

Akademia Wychowania Fizycznego

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Wydział Wychowania Fizycznego

Anna Bieniec

**WPŁYW TRENINGU FUNKCJONALNEGO NA
WYBRANE ELEMENTY SPRAWNOŚCI
SPECJALNEJ U HOKEISTÓW**

Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

**OPIEKUN NAUKOWY:
dr hab. Małgorzata Grabara, prof. AWF**

KATOWICE 2022

Szczególne podziękowania kieruję do mojej Pani promotor **dr hab. Małgorzaty Grabary, prof. AWF** za poświęcony czas, wsparcie i ogromną wyrozumiałość. Gosiu jestem Ci szczerze wdzięczna za mobilizowanie mnie i dyscyplinę, która na pewno przeniesie się także na inne wykraczające poza tę pracę sfery życia. Za wszystkie sugestie, rady, świąteczne spotkania, które były kluczowe podczas powstawania mojej pracy. Dzięki Twojemu zaangażowaniu, szybkości sprawdzania, gotowości do poświęcania swojego cennego czasu, mogłam dokończyć jej pisanie

Serdeczne podziękowania składam mojemu promotorowi pomocniczemu Panu **dr hab. inż. Robertowi Rocznio, prof. AWF** za każdą cenną poradę, liczne wskazówki merytoryczne, za wskazanie fachowej literatury, co pomogło mi w napisaniu tej pracy. Dziękuję również za dzielenie się trafnymi i praktycznymi spostrzeżeniami dotyczącymi hokeja na lodzie i liczne rozmowy dookoła naszej wspólnej pasji

Pragnę również podziękować moim kochanym **Rodzicom**, którzy wychowali mnie w duchu ciekawości świata, chęci do ciągłego rozwoju, przełamywania barier i wytrwałości w dążeniu do celu. Dziękuję za umożliwienie mi dorastania w przekonaniu, że jestem kochana i bezpieczna. Dziękuję Wam również za pomoc, wsparcie i czas w opiece nad moimi córeczkami **Lili i Niną** ponieważ dzięki Waszej pomocy i czynnemu udziału w ich wychowaniu mogłam się spełniać nie tylko jako mama, ale też na polu zawodowym, co łącznie daje ogromną satysfakcję i radość

Dziękuję mojej **cioci Mirce** za bezgraniczną pomoc w codziennych przedsięwzięciach, za miłość do moich dzieci, za radość, którą wniosła w nasz dom,

*Nie mogę nie wspomnieć o wsparciu i pomocy ze strony pracowników Zakładu Rekreacji i
Odnowy Psychosomatycznej oraz Zakładu Aktywności Fizycznej i Profilaktyki Zdrowia*

*Dziękuję również wszystkim trenerom i zawodnikom, którzy uczestniczyli w tym projekcie.
Dzięki Waszej chęci do rozwoju, otwartości i zaangażowaniu, wnioski z tych badań mają
szanse nie pozostać tylko na papierze tylko realizować się w praktycznej formie.*

*W szczególności chciałam podziękować Trenerowi Piotrowi Sarnikowi oraz Trenerom:
Krzysztofowi Majkowskiemu, Grzegorzowi Klichowi, Tomaszowi Kurzawie, Adamowi Fras,
Marcinowi Penczek, Januszowi Strzępek, Mariuszowi Kiecy oraz zawodnikom: Jaśkowi
Sołtysowi, Peterowi Bezuška, Mateuszowi Araszkieviczowi, Patrykowi Majchrzakowi*

Pracę tę dedykuję mojemu kochanemu Tacie

*Słowami Jana Pawła II : „Człowiek jest wielki nie przez to, co posiada,
lecz przez to, kim jest; nie przez to, co ma, lecz przez to, czym dzieli się
z innymi.”*

Spis treści

Wprowadzenie	2
1. Trening Funkcjonalny	4
1.1. Ocena funkcjonalna FMS.....	5
1.2 Trening funkcjonalny w sporcie dzieci i młodzieży.....	7
2. Hokej na lodzie – charakterystyka dyscypliny	10
3. Przegląd piśmiennictwa.....	15
4. Założenia i cel pracy	17
5. Metody i organizacja badań	18
5.1 Uczestnicy badań.....	18
5.2 Organizacja badań	18
5.3 Metody badań	19
5.3.1 Pomiary komponentów somatycznych	19
5.3.2 Ocena funkcjonalna FMS (Functional Movement Screen)	19
5.3.3 Y-Balance Test	29
5.3.4 Dodatkowe testy kliniczne	32
5.3.5 Ocena sprawności specjalnej na lodzie	33
5.4 Narzędzia analizy statystycznej	35
5.5 Program treningu funkcjonalnego	35
6. Wyniki badań.....	59
6.1 Wyniki wstępne	59
6.2 Wyniki końcowe	60
6.3 Współzależności wyników testów sprawności specjalnej na lodzie z wynikami FMS i Y-balance	67
7. Dyskusja.....	71
7.1. Omówienie wyników wstępnych badań.....	71
7.2. Omówienie wyników końcowych FMS i Y-balance i ocena efektów treningu funkcjonalnego	74
7.3 Omówienie przydatności stosowanych ćwiczeń w programie funkcjonalnym na poprawę wyników końcowych	75
7.4 Omówienie wyników końcowych testów sprawności specjalnej na lodzie i ocena efektów treningu funkcjonalnego	81
7.5 Ograniczenia w pracy i wskazania dla przyszłych badań.....	90
Wnioski.....	90
Bibliografia.....	93

Streszczenie	122
Summary	125
Spis rysunków i fotografii	128
Spis tabel	131

Wprowadzenie

Sprawność fizyczna jest jedną z właściwości charakteryzujących poziom aktualnych możliwości ruchowych człowieka. Rozwój motoryczny jest ważnym wyznacznikiem sprawności. Motoryczność człowieka (łac. motio – ruch) można zdefiniować jako całokształt czynności ruchowych czyli mających związek z poruszaniem się w przestrzeni na skutek zmian położenia całego ciała lub jego poszczególnych części względem siebie^{1,2}.

Trening sportowców to proces wieloetapowy. W procesie dorastania występują pewne okresy (okresy sensorywne), w których szczególnie można zwiększyć poziom danej zdolności pod wpływem odpowiedniego treningu. Dzieci wchodząc w ten okres wykazują zwiększoną zdolność przyswajania nowych, bardziej skomplikowanych koordynacyjnie kompleksów ruchowych³⁻⁵, podczas gdy w późniejszych etapach ontogenezy mogą nie osiągnąć swoich optymalnych możliwości. W literaturze naukowej podkreśla się potrzebę rozwijania fundamentalnych zdolności ruchowych u młodych sportowców w celu progresu dalszych ukierunkowanych zdolności motorycznych i sprawności specjalnej charakterystycznej dla określonych dyscyplin⁶⁻⁸. Stanowi to bardzo ważny aspekt szkoleniowy i powinno być stale monitorowane i kontrolowane okresowymi testami, badaniami, które określą faktyczny stan sprawności fizycznej i wskażą ewentualne deficyty i ograniczenia oraz kierunki dalszego programowania. Testy sprawnościowe stanowią ważny czynnik diagnostyczny sprawdzający jej poziom. Są to zadania ruchowe stawiające przed testowanym określone wymagania w zakresie koordynacji, gibkości, równowagi, siły, szybkości i wytrzymałości^{2,9}. Programy treningowe młodych sportowców powinny być zoptymalizowane w oparciu o poparte naukowo metody treningu sportowego¹⁰⁻¹³.

Na przełomie ostatnich dwudziestu lat obserwuje się wzrost wykorzystania innowacyjnych metod treningowych w sporcie, rekreacji i rehabilitacji. Wywołane jest to między innymi szybko rozwijającym się poziomem rywalizacji w sporcie, większymi wymaganiami stawianymi zawodnikom w aspekcie ich poziomu motorycznego, technicznego, mentalnego, a także ich większej odporności na zmęczenie i mniejszej podatności na urazy. Programy treningowe stają bardziej zindywidualizowane dzięki możliwości stałego monitorowania zawodników przez trenerów^{9,14,15}.

Jedną z form treningowych coraz częściej stosowanych w obecnej praktyce sportowej w zakresie przygotowania motorycznego jest trening funkcjonalny¹⁶⁻²². Założenia tego treningu w sporcie zostały zdefiniowane i opisane przez Boyla¹⁸. Wcześniej mogły być kojarzone z usprawnianiem pacjentów w okresie rehabilitacji. Natomiast w chwili obecnej trudno wskazać plany treningowe, które nie zawierałyby jednostek funkcjonalnych.

W tym projekcie badawczym wprowadzono w grupie młodych zawodników hokeja na lodzie trening funkcjonalny, aby sprawdzić czy może mieć on wpływ na poprawę wyników w testach funkcjonalnych i przełożyć się na sprawności specjalną na lodzie.

1. Trening Funkcjonalny

Dotychczas pojawiła się znacząca liczba badań, podręczników oraz opartych na zasadach treningu funkcjonalnego systemów szkoleń^{23,24}. Rozwinięcie podstaw tej koncepcji treningowej trzeba zacząć od wyjaśnienia słowa funkcjonalny. Organizm ludzki działa jako system, którego elementy oddziałują na siebie. Podejście funkcjonalne do treningu ma na celu tak wykorzystać znajomość anatomii funkcjonalnej w wyborze ćwiczeń, aby ruch miał charakter zintegrowanego, wielopłaszczyznowego działania, którego składowymi są zmiana jego tempa przy utrzymaniu stabilizacji segmentów ciała bazując na prawidłowej współpracy systemu nerwowo-mięśniowego^{6,24,25}. W koncepcji treningu funkcjonalnego jest działanie ukierunkowane na zaplanowany ciąg ćwiczeń, które mają kształtować prawidłowe, kontrolowane przez zawodnika ruchy, niezbędne jako fundament pod ruchy bardziej zintegrowane^{18,21,26,27}. Trening funkcjonalny ukierunkowany na daną dyscyplinę sportu ma przygotować układ mięśniowo-szkieletowy i aparat stawowo-więzadłowy na obciążenia treningowe i startowe^{28,29}, czyli rozwijać najwyższy potencjał sprawności zawodnika z minimalizacją ryzyka kontuzji²⁴. Poprawa deficytów funkcjonalnych w okresie rozwojowym może przynieść wiele korzyści w aspekcie długoletniej kariery sportowej zawodników^{24,30}.

Trening funkcjonalny skupia się na ruchu wielostawowym. Cook (2003) i Gambetta (2007), dwaj powszechnie uznani eksperci w dziedzinie treningu funkcjonalnego twierdzą, że ruchy pojedynczych stawów, które izolują określone mięśnie są niefunkcjonalne, a ruchy wielu stawów, które integrują grupy mięśni we wzorce ruchu są najlepszym wyborem treningowym^{6,31}.

W funkcjonalnych złożonych aktach ruchowych musi zachodzić współpraca mięśniowa pomiędzy agonistami, czyli mięśniami wykonującymi tą samą funkcję, stabilizatorami, które działają jako siły kontrolujące ruch i ustawienie stawów³² oraz mięśniami o działaniu hamującym, czyli antagonistami. Efektem tej współpracy jest prawidłowo wykonany wzorzec ruchu, dlatego podczas ćwiczeń nie pracuje się dużo nad działaniem mięśni w wyizolowanych ruchach stawowych, ale nad uzyskaniem optymalnego ich udziału w wykonywanym ruchu złożonym^{33,34}.

W programowaniu treningu wielu autorów podkreśla, że pierwszy etap w kształtowaniu funkcjonalnym to uzyskanie odpowiedniego zakresu ruchu w stawach (ROM-range of motion), kolejnym jest zapewnienie kontroli nad tym ruchem, zwłaszcza w jego

końcowych zakresach^{6,26,35}. Kształtowanie stabilności należy poprzedzić kształtowaniem optymalnego zakresu ruchu w stawie, aby nie stabilizować ograniczonych w ruchu obszarów ciała, ponieważ nie może pojawić się kontrola ruchu, jeśli nie występuje w nim swoboda poruszania się^{6,24,36}. Zdolność do wykonania swobodnego ruchu, który obejmuje zarówno zakres ruchu stawu, jak i elastyczność mięśni i tkanek go otaczających, a także kontrolę tego ruchu określamy jako mobilność²⁴. Ograniczenia w mobilności w jednych stawach mogą skutkować negatywnymi konsekwencjami w innych stawach, co przekłada się na zaburzenie funkcjonowania łańcucha kinematycznego i całego złożonego ruchu³³. Wszystkie zadania ruchowe będą wtedy wykonywane na ograniczeniach funkcjonalnych. Pojawiające się kompensacje w innych segmentach ciała skutkują przeciążeniem jednych mięśni, a wyłączeniem ze swojej funkcji innych, które następnie mogą ulec osłabieniu^{18,24,37,38}. Nie tylko ograniczony zakres ruchu w stawie może powodować negatywne skutki i zaburzać optymalną funkcjonalność ruchową. Stawy mogą też być hipermobilne, czyli mieć zbyt duży zakres ruchu i przez to kontrola nad ruchem jest ograniczona^{39,40}, co również przyczynić się może do większego ryzyka urazu i problemów w przygotowaniu motorycznym⁴¹⁻⁴⁴. Dlatego w strategii programowania funkcjonalnego istotne jest podejście indywidualne, aby uzyskać optymalny zakres ruchu w stawach oraz kontrolę nad nim^{24,45,46}.

Stabilność to element, który charakteryzuje kontrolę ciała w ruchach statycznych i dynamicznych. Stabilność rozumiana jest jako odporność postawy na zakłócenia endogenne i egzogenne, których źródłem może być zarówno zmienność środowiska, jak i interakcja organizmu z otoczeniem^{47,48}. Stabilność kształtuje się ćwiczeniami wymuszającymi kontrolę motoryczną w warunkach statycznych i dynamicznych. Systematyczny i prawidłowo przeprowadzony trening funkcjonalny umożliwi wykształcenie optymalnej stabilizacji posturalnej, dając w efekcie bazę do optymalnego działania całego aparatu ruchu^{6,24,49,50}. Ćwiczenia funkcjonalne mają kształtować nieskompensowany i kontrolowany ruch. Daje to podstawę do wprowadzania wzorców bardziej złożonych z oporem zewnętrznym.

1.1. Ocena funkcjonalna FMS

Przed wprowadzeniem programu treningowego konieczna jest ocena funkcjonalna. Pomimo, że zawodnicy wykonują specyficzne dla swojej dyscypliny trudne technicznie ćwiczenia, to mogą być nieefektywni w podstawowych wzorcach ruchowych i trenując

nieświadomie, stale pogłębiać swoje dysfunkcje^{24,51}. Te słabe ogniwa mogą stać się coraz większym ograniczeniem dla sportowca. Powodując nadmierny tonus mięśni generują większą męczliwość, ciało zaczyna samokompensację, co może generować duże siły obciążające układ mięśniowo-szkieletowy i zmienić wzorce ruchowe obniżając poziom potencjału motorycznego sportowca⁵²⁻⁵⁴. Ograniczenia w obrębie struktury skutkują wytworzeniem kompensacji, co często bywa bezobjawowe, jednak problem pojawia się, gdy ograniczenie ruchomości oddziałuje na sąsiednie tkanki i w znacznym stopniu wpływają na ich funkcję⁵⁵. Organizm, szukając najprostszego rozwiązania, może wybrać strategię zastępczą i zwiększyć mobilność sąsiednich stawów w celu podtrzymania funkcji. Pojawia się ruchy kompensacyjne w kierunku uzyskania stabilności i przewyższenia niewydolności ruchowej. Zmienione i zaprogramowane nieprawidłowe wzorce ruchów mogą potencjalnie prowadzić do dalszych dysfunkcji⁵⁶⁻⁶⁰.

Diagnostykę funkcjonalną należy zacząć od oceny podstawowych ruchów patrząc na pracę poszczególnych segmentów w pełnym, złożonym wzorcu, zanim rozpocznie się programowanie treningów siłowych, szybkościowo-zwinnościowych czy ćwiczeń ukierunkowanych na kształtowanie mocy^{36,54,61}.

