristics and Prior Injury in Agility and Non-Agility Sports. Poster

- Burton, A. W., Miller, D. E. (1998). *Movement skill assessment*. Human Kinetics.
- Butler, R. J., Plisky, P. J., Kiesel, K. B. (2012). Interrater Reliability of Videotaped Performance on the Functional Movement Screen Using the 100-Point Scoring Scale. *Athletic Training & Sports Health Care*, 4(3), 103–109. <https://doi.org/10.3928/19425864-20110715-01>
- Chang, H. Y., Hsueh, Y. H., Lo, C. L. (2018). Automatic Image-Capture and Angle Tracking System Applied on Functional Movement Screening for Athletes. In *1st IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention, ICKII 2018* (pp. 106–107). <https://doi.org/10.1109/ICKII.2018.8569050>
- Chorba, R. S., Chorba, D. J., Bouillon, L. E., Overmyer, C. A., Landis, J. A. (2010). Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 5(2), 47–54.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., Voight, M. (2014a). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(3), 396–409.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., Voight, M. (2014b). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(4), 549–563.
- Cook, G. (2011). *Movement: Functional Movement System. Screening-Assessment-Corrective Strategies*. Lotus Publishing.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. (2006a). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function–Part 1. *Orth American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(2), 62–72.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. (2006b). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function–Part 2. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(3), 132–139.
- Cook, G., Burton, L., Fields, K., Kiesel, K. (1998). *The Functional Movements Screen*. Danville: Athletic Testing Services.
- Cook, G. (2003). *Athletic body in balance – optimal movement skills and conditioning for performance*. Champaign: Human Kinetics.
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., Crielaard, J. M. (2002). Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199–203.
- Cuson, M.(2010). *FMS Scores as a predictor of acute lower extremity in Division 1 intercollegiate basketball players*. Toledo: University of Toledo.
- Dahle, L. K., Mueller, M. J., Delitto, A., Diamond, J. E. (1991). Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14(2), 70–74. <https://doi.org/10.2519/jospt.1991.14.2.70>
- Duncan, M. J., Stanley, M. (2012). Functional movement is negatively associated with weight status and positively associated with physical activity in British primary school children. *Journal of Obesity*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/697563>
- Dvorak, J., Junge, A., Chomiak, J., Graf-Baumann, T., Peterson, L., Rösch, D., Hodgson, R. (2000). Risk factor analysis for injuries in football players. Possibilities for a prevention program. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5 Suppl), 69-74.
- Ekstrand, J., Gillquist, J. (1983). Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 3(267–270).
- Ekstrand, J., Hägglund, M., Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football - the UEFA injury study Injury incidence and injury patterns in professional football – the UEFA Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 533–538. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.060582>
- Emery, C. A., Meeuwisse, W. H., Hartmann, S. E. (2005). Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(12), 1882–1891.