Cook stworzył bazę testów funkcjonalnych FMS (Functional Movement Screen) pozwalających ocenić ruch i zidentyfikować ewentualne deficyty ruchowe ciała, które predysponować mogą do zwiększenia ryzyka wystąpienia urazu. FMS jest wiarygodnym, rzetelnym oraz powtarzalnym testem pozwalającym na analizę istotnych ograniczeń bądź asymetrii ruchowych. Umożliwia szybkie przeanalizowanie („screening”) jakości podstawowych wzorców ruchowych sprawdzanych w 7 testach⁶²⁻⁷². Należy podkreślić, że test FMS nie jest narzędziem diagnostycznym tylko przesiewowym (screeningowym), może wskazywać na konieczność szerszej diagnostyki fizjoterapeutycznej lub medycznej. Oceniane w teście FMS ruchy trzeba przeanalizować pod kątem uprawianej dyscypliny, bowiem sportowiec może wykonać zupełnie inne wzorce kompensacji w swoich ruchach sprawności specjalnej. Twórcy systemu są w pełni świadomi tego ograniczenia i zalecają stosowanie dodatkowych testów motorycznych i specjalnych dla pełnej oceny zawodnika czy w przypadku kontuzji jego gotowości startowej.

Ruchy testowe FMS zostały stworzone w oparciu o zasady świadomości proprioceptywnej i kinestetycznej. Każdy test jest specyficznym ruchem, który wymaga odpowiedniej funkcji układu kinematycznego organizmu. Model tego połączenia, stosowany

do analizy ruchu, przedstawia ciało jako połączony system współzależnych segmentów. Segmenty ciała często działają w sekwencji od proksymalnej do dystalnej, aby zapewnić pożądane działanie w odcinku dystalnym⁷³. Uczenie się motoryczne nie dotyczy określonych części ciała, stawów, ani angażowania izolowanych mięśni. Chodzi raczej o równowagę i symetrię podczas całych wzorców ruchowych^{62,74}.

Do wstępnej oceny stanu funkcjonalnego zawodnika można zastosować wymieniony powyżej test FMS, a także test Y-Balance, który może stanowić uzupełnienie systemu oceny Functional Movement Screen (FMS). Test Y-Balance określa się mianem funkcjonalnego goniometru, ponieważ ocenia równowagę dynamiczną dolnej (Lower Quarter Y-Balance) i górnej części ciała (Upper Quarter Y-Balance) w trzech kierunkach (anterior - przedni, posteromedial - tylnoprzyśrodkowy, posterolateral – tylnoboczny) w krańcowych zakresach ruchomości^{62,75,76}.

Równowaga to pewien określony stan układu posturalnego. Stan ten charakteryzuje pionowa orientacja ciała osiągnięta dzięki zrównoważeniu działających na ciało sił oraz ich momentów^{47,77}. Równowaga dynamiczna jest to kontrola ciała w przestrzeni, zdolność do utrzymania całkowitej stabilności środka masy ciała podczas ruchu^{78,79}.

Całościowa ocena systemem funkcjonalnym (*functional movement system*) testami FMS i YBT jest jedną z możliwości dającą podstawę do wprowadzenia programu funkcjonalnego treningu korekcyjnego, a następnie ocenę porównawczą jego efektów. Zaletą tego testu jest powtarzalność, co w przypadku sportów drużynowych umożliwia okresowy monitoring.

1.2 Trening funkcjonalny w sporcie dzieci i młodzieży

W 2011 roku National Athletic Trainers 'Association zasugerowało, że około 50% urazów w sportach młodzieżowych można było częściowo zapobiec dzięki odpowiedniemu przygotowaniu motorycznemu⁸⁰. Program szkolenia motorycznego dzieci i młodzieży, zwłaszcza tych uprawiających intensywnie wybraną dyscyplinę powinien być przemyślany, zoptymalizowany i monitorowany. Kontrolowanie postępów okresowymi testami, badaniami, które określą faktyczny stan sprawności fizycznej i wskażą ewentualne deficyty i

ograniczenia dają wytyczne do dalszego programowania i indywidualizacji. Profilaktyka urazów sportowych powinna się rozpocząć z chwilą, kiedy dziecko zaczyna regularnie

uczestniczyć w treningach wybranej dyscypliny sportowej. Specyfika każdej dyscypliny wymaga bowiem przyjmowania określonych, często asymetrycznych pozycji i trwania w nich przez co wybrane grupy mięśni pracują z różną intensywnością. Ma to wpływ na kształtowanie się postawy ciała sportowców. Zawodnicy, którzy zbyt długo trwają w określonej, często asymetrycznej pozycji, po pewnym czasie trenowania narażeni są na zmiany w obrębie kręgosłupa i przeciążenia układu kostno-stawowo-mięśniowego⁸¹⁻⁸³. Znaczne obciążenia i zmiany przystosowawcze, jakie zachodzą w organizmie młodego sportowca mogą przyczynić się do rozwoju asymetrii w budowie ciała, a zmiany, jakie pojawiają się w tym okresie wzrostu będą przekładać się na kolejne okresy ontogenezy. W okresie dojrzewania proporcje ciała szybko się zmieniają, a rozwój mobilności spowalnia. Okres szybkiego wzrostu szkieletu może również zwiększać napięcie mięśni i ścięgien wokół stawów i prowadzić do utraty elastyczności, kontroli motorycznej i koordynacji. Jeśli trening mobilności jest zaniedbywany w dzieciństwie i okresie dojrzewania, w wieku dorosłym może

być trudno osiągnąć optymalny poziom mobilności, jaki jest wymagany w sporcie wyczynowym. Dlatego mobilność można uznać za atrybut fizyczny, na który szczególnie młodzi sportowcy powinni zwracać uwagę⁸⁴.



Rys.1. Piramida zdolności motorycznych zawodnika

Pojawiające się dysbalanse mięśniowe nie sprzyjają dobrej kinetyce ciała, doprowadzając do kompensacji i generując większe ryzyko kontuzji^{24,85-87}. Wyniki badań Sławińskiej i wsp. (2006) wskazują, że w grupach dzieci, u których nastąpiła wczesna specjalizacja sportowa częściej pojawia się asymetrie posturalne ciała niż u rówieśników nietreningujących wyczynowo jednej dyscypliny^{81,88}. Wczesna specjalizacja – to dążenie do możliwie najwcześniejszego przygotowania organizmu do specyficznych wymogów wąskiej

specjalizacji ruchowej. Umożliwia szybki wzrost wyników, lecz poprzez wysycenie treningu środkami specjalnymi o dużej objętości i intensywności prowadzi na ogół do przedwczesnej eksploatacji młodego organizmu⁸⁹⁻⁹⁵.

Wysiłek startowy stawia specyficzne wymagania nie tylko co do potencjału motorycznego lecz także do umiejętności wykonania czynności ruchowych (technika sportowa) w skomplikowanych warunkach współzawodnictwa sportowego^{2,96}. Jego efektywność powinna zależeć od bazy podstaw ruchowych wcześniej wyuczonych i utrwalonych nawykowo^{7,97}. Błędem jest uczenie dzieci zaawansowanych ewolucji technicznych bez wcześniejszego opanowania przez nich ćwiczeń podstawowym⁵⁹(rys.1). W programie szkolenia młodych zawodników zbyt mocno akcentuje się rozwój techniczno-taktyczny zapominając o rozwijaniu podstawowych zdolności motorycznych^{59,90-92}. Jest to związane ze zbyt wczesną specjalizacją sportową i dążeniem do uzyskania przewagi w konkurencyjnym środowisku.

Stosowane obciążenia powinny być dopasowane do wieku rozwojowego, oparte o zasadę indywidualizacji. Wprowadzenie obciążeń bez oparcia na bazie motorycznej może szybko zniwelować mechanizmy przystosowawcze i być czynnikiem wywołującym przetrenowanie czy kontuzję, co jest powodem, iż niektórzy zdolni zawodnicy rozstają się ze sportem przedwcześnie^{7,86,94,98-103}.

W zależności od charakteru uprawianej dyscypliny sportu, regularna ocena postępów młodych zawodników i zawodniczek powinna mieć charakter kompleksowy zawierający ocenę funkcjonalną i badanie fizjoterapeutyczne¹⁰⁴.

Kontrola sprawności zawodników za pomocą testów FMS, Y-Balance znalazła swoje zastosowanie również w sporcie dzieci i młodzieży^{21,67,105-108}. Niektórzy autorzy uznają ten prosty i szybki system testowania jako jedno z lepszych narzędzi oceniających wzorce ruchowe i identyfikujących obszary deficytów, co ewentualnie pozwala skierować badanego na szerszą diagnostykę i uniknąć kontuzji^{82,104,109,110}.

Wdrożenie treningu dopasowanego do poszczególnych faz rozwojowych u dzieci może wpłynąć pozytywnie na prawidłową oraz kompleksową pracę mięśni i stawów, rozwijać podstawowe zdolności motoryczne. Taki trening jest podstawą, aby bezpiecznie zwiększać obciążenia treningowe i zmniejszyć ryzyko wystąpienia kontuzji^{11,104,111,112}.

2. Hokej na lodzie – charakterystyka dyscypliny

Hokej na lodzie to szybka i bardzo dynamiczna gra zespołowa o wysokich wymaganiach poziomu sprawności fizycznej i mentalnej od zawodników^{113,114}. Drużyna składa się z 22 zawodników - 20 zawodników grających w polu, rozdzielonych na 4 zespoły pięcioosobowe (piątki) oraz dwóch bramkarzy. Każdy z zawodników wyposażony jest w kij, łyżwy oraz odpowiednie ochraniacze. Do gry służy wykonany z twardego kauczuku krążek, który zawodnicy uderzając kijami starają się wbić do bramki przeciwnika. Mecz hokeja trwa 60 minut i jest podzielony na 3 tercje trwające po 20 minut czystej gry (czas zatrzymywany jest, gdy wystąpi przerwa w grze). Pomiędzy tercjami jest 15 minut przerwy. Spotkanie rozpoczyna pierwsza piątka z każdej drużyny, która w określonym czasie i możliwości zjeżdża na zmianę. Skład na 3-4 piątki jest podawany przed meczem, ale to trener decyduje, ile piątek będzie grało w czasie tercji. Zawodnicy spędzają czas na lodzie między 45 a 60 sekund po czym zjeżdżają do boksu na zmianę^{113,115-119}. Zawodnicy wielokrotnie podczas meczu podejmują bardzo intensywny wysiłek szybkościowo-siłowy, co jest możliwe dzięki możliwości szybkiego tempo restytucji powysiłkowej w boksie.

Hokeiści na lodowisku poruszają się we wszystkich kierunkach podczas jazdy, wykonują szybkie i częste zwroty kierunku jazdy, przyspieszenia, jazdę tyłem, gwałtowne hamowania i walkę ciałem¹¹⁵. Podczas jazdy na łyżwach hokeista przyjmuje postawę z tułowiem lekko pochylonym do przodu, kończynami dolnymi ugiętymi w stawach kolanowych i biodrowych. Ruchomość stawów skokowych jest ograniczona przez wysoką łyżwę i ochraniacze. Strój hokeisty waży około 10 kg, bramkarzy ok. 15 kg. Każdy zawodnik ma własne upodobania związane ze stroną trzymania kija. Może to być chwyt lewostronny, bądź prawostronny i nie zawsze jest związany z dominującą kończyną górną¹²⁰⁻¹²².

Montgomery określił średnią intensywność gry hokeisty w przedziale 70-90% tętna maksymalnego (HRmax.)¹²³. Znaczną przewagę systemów energetycznych w hokeju stanowi glikoliza beztlenowa, podczas meczu udział systemów beztlenowych to 69% oraz 31% to metabolizm tlenowy^{123,124}. Wyczynowe uprawianie hokeja na lodzie predysponuje sportowca do przedwczesnego i chronicznego zmęczenia^{114,123}. Przewaga dynamiki, szybkości i dużych obciążeń sił zewnętrznych czyni opisywaną dyscyplinę grą o wysokim ryzyku urazu. Podczas

Igrzysk zimowych w 2010 roku w Vancouver hokej charakteryzował się największą urazowością wśród wszystkich rozgrywanych dyscyplin sportowych¹²⁵.

Wraz ze wzrostem wymagań specyficznych dla zawodników hokeja na lodzie gracze muszą być wykwalifikowani w sposób całościowy. Oczekuje się wysokiego poziomu sprawności motorycznej, wydolnościowej, technicznej, taktycznej, a także psychologicznej adekwatnie do wzrastających kryteriów selekcji wyznaczonych przez tę dyscyplinę na poszczególnych poziomach rozwoju zawodniczego^{119,126-128}.

Według IIHCE 2020 (International Ice Hockey Centre of Excellence - Międzynarodowego Centrum Doskonałości Hokeja na Lodzie) najważniejszą zdolnością jest umiejętność jazdy na łyżwach, ale równorzędnie powinny być kształcone zdolności wspierające utrzymanie tej dobrej techniki, jak koordynacja, mobilność, siła, moc, szybkość i zwinność. Dobra koordynacja daje graczom możliwość rytmicznego poruszania się, współpracy kończyn górnych i dolnych, szybkiej reakcji z kontrolą ciała przy dynamicznej zmianie kierunku, podania czy przyjęcia krążka, utrzymania go i możliwości strzału. Rozwijanie siły jest fundamentem do mocy, szybkości, równowagi, jakości strzałów i możliwości obrony pozycji i utrzymania krążka. Dobra mobilność bioder, pachwin i mięśni kulszowo goleniowych jest szczególnie ważna dla gracza w zakresie odpowiedniej techniki jazdy na łyżwach. Optymalny zakres ruchomości w tych obszarach, a także umiejętność kontroli swojego ciała zmniejsza także ryzyko kontuzji^{129,130}. Kształtowanie młodego zawodnika zaczyna się od nauczania podstawowych wzorców ruchowych, fundamentalnych zdolności motorycznych (ryc.1) i na ich bazie następuje progresja programów treningowych. Jeśli młody sportowiec nie opanuje podstawowych umiejętności ruchowych, deficyty widoczne podczas podstawowych ćwiczeń będą prawdopodobnie wzmacniane wraz ze wzrostem obciążeń treningowych^{3,18,53,101,131-133}.

Wiele zagranicznych związków chcąc aby ich zawodnicy reprezentowali najwyższy poziom w swojej dyscyplinie przywiązuje ogromną wagę do szkolenia dzieci i młodzieży oraz monitoringu wdrożonych programów treningowych, stosując wypracowany sprawdzony w praktyce i cyklicznie aktualizowany system szkolenia dzieci i młodzieży¹³⁴. Prym wiodą kraje skandynawskie (Finlandia i Szwecja), a także nasi najbliżsi sąsiedzi (Czesi, Słowacy), nie zapominając o ojczyźnie hokeja -Kanadzie.

Hokej na lodzie obecnie nie cieszy się dużą popularnością w Polsce¹³⁴. Ograniczeniami w naborze do akademii może być niewielka liczba lodowisk i możliwości organizowania

regularnych treningów i rozgrywek. Poprawa infrastruktury, jak i jakości kadry szkoleniowej została zaproponowana w „Strategii rozwoju sportu w Polsce w latach „2007-2015” opracowanej przez Ministerstwo Sportu¹³⁵, jednak nie zaktualizowało to szkolenia hokejowego. Ostateczny wynik sportowy jest wypadkową działania wielu czynników, wśród których duże znaczenie ma popularność i zainteresowanie wybraną dyscypliną sportową wśród najmłodszych, których wspierają też rodzice. Przekłada się to bezpośrednio na odpowiednią liczbę zawodników, która umożliwi wystarczający nabór, a w późniejszym okresie selekcję¹³⁴.

Polska dawniej klasyfikowała się na 8-9 miejscu w świecie, walcząc o wejście do grupy „A” – ośmiu najlepszych zespołów świata. W mistrzostwach świata rozgrywanych w 2013 r. w Doniecku (Dywizja I Grupa B, tj. stanowiąca III klasę mistrzowską), reprezentacja Polski nie zdołała wywalczyć awansu do Dywizji I Grupy 1A i została sklasyfikowana na 23 miejscu (ranking IIHF – 2013 r.). Brak odpowiedniej koncepcji i udoskonalania systemów szkolenia dzieci i młodzieży przyczynia się do obniżania poziomu tej dyscypliny. Kluby sportowe z reguły nie współpracują także ze specjalistami, jak trener przygotowania motorycznego, fizjoterapeuta, którzy mogą wspomóc harmonijny rozwój funkcjonalno- motoryczny młodych hokeistów, a także wdrożyć pewne dobre nawyki korekcyjne czy regeneracyjne^{20,30,110,136}. Według Chruścińskiego brak jest w Polsce jednolitego nowoczesnego systemu szkolenia młodzieży obowiązującego wszystkie kluby hokejowe szkolące dzieci i młodzież, koordynowanego przez Polski Związek Hokeja na Lodzie (PZHL). Istnieją liczne młodzieżowe kluby hokejowe, gdzie opracowano pewien program szkolenia oparty często na doświadczeniach z krajów będących potęgami w tej dyscyplinie sportu (Czechy i Rosja), który jest modernizowany spontanicznie wraz ze zmianą sztabu. Aby wyszkolić zawodnika w tej trudnej technicznie i taktycznie dyscyplinie, potrzeba wielu lat. Zmodyfikowany program uwzględniający warunki polskie mógłby być realizowany w każdym klubie hokejowym w naszym kraju i przynieść w niedługim czasie tej dyscyplinie sportu wymierne korzyści¹³⁴.

Próby opracowania programu szkolenia podjęli się Mruk (2000)¹³⁷ dla szkoły Mistrzostwa Sportowego oraz Gabryś i Rutkowski w 2002 roku¹³⁸ w podręczniku pod tytułem „Program szkolenia dzieci i młodzieży”¹³⁸. Ostatecznie powyższe programy nie zostały wdrożone w szkoleniu prowadzonym przez kluby sportowe. Pomimo prawie 20-letniego czasu, jaki upłynął od przedstawienia szkoleniowych programów do dzisiaj nie zaproponowano ulepszonych programów szkolenia, ani nie wdrożono centralnego systemu

szkolenia nadzorowanego przez PZHL. W programowaniu treningów dzieci i młodzieży wielu dyscyplin obserwuje się na pewno rozwój w zakresie wiedzy i praktyki. Rośnie liczba wykwalifikowanych specjalistów od przygotowania fizycznego, nauczycieli wychowania fizycznego pomagających jak najbardziej zoptymalizować harmonijny rozwój młodych sportowców^{126,134,139-141}.

Niewielka jest liczba badań monitorująca systematycznie postępy polskich hokeistów. Autorce nie udało się znaleźć propozycji nowszych niż wyżej wymienione programów treningowych opartych na opracowaniach naukowych dedykowanych polskiej hokej lidze młodzieżowej i seniorskiej.

W skład Ekstraklasy Polskiej Hokej Ligi wchodzi 10 zespołów reprezentujących polskie miasta. Posiadamy narodowe reprezentacje (seniorską, U-20, U-18; U-16.). Jest też młodzieżowa polska hokej liga oraz wiele drużyn amatorskich. W Katowicach znajduje się Hokejowa Szkoła Mistrzostwa Sportowego (SMS) umożliwiająca młodzieży łączyć naukę z treningami na lodzie, a także udział w meczach z drużynami ekstraklasowymi oraz grę w lidze czeskiej.

W roku 2018 autorka przeprowadziła badania pilotażowe sprawdzające wybrane aspekty oceny funkcjonalnej i sprawności specjalnej na lodzie wśród zawodników drużyn seniorskich i Kadry Polski U20. Poziom wykonywania podstawowych wzorców ruchowych nie był zadowalający pod kątem nie tylko punktacji FMS, ale także subiektywnej oceny autorki jako fizjoterapeutki i certyfikowanego trenera przygotowania motorycznego. Widoczne były ograniczenia mobilności, koordynacji z brakiem optymalnej kontroli motorycznej. Postawa ciała, jaką przyjmuje zawodnicy już jest asymetryczna z uwagi na trzymanie kija i rotacyjne ustawienie obręczy barkowej i miednicy¹²¹. W badaniach Mucha (2016) także wykazano asymetrię i zaburzenia w postawie ciała u polskich hokeistów^{85,142}. Poza tym niepokojące były wyniki odczuwalnych przez badanych dolegliwości mięśniowo szkieletowych sprawdzonych nordyckim kwestionariuszem dolegliwości mięśniowo szkieletowych. Ponad 90% hokeistów zgłaszała wtedy ból pleców w odcinku lędźwiowym o różnej intensywności. Inne badania także wskazują występowanie dolegliwości w odcinku lędźwiowym u hokeistów^{85,122,143,144}. Może to świadczyć o pewnych konsekwencjach nieprawidłowego programu treningowego i zbyt dużych obciążeniach^{85-87,93,122,145}. Obserwując technikę wykonywania podstawowych ćwiczeń można przypuszczać, że młodzi zawodnicy nie będąc świadomi zagrożeń, mogli zbyt szybko wejść na zbyt duże obciążenia zewnętrzne,

pogłębiając dalej deficyty funkcjonalne i generować kompensacje przeciążające określonych grup kostno-mięśniowych^{132,133}.

Braki prawidłowych fundamentów motorycznych u zawodników przekładają się nie tylko na większe ryzyko urazów, ale też na obniżenie potencjału motorycznego, co może zmniejszyć możliwości w sprawności specjalnej^{24,58,146} dlatego postanowiono sprawdzić czy zastosowanie korekcyjnego programu treningowego dla dorastających hokeistów poprawi ich fundamentalne wzorce ruchowe i zdolności motoryczne i czy to się przełoży na poprawę wyników testów sprawności specjalnej na lodzie.

3. Przegląd piśmiennictwa

Testy oceny funkcjonalnej FMS i Y-Balance są używane często jako szybkie, przesiewowe narzędzia do oceny funkcjonalnej zawodników i skuteczności programów ćwiczeń fizycznych stosowanych w różnych dyscyplinach sportowych^{27,147-152}. Wykazano, że FMS i Y-Balance wykazują wysoki poziom wiarygodności, gdy jest wykorzystywany przez osoby z odpowiednim przeszkoleniem^{68,70,71,105,153,154}.

Większość badań z użyciem protokołu FMS przeprowadzono na osobach sprawnych fizycznie, w szczególności na zawodnikach dyscyplin indywidualnych i gier zespołowych, a także na żołnierzach i strażakach^{67,148,149,155-160}.

Badania pokazują, że równowaga dynamiczna mierzona testem Y-Balance jest pozytywnie skorelowana z poziomem sprawności i współzawodnictwa u piłkarzy⁷⁸, a także w innych dyscyplinach^{152,161}. Wcześniej już prace sugerowały, że ten test może przewidywać zwiększone ryzyko urazu wraz ze wzrostem asymetrii zasięgów pomiędzy stronami^{45,76,162}.

Jak dotąd, opublikowano stosunkowo mało badań z wykorzystaniem testów FMS i Y-Balance wśród hokeistów^{17,159,163}. W 2004 roku przeprowadzono badania wśród trenerów przygotowania motorycznego i fizjoterapeutów będących częścią sztabu szkoleniowego NHL (National Hockey League) i wtedy tylko 1 respondent korzystał z systemu oceny funkcjonalnej, analogicznego do FMS¹⁴⁰. Rosnąca liczba badań sprawdzających skuteczność różnych systemów szybkiej oceny motorycznej, określającej poziom sprawności i prognozę ryzyka urazu, niesie za sobą optymalizację wykorzystywanych metod monitoringu przez sztaby szkoleniowe. Coroczne zgrupowania Narodowej Ligi Hokeja (National Hockey League Combine) opierają się na testowaniu najlepszych zawodników z całego świata podczas którego przechodzą oni kompleksowe badania^{141,164}. Przed 2013 rokiem nie przeprowadzano testów funkcjonalnych pod kątem wzorców ruchowych, ale popularyzacja i skuteczność potwierdzona w pracach naukowych przyczyniła się do włączenia FMS i Y-Balance test w bazę testów NHL¹⁶⁵. W badaniach Rowana i wsp. (2015) odnotowano korelacje łączące wyniki FMS z innymi parametrami sprawnościowymi u hokeistów¹⁵⁹. Autorzy poparli także wprowadzanie funkcjonalnych programów treningowych celem zmniejszenia ryzyka kontuzji i poprawy wyników sprawnościowych w hokeju¹⁵⁹. W kolejnych badaniach wykorzystano ocenę i program FMS do monitoringu i porównań poziomu funkcjonalnego zawodników hokeja na lodzie w trakcie sezonu^{72,108}. Wymienić można także kilka publikacji, w których

wykorzystano test Y-Balance u hokeistów do badania równowagi dynamicznej^{161,166,167}. Wskazały one na potrzebę wyrównywania asymetrii w napięciu mięśniowym, która może obniżyć jakość kontroli motorycznej i przekładać się na obniżenie jakości w sprawności specjalnej i zwiększeniu ryzyka urazu^{108,144}. Podobnie analizę stanu funkcjonalnego hokeistów i wpływu treningu równowagi poza lodem przy monitoringu testami FMS i YBT podjęto w badaniach Kokinda (2018,2020)^{144,168}.

Ukazuje się również coraz więcej publikacji zastosowania treningu funkcjonalnego jako nie tylko prewencji urazów, ale i zoptymalizowania innych zdolności motorycznych w różnych dyscyplinach^{27,139,160,169–171}. Poprawę wyników oceny FMS zaobserwowano u koszykarzy po wprowadzeniu zintegrowanego treningu funkcjonalnego²¹ oraz u szerokiej grupy sportowców⁵⁹. Wprowadzenie funkcjonalnego treningu stabilizacyjnego przyniosło poprawę funkcjonalną u lekkoatletów¹⁷², a także u zawodników akademickich różnych dyscyplin¹⁷³.

Wciąż jednak brakuje badań sprawdzających efekty zastosowania funkcjonalnego treningu u hokeistów w przełożeniu na sprawność specjalną na lodzie, zwłaszcza w odniesieniu do poziomu zawodników polskiej hokej ligi. Nie wykorzystuje się też testów funkcjonalnych w cyklicznych badaniach młodych zawodników w klubach hokejowych. Niniejsze badania mogą stać się uzupełnieniem istniejącej niszy badawczej.

4. Założenia i cel pracy

Celem pracy jest ocena efektów wprowadzonego treningu funkcjonalnego na wyniki testów FMS i Y-Balance oraz na wybrane elementy sprawności specjalnej na lodzie. Na podstawie wstępnych wyników testu FMS i Y- Balance wdrożono 12-tygodniowy trening funkcjonalny mający na celu poprawę ewentualnych ograniczeń ruchowych. Zakłada się, że praca nad podstawowymi zdolnościami motorycznymi (rys. 1), która realizowana jest na treningach funkcjonalnych, może przyczynić się do poprawy sprawności specjalnej u zawodników hokeja na lodzie.

Pytania i hipotezy badawcze

Cel pracy rozwinięto w postaci następujących **pytań badawczych**:

1. Jaki jest poziom funkcjonalnej oceny testem FMS i Y-Balance przed wdrożeniem treningu funkcjonalnego u badanych hokeistów?
2. Czy udział w programie treningu funkcjonalnego wpłynie na poziom oceny funkcjonalnej testem FMS u badanych hokeistów?
3. Czy i w jaki sposób zmieni się równowaga dynamiczna oceniana testem Y-Balance po realizacji programu treningu funkcjonalnego?
4. Czy udział w programie treningu funkcjonalnego wpłynie na wybrane elementy sprawności specjalnej na lodzie?

Postawiono następujące **hipotezy badawcze**:

1. Podobne ograniczenia funkcjonalne ujawnią się u większości badanych hokeistów w ocenie funkcjonalnej FMS.
2. Efektem udziału w programie treningowym będzie poprawa wyniku oceny funkcjonalnej FMS u zawodników hokeja na lodzie.
3. Poziom równowagi dynamicznej ciała w ocenie testem Y-Balance poprawi się we wszystkich kierunkach.
4. Trening funkcjonalny wpłynie na poprawę wybranych elementów sprawności specjalnej na lodzie.

5. Metody i organizacja badań

5.1 Uczestnicy badań

Badaniami objęto 43 hokeistów w wieku 15-17 lat uczących się i trenujących w I i II klasie w hokejowej szkole Mistrzostwa Sportowego Polskiego Związku Hokeja na Lodzie w Katowicach. Zawodnicy posiadali staż treningowy w przedziale 7-9 lat.

Kryteria włączenia do badań (grupa eksperymentalna): zgoda na udział w badaniach zawodników i ich rodziców/opiekunów prawnych, dobry stan zdrowia, obecność podczas badań, czynny udział w treningach sportowych i wdrożonych treningach funkcjonalnych oraz zgoda na niepodejmowanie dodatkowych form aktywności fizycznej.

Kryteria włączenia do badań (grupa kontrolna): zgoda na udział w badaniach zawodników i ich rodziców/opiekunów prawnych, dobry stan zdrowia, obecność podczas badań, czynny udział w treningach sportowych i proponowanych dodatkowych formach aktywności fizycznej w postaci gier zespołowych (z wyjątkiem hokeja) i pływania oraz zgoda na niepodejmowanie innych, dodatkowych form aktywności fizycznej.

Kryteria wyłączenia z badań: zły stan zdrowia lub samopoczucia w dniu badania; zawodnicy z urazami, w okresie rehabilitacji i nie podejmujący jeszcze regularnych treningów. Brak zgody zawodników lub opiekunów prawnych (w przypadku niepełnoletności) na udział w badaniach. Absencja na treningach.

5.2 Organizacja badań

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Uczelnianej Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych działającej przy Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (nr 2/1/2017).

Projekt badawczy realizowany był w Szkole Mistrzostwa Sportowego w Katowicach. Przed wyrażeniem pisemnej zgody na udział w badaniach każdy zawodnik został poinformowany o celowości badań i poufności wyników.

Badania zostały przeprowadzone dwukrotnie, tj. przed rozpoczęciem i po zakończeniu programu treningu funkcjonalnego, który trwał 12 tygodni. Badania przeprowadzono w godzinach popołudniowych, przed treningiem. Test FMS, zgodnie z protokołem, nie był poprzedzony rozgrzewką. Natomiast test Y-balance i testy sprawności specjalnej na lodzie były poprzedzone 10-minutową rozgrzewką na sucho.

Zakwalifikowani do badań wstępnych zawodnicy zostali losowo podzieleni na dwie grupy:

- Eksperymentalną (E), dla której, obok treningu technicznego i siłowego, był prowadzony dodatkowy trening funkcjonalny w wymiarze 2 jednostek treningowych trwających 60 minut każdy w mikrocyklu tygodniowym,
- Kontrolną (K), która uczęszczała na trening techniczny na lodzie i trening siłowy oraz, w czasie, kiedy grupa eksperymentalna miała trening funkcjonalny, grupa kontrolna miała zajęcia z innych gier zespołowych na sali gimnastycznej (do wyboru: koszykówka, siatkówka lub piłka nożna) oraz z pływania w wymiarze po 60 min.

Wszyscy hokeiści mieszkali w jednym akademiku, spożywali te same posiłki, nie uczestniczyli w innych formach aktywności fizycznej poza tymi, zaplanowanymi przez trenerów. Badani zostali także na wstępie poproszeni o nie podejmowanie innych niż zalecane w ramach określonego programu treningowego ćwiczeń fizycznych. Przed każdym treningiem funkcjonalnym została przeprowadzona krótka rozmowa z wyjaśnieniem celu konkretnej jednostki treningowej i realizowanych w niej zadaniach w kontekście zdrowia, prewencji urazów (pre-hab), wpływu na przygotowanie fizyczne i poprawę jakości ruchu co pozwoliło bardziej zmotywować badanych zawodników do treningów.

5.3 Metody badań

5.3.1 Pomiary komponentów somatycznych

Do określenia masy oraz składu ciała, tj. masy tkanki tłuszczowej (FM) [kg], procentowej zawartości tkanki tłuszczowej [%], masy ciała szczupłego (FFM) [kg], masy wody (TBW) [kg] wykorzystano metodę bioimpedancji elektrycznej. Narzędziem badawczym była waga Tanita BC418 MA. Pomiary te były wykonane w godzinach porannych, w warunkach, kiedy badani zawodnicy byli na czczo, a od ich ostatniego posiłku minęło 12 godzin. Wysokość ciała została zmierzona antropometrem.

5.3.2 Ocena funkcjonalna FMS (Functional Movement Screen)

System FMS składa się z 7 testów (rys. 2):

1. Przysiad głęboki,
2. Przejście przez płotek,
3. Wykrok w linii,
4. Mobilność obręczy barkowej,

5. Aktywne uniesienie wyprostowanej nogi,
6. Pompka w podporze przodem,
7. Stabilność rotacyjna.

Dwa testy są symetryczne (pierwszy i szósty), a pięć pozostałych asymetrycznych.