- Evaggelinou, C., Tsigilis, N., Papa, A. (2002). Construct validity of the test of Gross Motor Development : a cross-validation approach. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 19, 483–495.
- Ferjenčík, J. (2000). *Úvod do metodologie psychologického výzkumu. Portál s.r.o.* (The introd). Praha: Portál.
- Foran, B. (2001). *High performance sports conditioning*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers.
- Ford, A. Functional Movement Screening as a Predictor of Injury in Division One Collegiate Football Athletes, University of Toledo; 2011
- Fox, D., O'Malley, E., Blake, C. (2014). Normative Data for the Functional Movement Screen™ in Male Gaelic Field Sports. *Physical Therapy in Sport*, 15(3), 194–199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2013.11.004>
- Frohm, A., Heijne, A., Kowalski, J., Svensson, P., Myklebust, G. (2012). A nine-test screening battery for athletes: a reliability study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 22(3), 306–315. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01267.x>
- Fuller, J. T., Chalmers, S., Debenedictis, T. A., Townsley, S., Lynagh, M., Gleeson, C., Magarey, M. (2015). High prevalence of dysfunctional, asymmetrical, and painful movement in elite junior Australian Football players assessed using the Functional Movement Screen. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(2), 134-138. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.05.003>
- Garrison, M., Westrick, R., Johnson, M. R., Benenson, J. (2015). Association between the functional movement screen and injury development in college athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(1), 21–28.
- Gaździk, T. *Ortopedia i traumatologia*. Warszawa: PZWL. 2010
- Glick, J. M., Gordon, R. B., Nishimoto, D. (1976). The prevention and treatment of ankle injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 4(4), 136–141. <https://doi.org/10.1177/036354657600400402>
- Gómez, J.E., Ross, S. K., Calmbach, W. L., Kimmel, R. B., Schmidt, D. R., Dhanda, R. (1998). Body Fatness and Increased Injury Rates in High School Football Linemen. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 8, 115–120.
- Gribble, P., Brigle, J., Pietrosimone, B., Pfile, K., Webster, K. (2013). Intrarater reliability of the functional movement screen. *Journal OfStrength and Conditioning Research*, 24(2), 479–486.
- Grygorowicz, M., Głowacka, A., Wiernicka, M., Kamińska, E. (2010). Kompleksowa ocena fizjoterapeutyczna podstawą profilaktyki pierwotnej urazów sportowych. *Nowiny Lekarskie*, 79(3), 240–241.
- Gulgin, H., Hoogenboom, B. (2014). the Functional Movement Screening (Fms)™: an Inter-Rater Reliability Study Between Raters of Varied Experience. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 14–20.
- Häggglund, M., Waldén, M., Ekstrand, J. (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 767–772. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.026609>
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., Gibson, M. (2001). The association football medical research programme : an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 43–47.
- Hewett, T. E., Zazulak, B. T., Myer, G. D., Ford, K. R. (2005). A review of electromyographic activation levels, timing differences, and increased anterior cruciate ligament injury incidence in female athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 347–350. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018572>
- Hupperets, M. D., Verhagen, E. A., Van Mechelen, W. (2009). Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: Randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 339, 276–278.
- Kelleher, L. K., Dickey, J. (2016). The Functional Movement Screen Is Not a Valid Measure of Movement Competency. The University of Western Ontario
- Kiesel, K. B., Butler, R. J., Plisky, P. J. (2014). Prediction of Injury by Limited and Asymmetrical Fundamental Movement Patterns in American Football Players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(2), 88–94.