Każdy test oceniany jest w czterostopniowej skali 0 - 3, gdzie 0 oznacza ból w trakcie wykonywania prób testu; 1 niezdolność wykonania wzorca; 2 wykonanie wzorca z kompensacją; 3 prawidłowe wykonanie wzorca. Każdy test wykonuje się 3 razy i ocenia najlepszą próbę, ale w razie wątpliwości zapisuje się niższą ocenę. Po wykonaniu każdego z testów badający wpisuje ocenę częściową (w testach asymetrycznych) i łączną. Badany może maksymalnie uzyskać 21 punktów w wyniku końcowym. Wpisuje się także liczbę występujących asymetrii między 0 a 5. Oprócz 7 testów podstawowych w skład FMS wchodzi 3 testy prowokacyjne, których się nie ocenia, stosuje się je wraz z oceną 3 testów: ruchomości obręczy barkowej, pompki w podporze, stabilności rotacyjnej tułowia. Służą one tylko do wykrycia ewentualnych dolegliwości bólowych w specyficznych pozycjach. Testy te zapisuje się jako wynik „pozytywny” jeśli wystąpi ból lub wynik „negatywny”, jeśli ból nie wystąpi. Testy prowokacyjne zmieniają wynik łączny, jednak nie wynik częściowy. Jeśli na przykład badany otrzymuje w teście asymetrycznym 1 i 2 punkty, a w wyniku wykonania testu prowokacyjnego wystąpił ból – to wynik końcowy wynosi 0.

Osoba oceniająca dokonuje analizy sposobu wykonania ruchu w płaszczyźnie

strzałkowej i czołowej. Ocenę FMS wykonuje się bez rozgrzewki w stroju i butach sportowych, używając specjalistycznego sprzętu „FMS Test Kit™”. W skład zestawu wchodzi podstawa – deska o wymiarach 5x15x150 cm, 3 rurki z podziałką centymetrową (jedna długa, dwie krótkie) i gumy do zaznaczania wysokości na



rurkach¹⁷⁴.

Rys. 2. Zestaw testów funkcjonalnych FMS (treningfunkcjonalny.com.pl)

Do oceny wykonania prób testów użyto prostego arkusza wyników, w którym też widnieją wyszczególnione kryteria oceny w skali 1-3 (rys. 3). W arkuszu wyników FMS znajduje się miejsce na wynik częściowy, dla każdej ze stron

(w testach asymetrycznych), wynik łączny oraz końcowy. Wszystkie te dane mają znaczenie w strategii postępowania korekcyjnego. Wynik częściowy odnosi się do prawej oraz lewej strony w pięciu testach asymetrycznych, w których porównujemy obie strony. Jeśli wyniki częściowe się różnią, to wynik łączny równy jest wówczas niższej z tych dwóch wartości częściowych i w teście zaznacza się asymetrię. Pozostałe dwa testy wykonywane są symetrycznie, więc zapisuje się tylko jeden wynik. Wynik końcowy to suma wszystkich siedmiu wyników łącznych. Rekomendowana kolejność wykonania testów przez badanego ułożona jest tak, aby przyjmował on pozycje zaczynając od wysokich, a kończąc na niskich. Taka sekwencja jest efektywna oraz pozwala zaoszczędzić czas na przejście do kolejnych zadań ruchowych. Należy jednak pamiętać, że zmiana kolejności nie wpływa negatywnie na wynik testu.

W tych badaniach kolejność testów jest następująca:

Test 1. Głęboki przysiad

Pozycją wyjściową jest pozycja stojąca z uniesionymi kończynami górnymi



FMS

trzymającymi rurkę nad głową. Badany wykonuje jak najniższy przysiad bez odrywania pięt od podłoża. Jeśli wykonanie nie spełnia kryteriów na ocenę 3, badany ustawia pięty na podwyższeniu, co już oceniane jest na 2 lub 1 punkt (rys. 3). Test ten pokazuje, czy badana osoba potrafi wykonać ruch symetrycznie w całym zakresie ruchu stawów skokowych, kolanowych i biodrowych. Utrzymanie wyprostowanych rąk nad głową informuje, czy wykonujący próbę posiada wystarczającą mobilność kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej i nie wykorzystuje ruchów kompensacyjnych w obrębie tułowia oraz kończyn górnych.

Rys. 3. Przysiad głęboki

Wykonanie przysiadu głębokiego wymaga optymalnego poziomu mobilności oraz kontroli motorycznej. Stopy ustawione równolegle i rurka usytuowana nad głową stawiają

wyzwanie w końcowym, dolnym zakresie ruchu kończyn dolnych z równoczesnym utrzymaniem pozycji kończyn górnych. Takie warunki czynią kompensację łatwiejszą do zaobserwowania. Test umożliwia także obustronną analizę funkcjonalnej ruchomości w stawach biodrowych, kolanowych i skokowych oraz mobilność obręczy barkowej i kręgosłupa w odcinku piersiowym^{36,62}.

Test 2. Przejście przez płotek

Przed rozpoczęciem testu należy za pomocą rurki z podziałką centymetrową odmierzyć wysokość od ziemi do guzowatości kości piszczelowej badanego. Następnie uzyskany pomiar wykorzystuje się do ustalenia wysokości linki łączącej obie tyczki pomiarowe. Badany



przyjmuje pozycję stania obunóż ze stopami złączonymi, dotykając równocześnie palcami podstawy. Rurkę umieszcza na barkach, poniżej karku. Badany przekracza płotek jedną nogą, dotyka piętą podłogi zachowując wyprostowaną pozycję tułowia, a następnie wraca do pozycji wyjściowej. Wzorzec powinien być wykonany powoli oraz w pełnej kontroli nad ruchem. Jeżeli którekolwiek z kryteriów na ocenę 3 nie zostanie spełnione, badany otrzymuje ocenę 2. Jeżeli którekolwiek z kryteriów na ocenę 2 nie zostanie spełnione, wynik wynosi 1 (rys. 4).

Rys. 4. Przejście przez płotek.

Skala punktacji od góry za 3,2,1 p

Test umożliwia ocenę mobilności i stabilności kończyny dolnej i tułowia. Test ten wykonuje się na prawą i lewą stronę, co daje możliwość zaobserwowania pojawiających się ewentualnych asymetrii.

Przejście nad płotkiem stanowi wyzwanie dla stania jednonóż i dynamicznego ruchu przenoszenia nogi. Wykonanie tego wzorca ruchowego wymaga użycia wyższego niż normalnie kroku, co pozwala ocenić zakres ruchu zgięciowego biodra podczas przenoszenia nogi z równoczesnym zachowaniem stabilności nogi postawnej. Rurka trzymana na barkach

stwarza horyzontalny punkt odniesienia pozwalający badającemu wychwycić nawet niewielkie przechylenia czy rotacje w obrębie górnej części tułowia i obręczy barkowej, wskazujące kompensacje^{25,36,175}.

Test 3. Wykrok w linii

Badany ustawia się na podstawie FMS. Stopa nogi zakroczonej powinna być ułożona tak, aby palce znajdowały się na wysokości linii początkowej podstawy (linia 0). Pięta nogi wykroczonej ustawiona w odległości równej wysokości guzowatości kości piszczelowej od ziemi (zmierzonej już wcześniej dla potrzeb wykonania testu „przeniesienie nogi nad poprzeczką”). W większości przypadków badanemu łatwiej jest zacząć od prawidłowego ustawienia stóp na podstawie przed złapaniem drążka. Rurka znajdująca się za plecami, powinna dotykać równocześnie głowy, odcinka piersiowego kręgosłupa oraz kości krzyżowej. Badany chwyta rurkę na wysokości odcinka szyjnego ręką przeciwną do nogi wykroczonej. Drugą ręką chwyta na wysokości odcinka lędźwiowego. Rurka powinna być utrzymana w takiej pionowej pozycji w trakcie całego ruchu przysiadu, zarówno w dół jak i w górę. W celu wykonania przysiadu badany obniża pozycję w ten sposób, aby dotknąć kolanem nogi



zakroczonej podstawę przed piętą nogi wykroczonej, a następnie wraca do pozycji wyjściowej. Aby ruch był kompletny, kolano musi dotknąć podstawy lub podłoża. Jeżeli którekolwiek z kryteriów na ocenę 3 nie zostanie spełnione, badany otrzymuje ocenę 2. Jeżeli którekolwiek z kryteriów na ocenę 2 nie zostanie spełnione, wynik wynosi 1 (rys. 5). Test jest asymetryczny, więc badany wykonuje go na dwie strony, a badający wpisuje 2 oceny częściowe i na ich podstawie jedną końcową^{25,26}.

Rys. 5. Wykrok w linii, punktacja od góry za 3,2,1 p

Testy – wzorce mobilności

Test 4. Ruchomość obręczy barkowej

Za pomocą tego testu możemy zweryfikować jakość przeciwstawnego wzorca ruchu obręczy kończyn górnych. Pomiar długość dłoni stanowi standard dla relatywnej

indywidualizacji tej próby. Wykonanie ruchu w pełnym zakresie naprzemiennego sięgnięcia pozwala ocenić, czy praca jednoczesna obu ramion warunkuje ruch strony przeciwnej. W oparciu o standardowy test Apleya^{176,177}, test ten weryfikuje koordynację odcinka piersiowego kręgosłupa, łopatki oraz kontrolę ruchu barków i kończyn górnych. Test rozpoczyna się od pomiaru długości dłoni badanego – między najbardziej dystalną kresą nadgarstka a najdłuższym palcem. Następnie badany stoi ze stopami złączonymi i utrzymuje zaciśnięte pięści chowając kciuki do środka. Wówczas równocześnie sięga za plecami jedną pięścią od góry, drugą od dołu - tak, aby zbliżyć je maksymalnie do siebie. Jeden ze stawów ramiennych jest maksymalnie przywiedziony i wyprostowany przy rotacji wewnętrznej, a drugi odwiedziony, zgięty z rotacją zewnętrzną. Podczas wykonania testu obie kończyny górne powinny poruszać się płynnie, z utrzymaniem pozycji końcowej, badany nie powinien zmieniać ustawienia kręgosłupa. Badający mierzy odległość pomiędzy dwoma najbardziej zbliżonymi do siebie punktami obu pięści. Test wykonywany jest obustronnie.

Po przeprowadzeniu testu mobilności obręczy barkowej wykonuje się test prowokacyjny dotyczący oceny konfliktu podbarkowego (zgięcie i rotacja wewnętrzna w stawie ramiennym i zgięcie w stawie łokciowym, dłoń ułożona na przeciwnym barku oraz uniesienie tak ułożonej kończyny górnej w góry). Badany umieszcza dłoń na przeciwnym barku i unosi łokieć tak wysoko, jak potrafi utrzymując dłoń bez oderwania od barku. Nie



ocenia się jego wykonania, tylko sprawdza czy występuje ból. Jeśli się pojawił, uznaje się test za pozytywny (+) i przyznaje 0 punktów dla wzorca mimo poprzednich wyników. Test prowokacyjny jest konieczny ponieważ może się zdarzyć, że sam test mobilności obręczy barkowej może nie zidentyfikować dysfunkcji – np. zespołu cieśni podbarkowej¹⁷⁸. W tym przypadku potrzebne są dodatkowe testy diagnostyczne przeprowadzone przez fizjoterapeutę albo lekarza.

Rys. 6. Ruchomość obręczy barkowej, punktacja wykonania testu 1-3 i test prowokacyjny

Test 5. Aktywne uniesienie wyprostowanej kończyny dolnej

Test aktywnego uniesienia wyprostowanej nogi (ASLR) jest często błędnie interpretowany jako zaledwie ocena elastyczności mięśni kulszowo – goleniowych. W rzeczywistości jest on wiele bardziej złożony; wymaga aktywnego wyprostu w nodze utrzymywanej na podłożu podczas równoczesnego zgięcia biodra przy wyprostowanym kolanie przeciwnej nogi. Do tego potrzebna jest odpowiednia stabilizacja miednicy oraz



FMS

odcinka lędźwiowego przed oraz podczas wykonania ruchu. Kontrola ustawienia kompleksu biodrowo – miedniczno – lędźwiowego, wyprost w stawie biodrowym nogi pozostającej na podłożu oraz zgięcie w stawie biodrowym nogi unoszonej to główne składowe tego wzorca. Staw ramienny ułożony w rotacji zewnętrznej i lekkim (20-30°) odwiedzeniu, dłonie odwrócone wnętrzem ku górze, co ogranicza dodatkową stabilizację poprzez docisk dłoni do podłoża. ASLR jest kolejnym testem, w którym uwzględnia się zmienność osobniczą i relatywnie do rozmiarów ciała odmierza połowę długości uda oraz wykorzystuje środek rzepki do kryteriów oceny.

Rys. 7. Aktywne uniesienie wyprostowanej nogi oraz
punktacja od góry za 3,2,1 p

Badany leży w pozycji tyłem, ramiona wzdłuż tułowia, dłonie odwrócone do góry, głowa oparta na podłożu. Podstawa FMS umieszczona jest pod kolanami. Obie stopy powinny być ustawione w pozycji neutralnej. Badający znajduje punkt na środku linii łączącej kołec biodrowy przedni górny (ASIS) oraz środek rzepki i ustawia rurkę pomiarową pionowo, na jego wysokości. Następnie badany unosi jedną nogę poprzez zgięcie w stawie biodrowym, utrzymując wyjściowe ustawienie stawu kolanowego oraz skokowego. Podczas wykonania testu kolano nogi przeciwnej powinno pozostać cały czas w kontakcie z podstawą, stopa utrzymana w pozycji neutralnej, głowa na ziemi. Kiedy zostanie osiągnięty maksymalny zakres ruchu obserwuje się ustawienie nogi podnoszonej w stosunku do przeciwnej. Jeśli kostka przysródkowa przekroczy drążek, zapisujemy wynik 3. Ruch powinien być powolny,

kontrolowany. Jeśli kryteria wykonania na ocenę 3 nie zostaną osiągnięte, badany otrzymuje ocenę 2. Jeśli nie spełni kryteriów na ocenę 2, wówczas wynik równy jest 1 (rys. 7)²⁵.

Wzorce stabilności

Test 6 Stabilność tułowia w podporze

Test ten pozwala ocenić jakość reaktywnego wzorca stabilności w płaszczyźnie strzałkowej. Próba rozpoczyna się z pozycji leżenia przodem (na brzuchu), po czym zadanie polega na odepchnięciu się rękami od podłoża prostując łokcie i zachowując równoległe ustawienie tułowia. Taka pozycja startowa w teście stwarza warunki stanowiące wyzwanie dla odruchu stabilizacji w tym wzorcu. Ustawienie dłoni w zależności od płci pozwala zapobiec różnicom w masie i sile kończyn górnych. Pompka w podporze przodem nie jest testem przeznaczonym do oceny izolowanej siły kończyn górnych.

Badany przyjmuje pozycję leżenia przodem z ramionami odwiedzionymi i zgiętymi łokciami. Podczas testu pozycja wyjściowa różni się dla mężczyzn i kobiet. Mężczyźni zaczynają z kciukami na wysokości czubka czoła, kobiety na wysokości żuchwy. Pozycja dłoni może być obniżana, w zależności od kryteriów oceny na daną liczbę punktów. Kolana są



FMS

wyprostowane, stawy skokowe w pozycji neutralnej. Całe ciało powinno być uniesione w tym samym czasie, bez zmiany ustawienia kręgosłupa. Jeśli badany nie potrafi wykonać pompki w pierwszej formie, obniża ustawienie dłoni: odpowiednio – mężczyźni na wysokość żuchwy, kobiety na wysokość obojczyków. Jeśli kryteria oceny 3 nie zostają spełnione, przechodzi się do wersji oceny na 2. Jeśli również w tej pozycji kryteria nie będą spełnione, badany otrzymuje wynik 1 (rys. 8a). Po teście pompka w podporze przodem przeprowadza się test prowokacyjny (rys. 8b).

Rys. 8a. Pompka w podporze



Badany wykonuje przeprost odcinka lędźwiowego kręgosłupa w leżeniu przodem odpychając się dłońmi od podłoża. Ruch nie jest oceniany, wykonuje się go tylko w celu sprawdzenia występowania w tej pozycji bólu. Jeśli ból się pojawia, test uznajemy za pozytywny (+), co oznacza wynik 0 dla całej próby.

Rys. 8b. Test prowokacyjny

Test 7. Stabilność rotacyjna tułowia

Jest to wzorzec ruchowy wykorzystywany w sytuacji przeciwstawiania się rotacji w celu utrzymania pozycji wbrew siłom zewnętrznym z którejkolwiek ze stron.

Badany przyjmuje pozycję kłęk podpartego. Podstawa FMS znajduje się na podłożu, pomiędzy dłońmi, kolanami oraz stopami, w ustawieniu równoległym do kręgosłupa. Stawy ramienne oraz biodrowe w zgięciu 90°; stawy skokowe w pozycji neutralnej. Przed wykonaniem ruchu badany ustawia dłonie w pozycji otwartej, kciuki dotykają podstawy, podobnie jak kolana oraz stopy. Następnie badany wykonuje wznos przez zgięcie w stawach obręczy barkowej oraz wyprost w stawie biodrowym i kolanowym po tej samej stronie tak,



aby stworzyć linię prostą. Następnie zbliża łokieć do kolana zachowując pozycję wyprostowaną nad podstawą. Zgięcie w obrębie kręgosłupa jest dopuszczalne jedynie w momencie dotknięcia kolana i łokcia. Podczas wykonywania próby musi być stały kontakt przeciwnej strony czyli kciuka, kolana, stopy z podstawą (rys. 9a).

Rys. 9a. Stabilność rotacyjna, ocena 3 pkt



Badający nie pomaga w przyjęciu pozycji, zachowując jednak miejsce dla bezpieczeństwa i mając świadomość ryzyka utraty równowagi przez badanego. Badany może tą wersję powtórzyć trzy razy. Jeśli wystarczy jedna do prawidłowego wykonania, nie ma konieczności powtarzania.

Rys. 9b. Ocena B-2pkt, A-1 pkt.



Jeśli badanemu nie uda się wykonać zadania prawidłowo, przechodzi do wzorca wykonywanego po przekątnej (rys. 9b) – przeciwna ręka i noga, wykonując ten sam, opisany powyżej ruch. Podczas tej wersji diagonalnej, kończyny nie muszą być równoległe do postawy; kolano i łokieć muszą jednak dotknąć się nad nią.

Rys. 9c. prowokacyjny test

Po tym teście badani wykonują też test prowokacyjny (rys. 9c), przechodząc z pozycji klęku podpartego do siadu na piętach. Jeżeli ten ruch wywołuje dolegliwości bólowe, przyznaje się 0 (Cook et al., 2006)²⁵.

Powyższe kryteria prawidłowego wykonania testu zostały przedstawione na podstawie publikacji autora systemu *functionalmovementsystem* Graya Cooka^{36,62}. Autorka jest magistrem fizjoterapii, uczestniczyła we wszystkich kursach organizowanych przez *functionalmovementsystem*, a także zdała pozytywnie egzamin i otrzymała certyfikat trenera FMS. Wyniki poszczególnych zawodników były zapisywane w protokole FMS (rys. 10).

Data: FMS / KARTA OCENY
 Wiek: Noga dominująca: Prawa Lewa
 Imię i Nazwisko: Wzrost: Ręka dominująca: Prawa Lewa
 Sport/ Klub: Waga: Wynik końcowy:/ 21

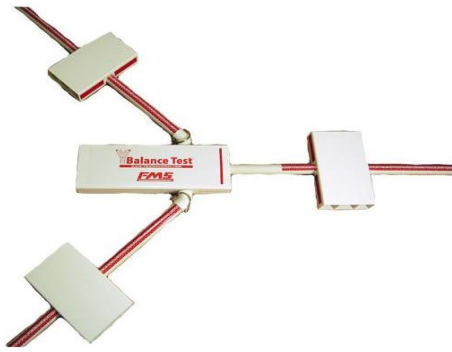
Test	Wynik	Dysfunkcje	Kryteria Oceny		
			III	II	I
1. Głęboki przysiad Test palce podłoga + / -	3 2 1 0		- prosty tułów - biodra poniżej poziomu uda - kolana i tyczka nad stopami	- prosty tułów - biodra poniżej poziomu uda - kolana i tyczka nad stopami (pięty na desce)	- zgięcie odc. lędźwiowego - biodra powyżej poziomu uda - kolana poza stopami
2. Przejście nad płotkiem Cale:..... Prawa noga nad płotkiem Lewa noga nad płotkiem	3 2 1 0 3 2 1 0 3 2 1 0		-biodra, kolana, stopy w osi -min. ruch lędźwi - tyczka i płotek w linii	- zaburzenia osiowości - duży ruch lędźwi - tyczka i płotek nie są równoległe	- kontakt stopy z płotkiem - utrata równowagi
3. Wykrok w linii Cale:..... Lewa noga z przodu Prawa noga z przodu	3 2 1 0 3 2 1 0		- tułów nie ruchomo - stopy w linii - kolano dotyka ziemi za piętą	- ruch tułowia - stopy nie osiowo - kolano nie dotyka ziemi	- utrata równowagi
4. Mobilność ob.bark. Długość dłoni:..... Test bólu:.....prawa Test bólu:.....lewa	3 2 1 0 P.góra:..... L.góra:..... 3 2 1 0 3 2 1 0	Wynik 6.5=9.75, 6.75=10.1, 7.0=10.5, 7.25=10.86, 7.5=11.25, 7.75=11.63 8=12, 8.25=12.38, 8.5=12.75, 8.75=13.1, 9=13.5	- odległość między pięściami wynosi długość dłoni	- odległość między pięściami wynosi półtorej długości dłoni	- odległość między pięściami większa niż półtorej długości dłoni
5. ASLR aktywne uniesienie wyprostowanej nogi P:..... L:.....	3 2 1 0		- kostka znajduje się pomiędzy biodrem, a połową uda	- kostka znajduje się pomiędzy połową uda, a środkiem rzepki	- kostka znajduje się poniżej środka rzepki
6. Pompka Test bólu w wyproście:.....	3 2 1 0		- mężczyzna 1 powt. kciuki powyżej głowy - kobieta 1 powt. kciuki w linii policzków	- mężczyzna 1 powt. kciuki w linii policzków - kobieta 1 powt. kciuki w linii obcożyków	- mężczyzna 1 powt. kciuki w linii obcożyków - kobieta nie jest w stanie wykonać pompki
7. Stabilność rotacyjna Test zgięcia:..... Prawa ręka u góry Lewa ręka u góry	3 2 1 0 3 2 1 0 3 2 1 0		- wykonano 1 powt. jednostronne, prosty tułów, kolano i łokieć dotykają się nad deską	- wykonano 1 powt. skośne, prosty tułów, kolano i łokieć dotykają się nad deską	- nie jest w stanie wykonać 1 powtórzenia skośnego

Rys. 10. protokół oceny FMS (functionalmovementsystem)

5.3.3 Y-Balance Test

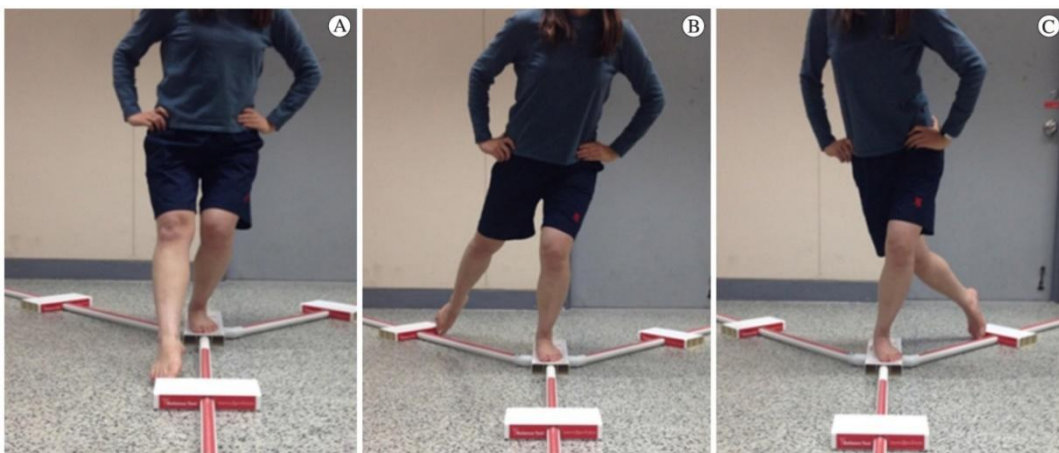
Test Y- Balance stanowić może uzupełnienie systemu oceny funkcjonalnej Functional Movement Screen (FMS).

Y- Balance test służący do oceny ryzyka kontuzji, wykazywania symetrii funkcjonalnej czy też porównania dynamicznej stabilizacji kończyn stanowi uproszczoną wersję testu Star Excursion Balance^{76,172}. Różnica wychyleń pomiędzy kończynami dolnymi w każdym z testowanych kierunków świadczyć może o ograniczeniach symetrycznych w równowadze dynamicznej i w efekcie o zwiększonym ryzyku doznania urazu^{45,154}. Wiele publikacji potwierdza rzetelność tego testu w badaniach różnych grup wiekowych, w tym i sporej liczby sportowców różnych dyscyplin^{45,69,152,167,179-182}. Zarówno rzetelność między pomiarami (0.85-0.91), jak i między testującymi (0.99-1.00) jest optymalna¹⁷⁹. Jest narzędziem badawczym, używanym też do szerszej diagnostyki funkcjonalnej, jak na przykład przewlekła niestabilność stawu skokowego czy też problemy w stawie rzepkowo – udowym oraz do oceny równowagi dynamicznej po rekonstrukcji ACL (więzadło krzyżowe przednie stawu kolanowego)^{180,183}.



W niniejszych badaniach zastosowano test Y-Balance w celu oceny poziomu równowagi dynamicznej i ewentualnych asymetrii pomiędzy zasięgami kończyn dolnych u hokeistów (rys. 11).

Rys. 11. Przyrząd do przeprowadzenia testu Y-Balance (www.functionalmovement.com)



Rys. 11a, 11b, 11c Kierunki testowania w teście Y-Balance (www.functionalmovement.com)

Uczestnicy mieli możliwość obejrzenia video z instrukcją wykonania testu, a po prezentacji mogli wykonać próbnie test, starając się trzymać wyszczególnionych zasad. Następnie przystąpili do testu zaczynając od stania prawą stopą na płycie z najbardziej dystalną częścią stopy ustawioną na linii startu zaznaczonej na desce, a następnie zostali poproszeni o przesunięcie przeciwną stopą wskaźnika zasięgu tak daleko w przód (rys. 11a), jak to możliwe zachowując równowagę i wracając do pozycji wejściowej bez oparcia stopy o podłogę. Kolejność testów obejmowała 3 próby w pozycji stojąc na prawej stopie, sięgając lewą do przodu (prawy zasięg przedni), a następnie 3 próby w pozycji stojącej na lewej stopie, sięgając prawą stopą do przodu (lewy zasięg przedni). Procedurę tę powtórzono tak samo dla kierunków tylnobocznego (rys. 11b), a następnie tylnoprzódowego (rys. 11c). Podczas prób stopa sięgająca nie mogła dotknąć podłogi zarówno w fazie przesunięcia jak i powrotu. Pięta stopy podstawnej nie mogła się odrywać podczas całej próby. Nie można było również popychać częściowo lub kopać wskaźnika zasięgu, ani stać na nim czy go

dociskać. Jeśli badany zawodnik nie był w stanie wykonać 3 prób według powyższych kryteriów, badający nie zaliczył tego kierunku, nie zebrano żadnych danych i przeprowadzono kolejną próbę po odczekaniu 20 sekund^{76,78,179}. Odległość zasięgu mierzono od najbardziej dystalnej części palców stopy w pozycji stojącej do najbardziej dystalnej części stopy sięgającej w kierunku przednim, tylno-bocznym i tylno-przyśrodkowym. Wyniki z kolejnych prób zapisywano w formularzu oceny (rys. 12), aby potem ustalić wynik końcowy i określić poziom ewentualnej asymetrii. Odległości każdego zasięgu zostały znormalizowane w odniesieniu do długości względnej kończyny dolnej osób badanych przy użyciu następującego wzoru i podanego w %:

$$\text{Znormalizowany wynik zasięgu} = \frac{\text{zakres zasięgu (cm)}}{\text{długość kończyny dolnej (cm)}} \times 100$$

Względną długość kończyny dolnej zmierzono centymetrem od kolca biodrowego przedniego górnego (ASIS) do kostki przyśrodkowej w pozycji leżenia tyłem.

W analizie uwzględniono także największe zakresy zasięgu (w cm) dla każdej kończyny we wszystkich kierunkach. Obliczono również różnicę w cm między zasięgiem prawej i lewej kończyny. Im jest większa różnica między kończynami tym ryzyko urazu wyższe^{45,70,154,179}.

Złożony wynik zasięgu Composite (w %) otrzymano biorąc średnią z wyników zasięgu we wszystkich kierunkach dla każdej z kończyn (przedni + tylno-przyśrodkowy + tylno-boczny).

$$\text{Złożony wynik zasięgu we wszystkich kierunkach} = \frac{3 \text{ zasięgi}}{3 \times \text{długość kończyny dolnej}} \times 100$$

Y-BALANCE TEST

Długość PKD : _____

Długość LKD : _____

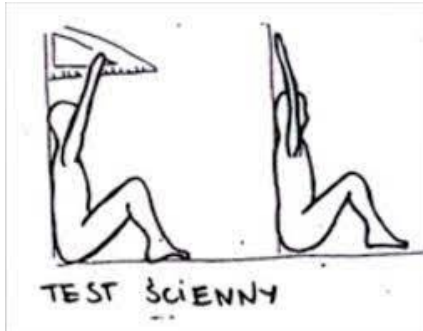
	RIGHT			LEFT			DIFFERENCES	STANDARD
Anterior								
Posteromedial								
PosteroLateral								
Composite								

Rys. 12. Protokół oceny Testem Y-Balance (www.functionalmovement.com)

5.3.4 Dodatkowe testy kliniczne

Testy kliniczne zostały przeprowadzone przez fizjoterapeutę w celu potwierdzenia zauważonych ograniczeń w teście FMS, który jest testem przesiewowym.

Wykorzystano testy:



Rys. 13 Test ścienny Degi

➤ Test ścienny Degi (rys. 13). Celem tego testu jest ocena ruchomości stawów obręczy barkowej i piersiowego odcinka kręgosłupa. Przy ścianie w pozycji stojącej lub siedzącej nie odrywając pleców od ściany, osoba badana wykonuje ruch wznosu przez zgięcie. Kąt zawarty pomiędzy ramionami a ścianą określa stopień przykurczu¹⁷⁶.

➤ Test Thomasa (rys. 14). Celem testu jest wykrycie przykurczu zgięciowego w stawie biodrowym. Z pozycji leżenia tyłem badany wykonuje maksymalne zgięcie stawu



Rys. 14. Test Thomasa

biodrowego i kolanowego po stronie nie badanej, dociskając przednią powierzchnię uda do klatki piersiowej. Uniesienie ponad podłoże kończyny testowanej (przeciwniej do przyciąganej) świadczy o przykurczu mięśni zginaczy biodra.



Fot. 1. Test Patricka

➤ Test Patricka (fot. 1). Celem jest wykrycie zaburzeń w stawie biodrowym, tj. przykurczonych przywodzicieli lub zablokowania stawu krzyżowo-biodrowego. Pacjent leży tyłem, testowana kończyna zgięta, zrotowana na zewnątrz i odwiedzona w stawie biodrowym i zgięta w stawie kolanowym w takim położeniu by stopa opierała się o udo lub podudzie kończyny nietestowanej.

Badający jedną ręką stabilizuje miednicę po stronie kończyny wyprostowanej, a drugą ręką pogłębia odwiedzenie w stawie biodrowym, przez nacisk na kończynę zgiętą od

strony przyśrodkowej w kierunku podłoża. O przykurczonych przywodzicielach świadczy odczuwalny opór i niemożliwość odwiedzenia kończyny¹⁷⁶.