<https://doi.org/10.1123/jsr.2012-0130>

- Kiesel, K. B., Plisky, P. J., Butler, R. J., (2011). Functional movement test scores improve following a standardized off-season intervention program in professional football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(2), 287–292. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01038.x>
- Kiesel, K. B., Plisky, P. J., Voight, M. L. (2007). Can Serious Injury in Professional Football be Predicted by a Preseason Functional Movement Screen? *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*, 2(3), 147–158. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-5-11>
- Kim, J. (2003). The effects of a physical education program on the standing long jump performance of pre-school-aged children with cognitive delays. *OR: Kinesiology Publications*. Eugene.
- Klimczyk, M., Goździk, A. (2014). Sprawność fizyczna dzieci w wieku 12 lat uczęszczających do klasy o profilu ogólnym i sportowym. *Journal of Health Sciences*, 4(12), 198–206.
- Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 19, 76–81.
- Kochański, B., Falkowska, E., Kałużna, A., Kałużny, K., Wołowicz, Ł., Hagner-Derengowska, M., Zukow, W. (2015). Ocena funkcjonalna zawodników uprawiających futbol amerykański z wykorzystaniem testu Functional Movement Screen. *Formerly Journal of Health Sciences*, 5(10), 170–179.
- Kollock, R. O., Lyons, M., Sanders, G., Hale, D. (2018). The effectiveness of the functional movement screen in determining injury risk in tactical occupations. *Industrial Health*. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0086>
- Kraus, K., Schütz, E., Taylor, W. R., Doyscher, R. (2014). Efficacy of the Functional Movement Screen: a Review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3571–3584. <https://doi.org/http://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000074>
- Krebs, P. (2000). Adapted Physical Education and Sport. *Human Kinetics*, 111–126.
- Krzyszowski, T. (2013). Śledzenie Ruchu Postaci Ludzkiej w Systemie Wielokamerowym.
- Kucera, K. L., Marshall, S. W., Kirkendall, D. T., Marchak, P. M., Garrett, W. E. (2005). Injury history as a risk factor for incident injury in youth soccer. *British Journal of Sports Medicine*, 39(7), 462–466. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.013672>
- Leeder, J. E., Horsley, I. G., Herrington, L. C. (2016). The inter-rater reliability of the functional movement screen within an athletic population using untrained raters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2591–2599. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1ff1d>
- Lehr, M. E., Plisky, P. J., Butler, R. J., Fink, M. L., Kiesel, K. B., Underwood, F. B. (2013). Field-expedient screening and injury risk algorithm categories as predictors of noncontact lower extremity injury. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(4). <https://doi.org/10.1111/sms.12062>
- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., Jordan, C. A., Luczo, T. M., Jeffriess, M. D. (2015). a preliminary investigation into the relationship between functional movement screen scores and athletic physical performance in female team sport athletes. *Biology of Sport*, 32(1), 41–51. <https://doi.org/10.5604/20831862.1127281>
- Loudon, J. K., Parkerson-Mitchell, A. J., Hildebrand, L. D. (2014). Functional movement screen scores in a group of running athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 909–913. <https://doi.org/10.1097/JSC.0000000000000233>
- Malliaras, P., Morrissey, D., Herman, K., Barton, C., Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *British Medical Journal*, 345(7915), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-75>
- Markolf, K. L., Burchfield, D. M., Shapiro, M. M., Shepard, M. F., Finerman, G. A., Slaughterbeck, J. L. (1995). Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *Journal of Orthopaedic Research*, 13(6), 930–935. <https://doi.org/10.1002/jor.1100130618>
- McCall, A., Carling, C., Davison, M., Nedelec, M., Le Gall, F., Berthoin, S., Dupont, G. (2015). Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the


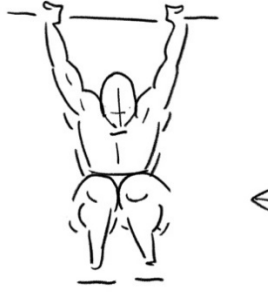


- perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *British Journal of Sports Medicine*, 49(9), 583–589.
- McCloy, C. H. (2013). The Measurement of General Motor Capacity and General Motor Ability. *Research Quarterly. American Physical Education Association*, 5, 46–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23267402.1934.10761657>
- McGuine, T. A., Brooks, A., (2011). The effect of lace-up ankle braces on injury rates in high school basketball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 39, 1840–1848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0363546511406242>
- McGuine T. A., Greene J. J., Best, T. (2000). Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(4), 239–244.
- Meeuwisse, W., Bahr, R. (2009). a systematic approach to sports injury prevention. *Sports Injury Prevention*, 7–16.
- Mills, J. D. (2005). The effect of a 10-week training regimen on lumbo-pelvic stability and athletic performance in female athletes. a randomized-controlled trial. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.02.006>
- Minick, K. I., Kiesel, K. B., Burton, L., Taylor, A., Plisky, P., Butler, R. J. (2010). Interrater reliability of the functional movement screen. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 479–486. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c09c04>
- Myer, G. D., Chu, D. A., Brent, J. E., Hewett, T. (2012). a pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 94, 1–8.
- Myer, G.D., Ford, K.R., Paterno, M.V., Nick, T.G. (2008). The Effects of Generalized Joint Laxity on Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury in Young Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(6), 1073–1080. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0363546507313572>
- Nadler, S. F., Malanga, G. A., DePrince, M., Stitik, T. P., Feinberg, J. H. (2000). The Relationship Between Lower Extremity Injury, Low Back Pain, and Hip Muscle Strength in Male and Female Collegiate Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(2), 89–97. <https://doi.org/10.1097/00042752-200004000-00002>
- Nadler, S. F., Malanga, G. A., Feinberg, J. H. (2002). Functional Performance Deficits in Athletes with Previous Lower Extremity Injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12(2), 73–78.
- Nadler, S. F., Malanga, G. A., Feinberg, J. H., Prybicien, M., Stitik, T. (2001). Relationship Between Hip Muscle Imbalance and Occurrence of Low Back Pain in Collegiate Athletes: a Prospective Study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80(8), 572–577.
- Neely, F. G. (1998). Intrinsic risk factors for exercise-related lower limb injuries. *Sports Med.*, 26(4), 253–263.
- O'Connor, F., Deuster, P., Davis, J., Pappas, C., Knapik, J. (2011). Functional movement screening: predicting injuries in officer candidates. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(12), 2224–2230. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318223522d>
- Okada, T., Huxel, K. C., Nesser, T. W. (2011). Relationship between core stability, functional movement, and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 252–261.
- Onate, J., Dewey, T., Kollock, R., Thomas, K., Van Lunen, B., DeMaio, M., Ringleb, S. (2012). Real-Time Intersession and Interrater Reliability of the Functional Movement Screen. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 408–415. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220e6fa>
- Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *The American Journal of Sports Medicine*, 25, 81–85.
- Padua, D. A., Bell, D. R., Clark, M. A. (2012). Neuromuscular characteristics of individuals displaying excessive medial knee displacement. *Journal of Athletic Training*, 47(5), 525–536. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.5.10>
- Padua, D. A., Distefano, L. J., Marshall, S. W., Beutler, A. I., Motte, S. J., DiStefano, M. J. (2012). Retention of Movement Pattern Changes After a Lower Extremity Injury Prevention Program Is Affected by Program