- Test ścienny dla zgięcia grzbietowego w stawie skokowym (fot. 2)¹⁸⁴ badający deficyt zakresu ruchu wyprostu (zgięcia grzbietowego) w stawie skokowym górnym. Badany



staje w odległości około 10 cm przodem do ściany. W takim ustawieniu próbuje dotknąć kolanem ściany bez odrywania pięty nogi badanej ani rotacji bioder. Jeśli test nie sprawi problemów pacjent odsuwa stopę na maksymalną odległość palców od ściany, w której jest w stanie prawidłowo wykonać ruch bez oderwania pięty. Wynik zapisuje się w centymetrach oraz porównuje ze stroną przeciwną w celu wykrycia ewentualnych asymetrii.

Fot. 2. Test zgięcia grzbietowego stawu skokowego

5.3.5 Ocena sprawności specjalnej na lodzie

Do przeprowadzenia testów sprawności specjalnej na lodzie został wykorzystany profesjonalny system pomiarowy Smart Speed (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia) (fot. 3) używany przez drużyny i centra treningowe na świecie¹⁸⁵. System składa się z bramek (każda bramka wyposażona jest w fotokomórkę z nadajnikiem podczerwieni i odbłyśnikiem światła) oraz czytnika do identyfikacji sportowca. Rejestruje również międzyczasy na dystansach 5, 10, 15, 20 i 25 m. Uczestnicy startują z pozycji stojącej przy sygnale świetlnym.



Przeprowadzono 4 testy z bazy testów IIHF (International Ice Hockey Federation) oceniających wybrane elementy sprawności specjalnej na lodzie¹⁸⁶.

Fot. 3. System fotokomórek SmartSpeed (www.fusionsport.com/smartspeed-timing-gates-system)

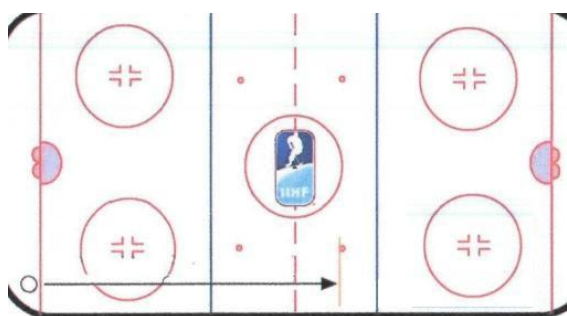
30 metrowe Testy szybkości na lodzie po linii prostej przeprowadzono na 4 bramkach. Ustawiono odległość 5 metrów między fotokomórką a odbłyśnikiem światła. Poszczególne bramki rozmieszczono na linii startu, potem w odległości co 5, 15 metrów, aby rejestrować międzyczasy przekroczenia wiązki IR. Ostatnia 4 bramka w odległości 30 metrów od linii startu oznaczała metę. Pomiar szybkości przodem i tyłem na odcinku 30 metrów. Zarówno

przodem jak i tyłem zawodnicy jechali dwa razy, do analizy wprowadzono lepszy wynik. Wzięto pod uwagę 2 międzyczasz oraz całkowity wynik końcowy (Test 1-2).

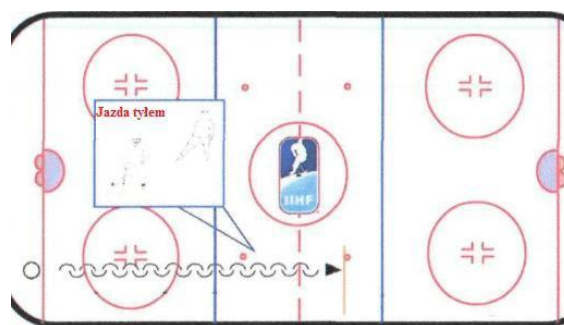
Testy zwinności na lodzie (agility). Jazda przód - tył z krążkiem. Zawodnik zaczyna z linii startu, jedzie do dalszego prawego pachołka, robi łuk w prawo i przechodzi do jazdy tyłem, jedzie dalej tyłem do bliższego prawego pachołka, mija pachołek i przechodzi do jazdy przodem i jedzie do dalszego lewego pachołka, wykonuje łuk w lewo i przechodzi do jazdy tyłem. Jedzie dalej tyłem do bliższego lewego pachołka. Po minięciu pachołka zawodnik przechodzi ponownie do jazdy przodem i jedzie do linii przeciwległej do linii Start/Meta, wykonuje hamowanie przy linii, potem startuje do linii mety. To jest próba czasowa. Linia startu jest także linią mety dlatego do pomiaru czasu wykorzystano 1 fotokomórkę. Ustawiono odległość 2 metrów między fotokomórką a odbłyśnikiem światła (Test 3).

Test jedno okrążenie po wirażu (szybkość po wirażu) (Fastest lap): zawodnik jedzie jak najszybciej całe okrążenie lodowiska za liniami bramkowymi. Do testu wykorzystano 1 fotokomórkę ustawioną na linii start/meta (test 4).

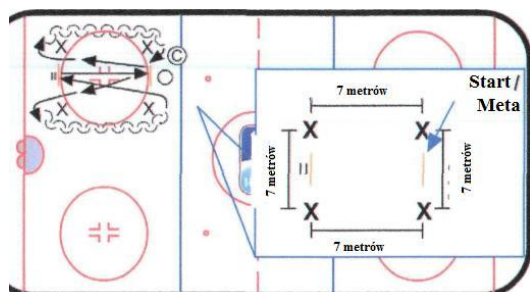
Powyższe testy sprawności specjalnej na lodzie zostały wykorzystane jako metody badawcze także w innych polskich publikacjach ¹¹⁸.



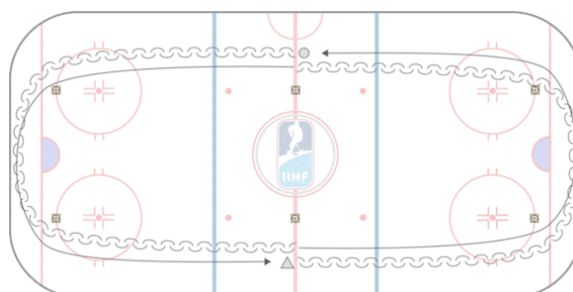
Rys. 15a. Test 1. Szybka jazda przodem



Rys. 15b. Test 2. Szybka jazda tyłem



Rys. 15c. Test 3. Test zwinności Jazda przód – tył



Rys. 15d. Test 4. Szybka jazda po wirażu Fastest Lap

5.4 Narzędzia analizy statystycznej

Wyniki badań przedstawiono w postaci średniej, odchylenia standardowego, mediany, wartości minimalnej i maksymalnej. Wybór testu parametrycznego uzależniono od spełnienia jego podstawowych założeń, tj. zgodności rozkładów z rozkładem normalnym, co zostało zweryfikowane za pomocą testu Shapiro-Wilka. Do porównania dwóch prób niezależnych wykorzystano parametryczny test t lub nieparametryczny test U Manna-Whitneya. Różnice istotne statystycznie przyjęto dla wartości $p < 0,05$. Aby porównać wyniki dwóch pomiarów użyto parametrycznego testu t dla prób zależnych lub nieparametrycznego testu kolejności par Wilcoxon.

Ze względu na fakt, że zmienne w wielu przypadkach nie posiadały rozkładów normalnych, do weryfikacji istotności różnic nie zastosowano analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami tylko testy parametryczne lub nieparametryczne dla porównań dwóch grup bądź dwóch serii pomiarów dobrane pod kątem spełnienia założeń ich stosowalności. Do porównania wyników testu FMS (skala porządkowa) zastosowano testy nieparametryczne. W celu sprawdzenia siły zależności pomiędzy wynikami testu FMS a wynikami testów sprawności specjalnej na lodzie wykorzystano korelację rang Spearmana.

Do obróbki danych wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel (Microsoft), a do analizy statystycznej program Statistica ver. 13.1 (TIBCO Software Inc.).

5.5 Program treningu funkcjonalnego

Pierwsza część badań funkcjonalnych FMS i Y-balance nakreśliła obszar ograniczeń ruchowych, które obniżały punktację poszczególnych testów wykonywanych przez młodych hokeistów i była przedmiotem dalszych analiz w pracy. Wyniki wstępne zostały przedstawione w rozdziale wyniki.

Zastosowanie programu treningowego dla grupy eksperymentalnej przewidziano na okres 12 tygodni w wymiarze dwóch 60-minutowych jednostek treningowych w tygodniu. Zajęcia były ściśle zaplanowane i monitorowane przez prowadzących w celu dokładnego wykonywania ćwiczeń przez zawodników. Program treningowy opierał się na systemie ćwiczeń korekcyjnych proponowanych przez autora testu FMS Graya Cooka⁶², ćwiczeniach fizjoterapeutycznych oraz na sprawdzonych funkcjonalnych programach treningowych wdrażanych do periodyzacji wybranych dyscyplin sportowych^{21,27,148,187-189}, jak i na doświadczeniu trenerów prowadzących. Jednostki treningowe były realizowane w

poniedziałki i czwartki. Każde zajęcia miały określony cel i metodykę. Treningi prowadzili wspólnie fizjoterapeuta z kwalifikacjami trenera przygotowania motorycznego NCSC (National Certificate in Strength & Conditioning) oraz trener techniczny.

Ćwiczenia funkcjonalne realizowane na treningach przedstawiają liniową ścieżkę od mobilności, przez stabilność po integrację wzorca i ćwiczenia z obciążeniem zewnętrznym. Poniżej przedstawiono poszczególne zadania i cele treningowe w kształtowaniu ograniczonych zdolności motorycznych i funkcjonalnych.

1. Mobilność

W pierwszej kolejności postępowanie korekcyjne nakierowane jest na wzorce mobilności, ponieważ stabilności nie powinno się kształtować w warunkach ograniczonej mobilności^{23,24}. Odpowiedni poziom mobilności wpływa na poprawę jakości odbierania bodźców sensorycznych wykorzystywanych w rozwoju strategii stabilizacji i odpowiedniego poziomu kontroli motorycznej¹⁷⁴. W przypadkach, w których zakresy ruchomości są osłabione, jakość ruchu sportowca może ulec pogorszeniu. Jeżeli w teście ujawnią się ograniczenia lub asymetrie, oznacza to, że problem mobilności rzutuje na jakość wzorca ruchowego i powinien być priorytetem podczas sesji postępowania korekcyjnego^{24,36,190}.

- ▶ Zastosowano sprawdzone rodzaje ćwiczeń: rozluźnianie mięśniowo – powięziowe z pomocą wałków piankowych i piłeczek lacrosse, mobilizacje stawowe, stretching^{191–193} i techniki energii mięśniowej MET (Muscle Energy Technique), takie jak relaksację poizometryczną (PIR)^{194,195} i hamowanie zwrotne (RI). Techniki MET pozwalają powrócić mięśniom do ich naturalnych pozycji spoczynkowych przeciwdziałać powstawaniu punktów spustowych i wzmożonego napięcia danych mięśni^{196–198}. Pierwsza z technik PIR wykorzystujących zjawiska pobudzania i hamowania mięśniowego prowadzi do zmniejszenia napięcia występującego w obrębie mięśnia lub grupy mięśni. Polega na rozciągnięcia mięśnia do odczucia pierwszego oporu, napięcia izometrycznego z siłą 20%, a następnie jego rozluźnienia. Hamowanie zwrotne (IR) to technika, w której stosuje się napięcie izometryczne antagonistów dla wyhamowania czynności poddawanych rozluźnianiu agonistów. Związane jest z fizjologiczną odpowiedzią mięśni antagonistycznych do napinanego mięśnia. Gdy mięsień napina się izometrycznie, mięśnie antagonistyczne do niego są hamowane i bezpośrednio po tym napięciu będą cechować się zmniejszonym napięciem^{195,197,199}.

Na podstawie zaobserwowanych deficytów mobilnościowych w pierwszych pomiarach testów FMS, YBT i wybranych testach klinicznych ustalono program ćwiczeń ukierunkowanych na:

- zwiększenie mobilności kręgosłupa piersiowego w kierunku wyprostowania i ruchów rotacyjnych,
- mobilizację stawów obręczy barkowej i biodrowej,
- zwiększenia ruchomości stawu skokowego.

2. Ćwiczenia poprawiające wzorzec oddechowy

Wyniki badań Bradley pokazują znaczenie oddychania przeponowego dla ruchu funkcjonalnego. Mechanika oddychania odgrywa kluczową rolę w kontroli postawy ciała. Wykazano, że zaburzenia wzorca oddychania przyczyniają się do deficytów kontroli motorycznej, co może prowadzić do dysfunkcji wzorców ruchowych^{200,201} i zmiany postawy ciała^{202,203}. Niewydajne oddychanie może skutkować brakiem równowagi mięśniowej, zmianami kontroli motorycznej i adaptacjami fizjologicznymi, które są w stanie modyfikować ruch²⁰⁰. Zaproponowano zatem ćwiczenia oddechowe jako możliwą podstawę korekcji dysfunkcyjnych wzorców ruchowych¹⁵⁵.

3. Stabilność

Według Kiblera wzmocnienie stabilności poprzez trening mięśni głębokich przyczynia się do kontrolowania przyjętej pozycji i wykonywanego ruchu tułowia nad miednicą, co umożliwia przenoszenie siły na kończyny^{50,204}. Funkcją mięśni głębokich jest stabilizacja tułowia. Optymalna stabilność proksymalna pozwala na bezpieczny ruch dystalny^{50,174}. Prowadzenie ćwiczeń stabilizacyjnych jest odpowiednie tylko w sytuacji, kiedy optymalne zakresy ruchu w stawie pozwalają danej osobie na prawidłowe przyjęcie pozycji w ćwiczeniach. Ćwiczenia te mają na celu kształtowanie kontroli postawy w początkowej oraz końcowej fazie każdego wzorca ruchowego. Zagwarantuje to właściwe ustawienie stawów podczas ćwiczeń stabilizujących^{24,62}. Podczas wykonywania testów FMS i Y-Balance zaobserwowano utrudnienia w utrzymaniu równowagi w ćwiczeniach unilateralnych oraz stabilności rotacyjnej, kontroli motorycznej w końcowych zakresach ruchu, kompensacji podczas testów stabilności. W programie zastosowano ćwiczenia kontroli motorycznej we wzorcach bilateralnych, unilateralnych, stabilizacji statycznej, dynamicznej oraz równowagi.

4. Integracja wzorca ruchowego

Wykorzystanie mobilności oraz stabilności do zaprogramowania specyficznego wzorca ruchowego angażując odpowiednią koordynację i timing (czas włączania się poszczególnych mięśni do pracy). Wymagają one odpowiedniej postawy, osiowości (osiowego ustawienia poszczególnych części ciała), równowagi oraz kontroli działających sił w obrębie osiągniętego zakresu ruchomości bez wsparcia kompensacyjnym napięciem oraz bez sztywności i zwiększonego napięcia mięśni. Kontrola motoryczna nad wykonywanym wzorcem jest szeroką kategorią obejmującą mobilność, stabilność, koordynację oraz efektywną aktywację mięśni²⁶.

5. Ćwiczenia dynamiczne (lekkoatletyczne i plyometryczne) i ćwiczenia z obciążeniem zewnętrznym w kontrolowanych wzorcach ruchowych^{24,25,62,205}.

6. Ćwiczenia dynamiczne (lekkoatletyczne i plyometryczne) i ćwiczenia z obciążeniem zewnętrznym w kontrolowanych wzorcach ruchowych^{24,25,62,205}.

Trening plyometryczny ma na celu zwiększenia wykorzystania efektów cyklu rozciąganie-skurcz (CR-S) na potrzeby produkcji maksymalnej mocy mięśniowej przy skróconym do minimum czasie jej rozwijania²⁰⁶⁻²⁰⁸. W dosłownym tłumaczeniu „plyometric” oznacza „plio” – więcej oraz „metric” długość, czyli więcej długości. Nie oznacza to zmiany struktury mięśnia pod względem anatomicznym, lecz rozciągnięcie (wydłużenie) czynnościowe pod wpływem działania siły zewnętrznej. Rozciągnięty mięsień charakteryzuje się zwiększeniem jego sztywności i akumulacją energii sprężystej, elastycznej, głównie w kompleksie mięsień-ścięgno^{207,209}. Cykl rozciągnięcie – skurcz (CR-S) jest naturalną funkcją mięśni wykonywaną podczas czynności ruchowych. Istotą efektywnego zastosowania cyklu CR-S jest wykorzystanie energii zgromadzonej podczas pracy ekscentrycznej na potrzeby czynności wykonywanej podczas fazy koncentrycznej. W trakcie fazy koncentrycznej aktywne mięśnie ulegają wcześniejszemu napięciu i absorbują energię. Część tej energii jest tymczasowo przechowywana, a następnie ponownie wykorzystywana w fazie rozciągnięcia w cyklu CR-S^{210,211}. Działanie mięśni w cyklu rozciąganie-skurcz pozwala na uzyskanie wyższych wartości siły, większego tempa narastania mocy w porównaniu do pracy rozpoczynającej się w pozycji statycznej^{20,208}.