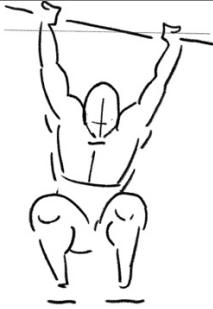

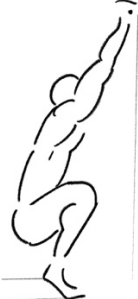



- Duration. *The American Journal of Sports Medicine*, 20(10) 1-7.  
<https://doi.org/10.1177/0363546511425474>
- Parenteau-G, E., Gaudreault, N., Chambers, S., Boisvert, C., Grenier, A., Gagné, G., Balg, F. (2014). Functional movement screen test: a reliable screening test for young elite ice hockey players. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 15(3), 169–175. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2013.10.001>
- Paterno, M. V., Myer, G. D., Ford, K. R., Hewett, T. E. (2004). Neuromuscular Training Improves Single-Limb Stability in Young Female Athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(6), 305–316. <https://doi.org/10.2519/jospt.2004.34.6.305>
- Pieter, W. (2005). Martial Arts Injuries. *Epidemiology of Pediatric Sports Injuries*, 48, 59–73.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., Underwood, F. B. (2006a). Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919. <https://doi.org/10.2519/>
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., Underwood, F. B. (2006b). Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- Powell, J. W., Barber-Foss, K. D. (1999). Injury Patterns in Selected High School Sports : a Review of the 1995-1997 Seasons. *Journal of Athletic Trainin*, 34(3), 277–284.
- Purser, S., Brown, C., Huckaby, T., Weise, S. (2018). Ability of the Functional Movement Screen ( FMS ) to Predict Injury in NCAA Division II Track and Field Athletes and the Association between the FMS , Eccentric Hip Abduction Strength , and Injury Risk. *International Journal of Exercise Science*, 2(10).
- Requa, R. (1991). The scope of the problem: the impact of sport-related injuries. In: Proceedings of Sports Injuries in Youth: Surveillance Strategies, Bethesda, MD, 7-8 April 1991.
- Řičan, P. (1978). *Úvod do psychometrie. Úvod do psychometrie*. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy.
- Rzepka, R., Mikołajec, K. (2009). *Wykorzystanie treningu funkcjonalnego w przygotowaniu motorycznym*. Katowice: AWF Katowice.
- Schneiders, A. G., Davidsson, A., Hörman, E., Sullivan, S. J. (2011). Functional movement screen normative values in a young, active population. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(2), 75–82.
- Schroeder, J., Wellmann, K., Stein, D., Braumann, K. M. (2016). The Functional Movement Screen for Injury Prediction in Male Amateur Football. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 67(2), 39–43.
- Sechriest, F., Silver, S. (2005). Return to Play After Musculoskeletal Injury. *Sports Medicine*, 40–45.
- Smith, C. A., Chimera, N. J., Wright, N. J., Warren, M. (2013). Interrater and intrarater reliability of the functional movement screen. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 982–987.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182606df2>
- Söderman K., Alfredson H., Pietilä T., Werner, S., (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 9(5), 313–321.
- Štěpnička, J. (1976). No Tit Somatotyp, držení tela, motorika a pohybová aktivita mládeže. *Acta Univ. Carol. Gymn*, 12(2), 1–93.
- Stobierski, L. M., Fayson, S. D., Minthorn, L. M., McLeod, T. C., Welch, C. E. (2015). Reliability of Clinician Scoring of the Functional Movement Screen to Assess Movement Patterns. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(2), 219–222. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0139>
- Teyhen, D. S., Shaffer, S. W., Lorensen, C. L., Halfpap, J. P., Donofry, D. F., Walker, M. J., Childs, J. D. (2012). The Functional Movement Screen: a reliability study. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 42(6), 530–540. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3838>
- Tomkinson G., P. (2003). Bilateral symmetry and the competitive standard attained in elite and sub-elite sport. *Journal of Sports Sciences*, 21, 201–211. <https://doi.org/10.1007/BF02843834>