Wyróżnia się dwa rodzaje cyklu CR-S: wolny cechujący się fazą kontaktu z podłożem 300-500 ms i szybki z czasem kontaktu z podłożem 100-200 ms. Określony czas kontaktu z podłożem w ćwiczeniach plyometrycznych powoduje, że nie wszystkie ćwiczenia wykorzystujące cykl rozciągnięcie-skurcz można zakwalifikować do ćwiczeń

plyometrycznych^{206,208}. Jedynie te ćwiczenia spełniają warunki treningu plyometrycznego, w których faza amortyzacji pomiędzy pracą ekscentryczną, a koncentryczną wynosi pomiędzy 100 a 250 ms. Krótki okres przejściowy pomiędzy fazą koncentryczną a ekscentryczną jest konieczny dla optymalnego wykorzystania nagromadzonej energii elastycznej, która umożliwia osiągnięcie większej siły i mocy w danym ruchu²¹². Wśród najczęściej stosowanych ćwiczeń należy wymienić: pojedyncze wyskoki wertykalne i horizontalne obunóż i jednoonóż, wieloskoki do przodu i w skos, zeskoki ze skrzyni z natychmiastowym wyskokiem, przeskoki przez płotki. Ćwiczenia skocznościowe zawodnicy stosowali od dawna w swoich programach dlatego skoncentrowano się na optymalizacji tego rodzaju ćwiczeń, aby ich wykonywanie w treningu poza lodem mogło przełożyć się na progresję sprawności specjalnej na lodzie.

Poniżej w tabeli przedstawiono skrócony zarys postępowania korekcyjnego w treningu funkcjonalnym dla grupy eksperymentalnej.

Tabela 1. Skrócony program treningowy

Program treningu funkcjonalnego	Środki treningowe
1. Ćwiczenia oddechowe (stosowane od 1-12 tyg. treningów)	Ćwiczenia oddechowe, Relaksacja (fot. 5)
2. Mobilizacje (1-12 tyg)	Rozluźnianie mięśniowo-powięziowe przy użyciu wałka piankowego i piłeczki lacrossej (fot. 4), Poizometryczna relaksacja PIR mięśni o wzmożonym napięciu (fot.8,10), Mobilizacje odcinka piersiowego kręgosłupa w kierunku wyprostowania i rotacji (fot 6a, b, c), Mobilizacje obręczy barkowej w kierunku rozluźnienia torebki stawowej w stawie ramiennym, aby umożliwić ślizg stawowy i zwiększyć ruchomość stawów obręczy barkowej, ćwiczenia retrakcji barku (fot 6b,7), Rozluźnienie odcinka lędźwiowego kręgosłupa, mobilizacje

	<p>taśmy tylnej (fot. 8),</p> <p>Mobilizacje obręczy biodrowej: zwiększanie zakresów ruchomości stawów biodrowych (9 a, b, c),</p> <p>Mobilizacje stawów skokowych poprzez rozluźnianie podeszwy stopy, mięśnia trójgłowego łydki, zwiększanie ruchomości w kierunku zgięcia grzbietowego (fot 10).</p>
<p>3. Ćwiczenia stabilizacji (wprowadzone od 4 -12 tyg. ćwiczeń)</p>	<p>Aktywacją mięśni głębokich kompleksu miedniczno-biodrowo-lędźwiowego (fot 6c,12d,13),</p> <p>Aktywacja mięśni pośladkowych (fot.12d,13),</p> <p>Aktywacja stożka rotatorów (fot. 7,12c),</p> <p>Ćwiczenia stabilizacyjne statyczne (fot.11),</p> <p>Ćwiczenia stabilizacyjne dynamiczne (z akcentem na ruch kończyn górnych lub dolnych) (fot. 11,12 a, b, c).</p> <p>Ćwiczenia równoważne (fot.14 a, b).</p>
<p>4. Ćwiczenia integracji wzorca, ćwiczenia z dodatkowym obciążeniem (wprowadzone od 5 tyg. ćwiczeń)</p>	<p>Przysiad obunóż, jednonóż (12b),</p> <p>wzorze ciągnięcia i pchania wertykalnego i horyzontalnego z akcentem na dominację danej grupy mięśniowej (fot. 12a,c)</p> <p>wzorze rotacyjne, antyrotacyjne (chooping, lifting)(12a),</p> <p>wzorze siłowe z obciążeniem zewnętrznym(12b).</p>
<p>5. Ćwiczenia zwinnościowe, plyometryczne (od 6 tyg.)</p>	<p>Ćwiczenia lekkoatletyczne (ćwiczenia na drabince, skipy, półskipy, wzorce biegowe, ćwiczenia plyometryczne). (fot.15,16)</p>

Poniżej na zdjęciach (fot. 4-16) zaprezentowano zestawy wybranych ćwiczeń. Wprowadzono stopniowo progresję ćwiczeń.



Fot 4. Rozluźnianie mięśniowo powięziowe przy pomocy rollera piankowego i piłeczki



Fot. 5. Przykładowe ćwiczenia oddechowe



Fot. 6a. Mobilizacje kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej



Fot. 6b. Mobilizacje kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej



Fot. 6c. Mobilizacje kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej



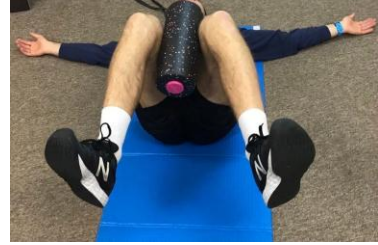
Fot. 7. Mobilizacje w kierunku retrakcji barków, aktywacji stożka rotatorów



Fot. 8. Mobilizacje odcinka kręgosłupa lędźwiowego i grupy mięśni kulszowo-goleniowych



Fot. 9a. Mobilizacje stawu biodrowego z gumą oporową



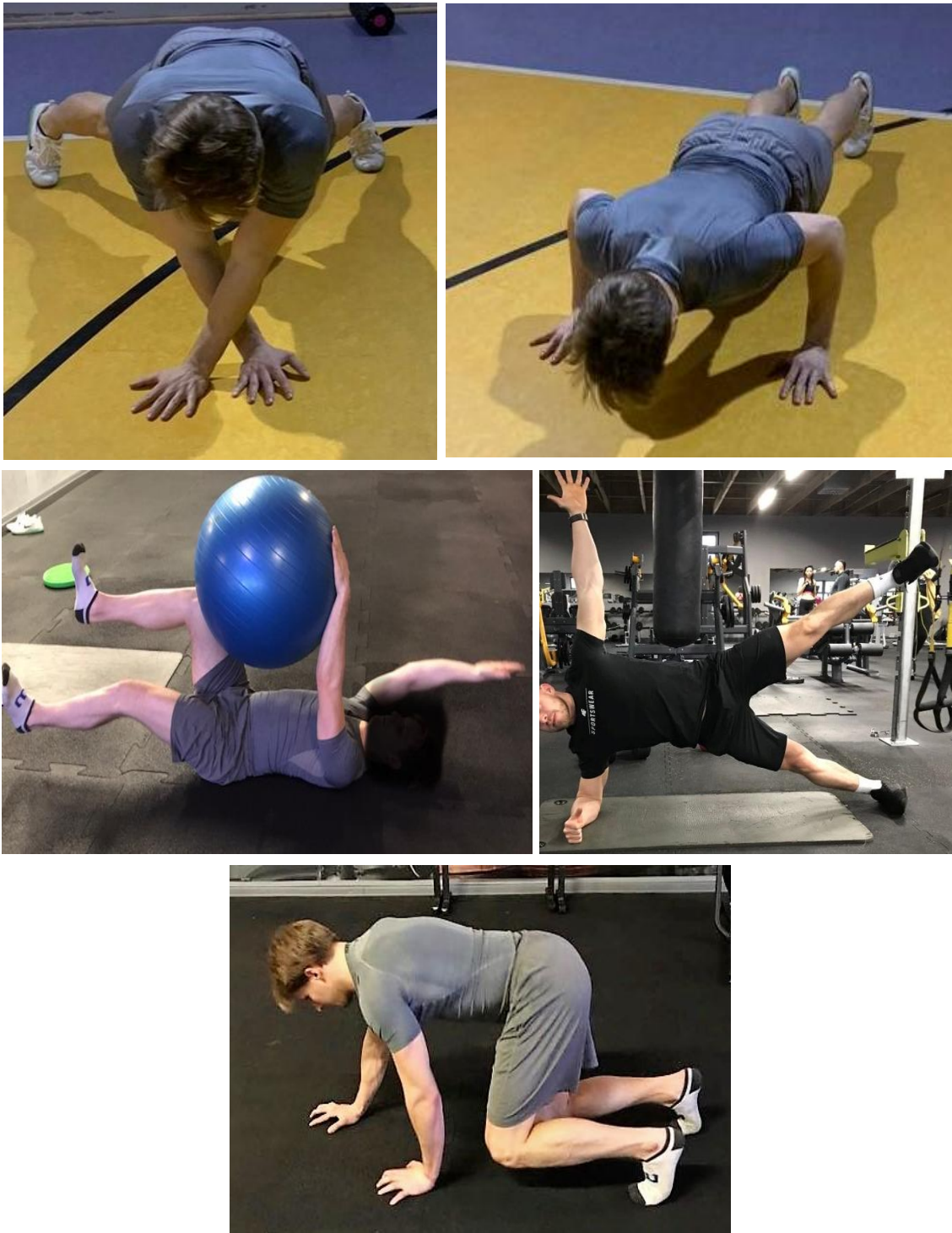
Fot. 9b. Mobilizacje stawu biodrowego



Fot. 9c. Mobilizacje stawu biodrowego



Fot. 10. Mobilizacje stawu skokowego



Fot. 11. Ćwiczenia stabilizacji statycznej i dynamicznej. Aktywacja mięśni głębokich.



Fot. 12a. Ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie. Ćwiczenia skierowane na akcent ruchu stawów kończyn górnych. Wzorce: rotacji (Lifting, chopping)



Fot. 12b. Ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie. Ćwiczenia skierowane na akcent ruchu stawów kończyn górnych. Wzorce: rotacji. Integracja wzorców



Fot. 12c. Ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie. Ćwiczenia skierowane na akcent ruchu stawów kończyn górnych. Wzorce: przyciągania (akcent na górę)



Fot. 12d. Ćwiczenia stabilizacji z akcentem na ruchy stawów kończyn dolnych



Fot. 13. Ćwiczenia wzmacniające grupę kulszowo-goleniową. Wzorzec zawias w biodrze (hip hinge)



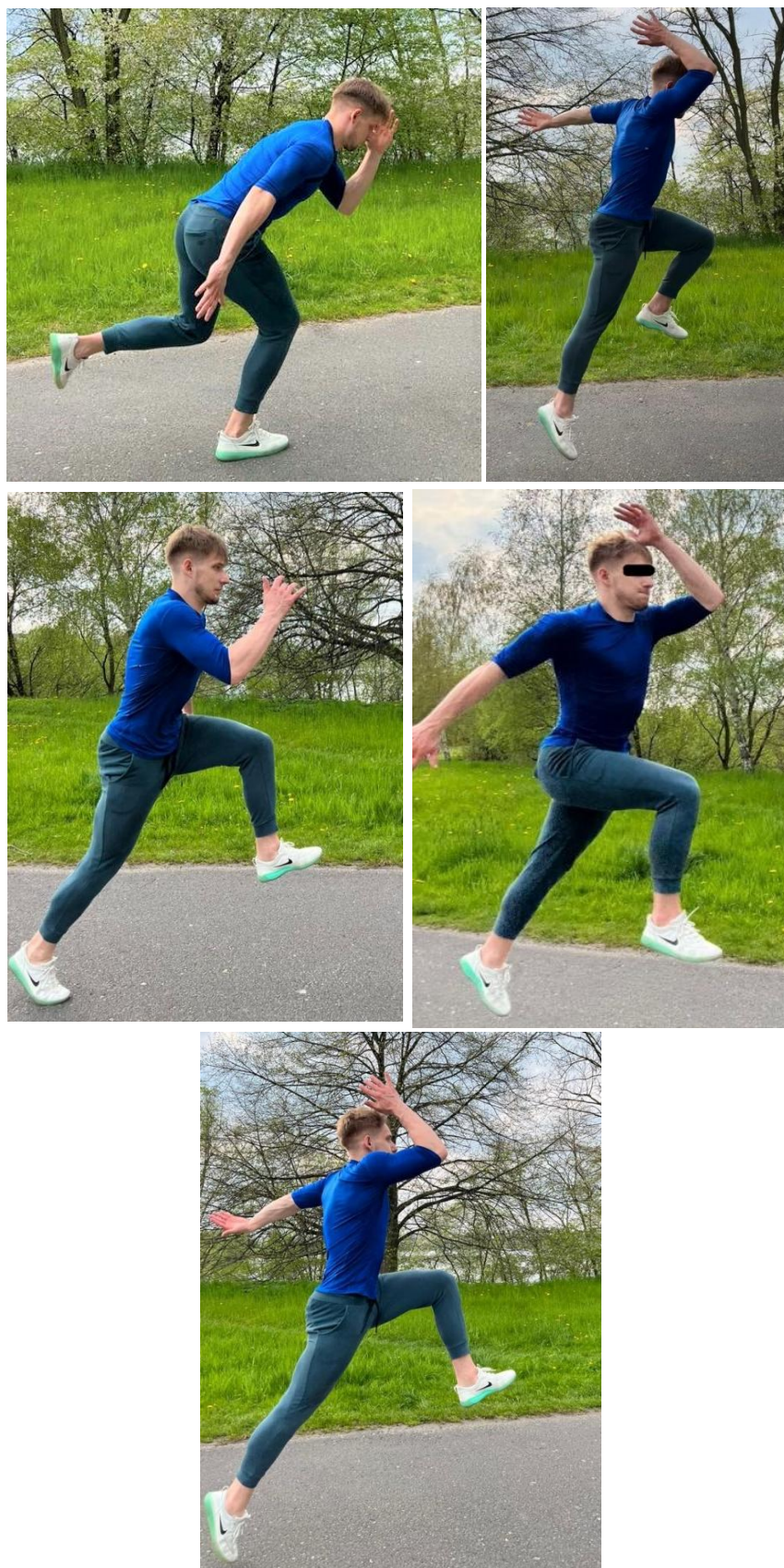
Fot. 14a. Ćwiczenia równoważne



Fot. 14b. Ćwiczenia równoważne(sprinter press)