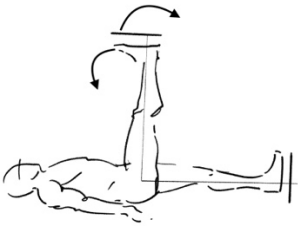

- Trojan TH, McKeag, D. B. (2006). Single leg balance test to identify risk of ankle sprains. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 610–613.
- Tropp, H., Ekstrand, J., Gillquist, J. (1984). Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 16, 64–66.
- Tuberville, S., Cowan, L., Owen, W. (2003). Risk factors for injury in high school football players. *American Journal of Sports Medicine*, 31, 974–980.
- Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Mullaney, M. J., McHugh, M. P. (2006). The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *American Journal of Sports Medicine*, 34(4), 630–636. <https://doi.org/10.1177/0363546505281808>
- Tyler, T. F., Tetro, D. T., Mullaney, M. J., Nicholas, S. J. (2006). Risk factors for noncontact ankle sprains in high school athletes: The role of hip strength and balance ability. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 464–470. <https://doi.org/10.1177/0363546505280427>
- Ulrich, D.A. (2000). *Test of Gross Motor Development*. Austin: TX: Pro-ed Publishers.
- Ulrich, D.A. (2013). The Test of Gross Motor Development - 3 (TGMD-3): Administration, scoring, and international norms. *Spor Bilimleri Dergisi*, 24(2), 27–33.
- Ulrich, Dale A. (1985). *Test of Gross Motor Development*. (T. PRO-ED., Ed.). Austin.
- Wang, H. K., Chen, C. H., Shiang, T. Y., Jan, M. H., Lin, K. H. (2006). Risk-Factor Analysis of High School Basketball-Player Ankle Injuries: a Prospective Controlled Cohort Study Evaluating Postural Sway, Ankle Strength, and Flexibility. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(6), 821–825. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.02.024>
- Whiteside, D., Deneweth, J. M., Pohorence, M. A., Sandoval, B., Russell, J. R., McLean, S. G., Goulet, G. C. (2016). Grading the Functional Movement Screen: a Comparison of Manual (Real-Time) and Objective Methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4), 924–933. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000654>
- Woodard, R.J.; Surburg, P. (1997). Fundamental gross motor skill performance by girls and boys with learning disabilities. *Perceptual and Motor Skills*, 84(867–870).
- Yard, E. E., Collins, C. L., Comstock, R. D. (2009). A Comparison of High School Sports Injury Surveillance Data Reporting by Certified Athletic Trainers and Coaches, 44(6), 645–652.
- Yeung, S. S., Suen, A. M. Y., Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 589–594. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056283>
- Yoshioka, S., Nagano, A., Hay, D. C., Fukushima, S. (2011). The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on the height of a squat jump: a computer simulation study. *Journal of Sports Sciences*, 29, 867–877.
- Zalai, D., Panics, G., Bobak, P., Csáki, I., Hamar, P. (2014). Quality of functional movement patterns and injury examination in elite-level male professional football players. *Acta Physiologica Hungarica*, 102(1), 34–42. <https://doi.org/10.1556/aphysiol.101.2014.010>
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., Cholewicki, J. (2007). The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical- epidemiological study. *American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368–373. <https://doi.org/10.1177/0363546506297909>
- Zazulak, B. T., Ponce, P. L., Straub, S. J., Medvecky, M. J., Avedisian, L., Hewett, T. E. (2005). Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35(5), 292–299. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.5.292>

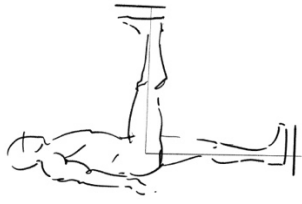


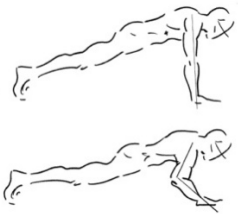


Kryterium wzorca ruchu wraz z nazewnictwem zmiennych oraz ich graficznym przedstawieniem.





Kryterium wzorca ruchu	Nazwy zmiennych	Ilustracja
<b>„Deep squat”</b>		
Równoległe ułożenie tułowia względem podudzi	W1ds	
Osiowość kończyn	W2ds	
Rzut pionowy drążka nie może wysunąć się poza stopę	W3ds	
Udo poniżej poziomu kolan	W4ds	

Równoległość drążka względem podłoża	W5ds	
Ruch stopy w trakcie próby	W6ds	
Unoszenie pięt nad podłogą	W7ds	
Ruchy obrotowe głowy w przestrzeni	W8ds	
Ruch w stawie łokciowym	W9ds	
„Hurdle step”		
Równoległość drążka względem podłoża	W1hs	

Kąt pochylenia tułowia	W2hs	
Osiowość kończyny przenoszonej	W3hs staw skokowy W4hs staw kolanowy	
Ruchy obrotowe głowy w przestrzeni	W5hs	
„In line lunge”		
Ustawienie drążka przy plecach	W1IIL	
Pionowe ustawienie drążka	W2IIL (ML) W3IIL (AP)	

Ruchy stóp w płaszczyźnie poprzecznej	W4IIL wykroczna W5IIL zakroczna	
Dotknięcie kolanem podłoża	W6IIL	
Utrzymanie pozycji ciała	W7IIL	
„Active straight leg raise”		
Utrzymanie stopy w neutralnej pozycji	W1lr	
Utrzymanie wyprostowanej kończyny	W2lr staw kolanowy kończyna unoszona W3lr staw kolanowy kończyna leżąca	

Rzut kostki przyśrodkowej	W4lr	
Brak ruchu stopy kończyny leżącej	W5lr	
„Push up”		
Pozycja wyjściowa	W1pu	
Wyprost kończyn górnych	W2pu	
Płynność ruchu	W3pu	
Osiowość ciała	W4pu staw kolanowy W5pu staw biodrowy	

„Shoulder mobility”		
Odległość dłoni	W1sm	
„Trunk stability”		
Dotknięcie kolana łokciem	W1rs	
Osiowość kończyn	W2rs uniesienie kończyny górnej W3rs uniesienie kończyny dolnej W6rs kąt w stawie kolanowym W7rs kąt w stawie łokciowym	
Rotacja tułowia	W4rs1s	
Rzut OSC na podłoże jak najbliżej osi ciała	W5rs1s	