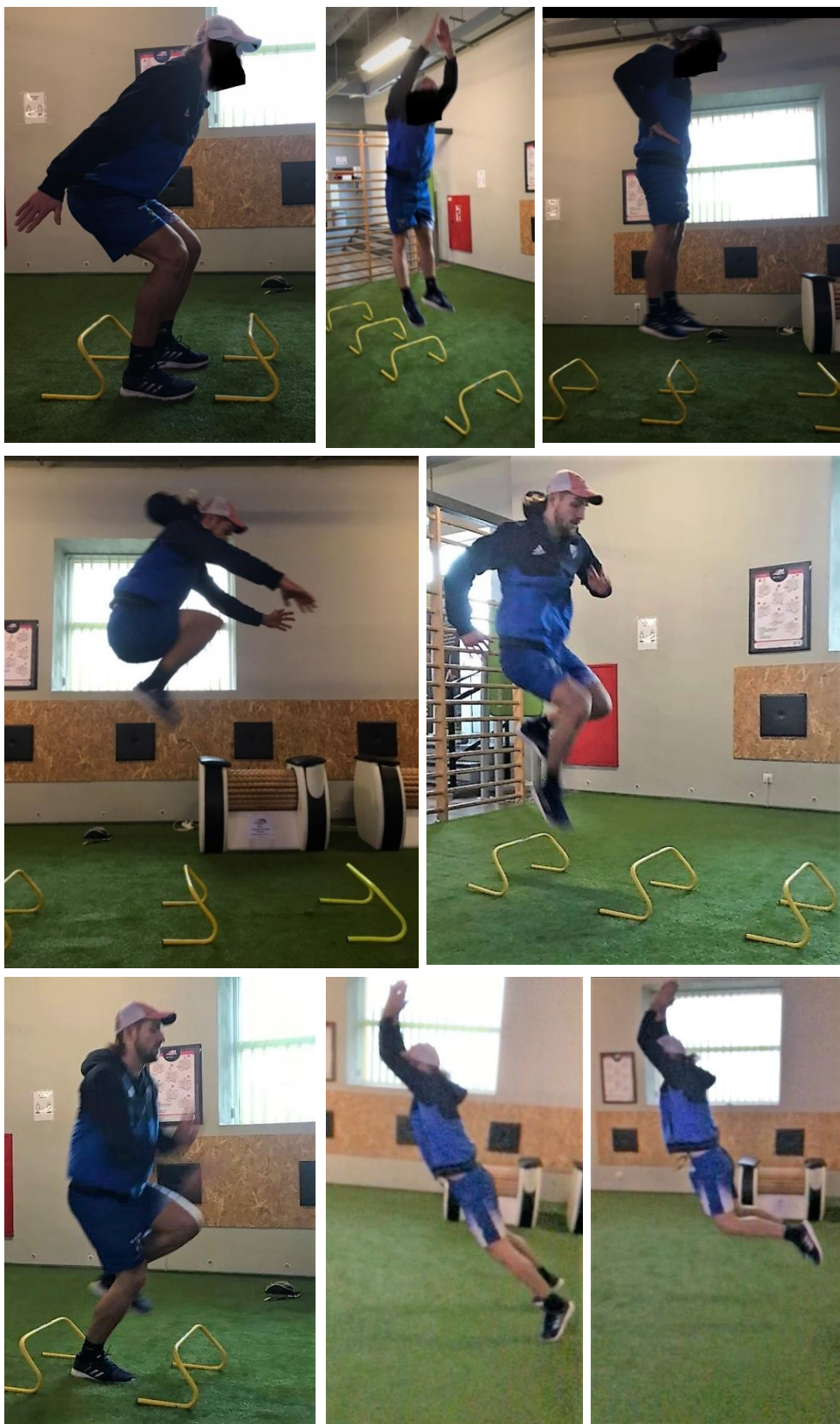
*Fot. 15a. Wybrane ćwiczenia lekkoatletyczne
(stretching dynamiczny, skipy, ćwiczenia techniki biegu przy ścianie „Wall drills”)*



Fot. 15b. Wybrane ćwiczenia lekkoatletyczne (stretching dynamiczny, skippy, pótskipy , wieloskoki)



*Fot. 15c. Wybrane ćwiczenia lekkoatletyczne
(skipy, skoki boczne, ćwiczenia pod dynamiczną zmianę kierunku)*



Fot. 16 Ćwiczenia plyometryczne

6. Wyniki badań

6.1 Wyniki wstępne

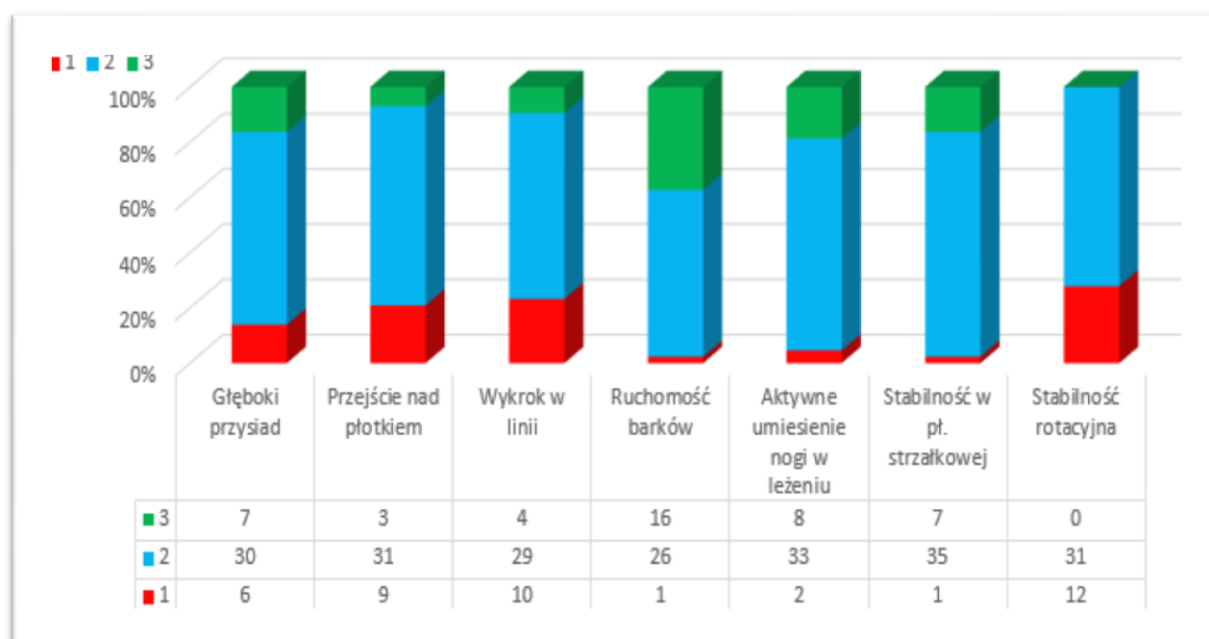
W tabeli 2 zaprezentowano dane dotyczące wieku oraz podstawowych pomiarów antropometrycznych badanych. Wiek, wysokość i masa ciała nie różniły się istotnie pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną.

Tabela 2. Wiek oraz podstawowe parametry somatyczne badanych i ich porównanie w grupie kontrolnej (K) i eksperymentalnej (E)

Zmienne	K	E	T	P
	Średnia \pm sd	Średnia \pm sd		
Wiek	18,36 \pm 0,79	18,09 \pm 0,73	1,22	0,29
masa ciała	80,87 \pm 7,00	78,87 \pm 4,81	1,13	0,34
wysokość ciała	181,05 \pm 6,95	183,70 \pm 4,54	-1,52	0,11

Badania wstępne wskazały na występowanie zauważalnych ograniczeń ruchowych u hokeistów, które widoczne były w większości testów FMS. Najwięcej trudności i jednocześnie najmniej punktów badani otrzymali w 4 testach, a w kolejności od najmniej punktowanego były to: stabilność rotacyjna tułowia, przejście nad płotkiem, wykrok w linii, przysiad głęboki.

Na rycinie 1 przedstawiono wyniki wstępne testu FMS. Były one podstawą do opracowania treningu funkcjonalnego.



Ryc. 1. Wyniki wstępne testu FMS dla wszystkich badanych

Zaobserwowano też dużą ilość asymetrii (70 %) u wszystkich badanych, z czego nieco ponad większość hokeistów (51%) miało więcej niż 1 asymetrię. W 5 testach unilateralnych najwięcej asymetrii zauważono w teście wykroku w linii (50% wszystkich badanych) przejścia przez płótek (31%) oraz ruchomości obręczy barkowej (38%). Wyniki pierwszego pomiaru testu Y-Balance także wskazują na asymetrię pomiędzy zasięgami kończyn dolnych w kierunkach: przednim (47%), tylno-bocznym (70%) oraz tylno-przyśrodkowym (51%).

6.2 Wyniki końcowe

Porównanie wyników I i II pomiaru w grupie eksperymentalnej dało podstawy do stwierdzenia trzech istotnych statystycznie różnic przed i po zastosowaniu treningu funkcjonalnego. W drugim pomiarze zauważono istotną poprawę czasu przejazdu przodem na dystansie 15 metrów ($p=0,002$) oraz na dystansie 30 metrów ($p=0,003$). Zauważono również poprawę zwinności ($p=0,008$) (tab. 3). Porównanie wyników w grupie kontrolnej wskazało na istotne pogorszenie czasu przejazdu na dystansie 5 metrów tyłem w drugim pomiarze względem pierwszego ($p=0,032$) (tab. 4).

Tabela 3. Wyniki testów sprawności specjalnej na lodzie uzyskane w pierwszym i drugim pomiarze w grupie eksperymentalnej

Zmienne	Średnia \pm sd	Mediana	Min-max	P
5mP [s] – I	1,46 \pm 0,37	1,71	0,91-1,83	0,26 ^B
5mP [s] – II	1,32 \pm 0,35	1,16	0,92-1,93	
15mP [s] – I	2,82 \pm 0,37	2,61	2,39-3,42	0,002 ^B
15mP [s] – II	2,61 \pm 0,29	2,51	2,30-3,18	
30mP [s] – I	4,27 \pm 0,15	4,26	4,05-4,68	0,003 ^A
30mP [s] – II	4,06 \pm 0,31	4,10	3,40-4,63	
5mT [s] – I	1,95 \pm 0,53	2,14	1,07-2,80	0,55 ^B
5mT [s] – II	1,98 \pm 0,58	2,14	1,13-2,89	
15mT [s] – I	3,24 \pm 0,43	3,11	2,49-4,10	0,2 ^B
15mT [s] – II	3,09 \pm 0,64	2,96	2,31-4,06	
30mT [s] – I	5,18 \pm 0,26	5,19	4,71-5,61	0,19 ^A
30mT [s] – II	5,10 \pm 0,39	5,07	4,47-5,96	
Zwinność [s] – I	14,39 \pm 0,61	14,57	12,75-15,08	0,008 ^B
Zwinność [s] – II	14,14 \pm 0,74	14,04	12,20-15,90	
Szybkość po wirażu [s] I	15,00 \pm 0,75	14,92	14,07-16,55	0,75 ^A
Szybkość po wirażu [s] II	15,03 \pm 0,74	14,89	14,00-16,43	

Legenda: P- przodem, T- tyłem, istotne statycznie różnice pomiędzy I i II pomiarem zaznaczono na czerwono, ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu Wilcoxon

Tabela 4. Wyniki testów sprawności specjalnej na lodzie uzyskane w pierwszym i drugim pomiarze w grupie kontrolnej

Zmienne	Średnia \pm sd	Mediana	Min-max	P
5mP [s] – I	1,51 \pm 0,39	1,69	0,95-2,00	0,12 ^B
5mP [s] – II	1,62 \pm 0,37	1,75	0,98-1,99	
15mP [s] – I	2,85 \pm 0,50	2,57	2,25-3,80	0,84 ^B
15mP [s] – II	2,84 \pm 0,37	2,89	2,26-3,59	
30mP [s] – I	4,37 \pm 0,33	4,33	4,03-5,69	0,13 ^B
30mP [s] – II	4,42 \pm 0,25	4,32	3,97-4,85	
5mT [s] – I	1,85 \pm 0,59	2,13	1,12-2,88	0,032 ^B
5mT [s] – II	2,04 \pm 0,48	2,21	1,21-2,89	
15mT [s] – I	3,47 \pm 0,73	3,25	2,31-4,91	0,32 ^B
15mT [s] – II	3,34 \pm 0,56	3,19	2,49-4,18	
30mT [s] – I	5,32 \pm 0,42	5,24	4,31-6,12	0,54 ^A
30mT [s] – II	5,39 \pm 0,60	5,21	4,17-6,60	
Zwinność [s] – I	15,16 \pm 1,04	15,02	13,61-18,90	0,82 ^B
Zwinność [s] – II	15,11 \pm 0,90	14,91	13,80-18,23	
Szybkość po wirażu [s] – I	15,46 \pm 0,84	15,61	14,14-16,58	0,21 ^B
Szybkość po wirażu [s] – II	15,61 \pm 0,76	15,89	14,19-16,55	

Legenda: P- przodem, T- tyłem, istotne statycznie różnice pomiędzy I i II pomiarem zaznaczono na czerwono; ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu Wilcoxon

Porównanie pomiędzy grupami dodatkowych zmiennych (Δ) czyli różnic pomiędzy wynikami I i II pomiaru wskazało na istotne różnice trzech zmiennych, tj. różnicy pomiędzy czasem przejazdu w przód na dystansie 5, 15 i 30 metrów (tab. 5). W grupie eksperymentalnej odnotowano wyższy efekt treningowy.

W przypadku wyników testu FMS, porównanie I i II pomiaru w grupie eksperymentalnej wskazało na siedem istotnych statystycznie różnic. Po zastosowaniu treningu funkcjonalnego istotnie poprawił się wyniki głębokiego przysiadu, przejścia nad płotkiem, wykroku w linii, ruchomości obręczy barkowej, stabilności rotacyjnej, sumy punktów oraz liczby asymetrii (tab. 6). W grupie kontrolnej odnotowano istotne pogorszenie się wyników drugiego pomiaru względem pierwszego w teście przejścia nad płotkiem oraz w liczbie asymetrii (tab. 7).

Tabela 5. Różnice pomiędzy wynikami z I i II pomiaru (Δ) testów sprawności specjalnej na lodzie w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K)

Zmienne	Grupa	Średnia \pm sd	Mediana	Min-max	P
Δ 5mP _{przed-po} [s]	E	0,14 \pm 0,47	0,01	-0,79-0,83	0,041 ^B
	K	-0,11 \pm 0,23	-0,01	-0,79-0,14	
Δ 15mP _{przed-po} [s]	E	0,21 \pm 0,30	0,04	-0,07-0,89	0,041 ^B
	K	0,01 \pm 0,31	-0,02	-0,68-0,71	
Δ 30mP _{przed-po} [s]	E	0,21 \pm 0,30	0,12	-0,20-0,86	0,009 ^B
	K	-0,05 \pm 0,34	-0,07	-0,49-1,05	
Δ 5mT _{przed-po} [s]	E	-0,03 \pm 0,66	-0,00	-1,46-1,22	0,35 ^A
	K	-0,20 \pm 0,49	-0,11	-1,01-1,12	
Δ 15mT _{przed-po} [s]	E	0,15 \pm 0,66	0,09	-0,94-1,75	0,94 ^A
	K	0,13 \pm 0,72	0,08	-1,45-1,62	
Δ 30mT _{przed-po} [s]	E	0,08 \pm 0,28	0,07	-0,42-0,67	0,24 ^A
	K	-0,07 \pm 0,53	-0,06	-0,99-1,38	
Δ Zwinność _{przed-po} [s]	E	0,25 \pm 0,49	0,27	-1,05-1,09	0,17 ^A
	K	0,07 \pm 0,39	0,04	-0,68-0,98	
Δ Szybkość po wirażu _{przed-po} [s]	E	-0,03 \pm 0,40	0,05	-1,00-0,66	0,36 ^B
	K	-0,15 \pm 0,47	-0,02	-1,62-0,69	

Legenda: P- przodem, T- tyłem, istotne statycznie wyniki zaznaczono na czerwono ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu U Manna-Whitneya

Tabela 6. Wyniki testów FMS uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie eksperymentalnej

Zmienne	Średnia	Mediana	Min-Max	P
Głęboki przysiad [pkt] I	2,00 \pm 0,52	2,00	1-3	0,027
Głęboki przysiad [pkt] II	2,26 \pm 0,45	2,00	2-3	
Przejście nad płotkiem [pkt] I	1,74 \pm 0,45	2,00	1 -2	<0,001
Przejście nad płotkiem [pkt] II	2,39 \pm 0,50	2,00	2 -3	
Wykrok w linii [pkt] I	1,96 \pm 0,47	2,00	1 -3	0,011
Wykrok w linii [pkt] II	2,30 \pm 0,47	2,00	2 -3	
Ruchomość barków [pkt] I	2,48 \pm 0,51	2,00	2 -3	0,043
Ruchomość barków [pkt] II	2,70 \pm 0,47	3,00	2 -3	
Aktywne uniesienie nogi w leżeniu [pkt] I	2,22 \pm 0,60	2,00	1 -3	0,13
Aktywne uniesienie nogi w leżeniu [pkt] II	2,43 \pm 0,59	2,00	1 -3	
Stabilność w płaszczyźnie strzałkowej [pkt] I	2,26 \pm 0,45	2,00	2-3	0,13
Stabilność w płaszczyźnie strzałkowej [pkt] II	2,48 \pm 0,51	2,00	2 -3	
Stabilność rotacyjna [pkt] I	1,78 \pm 0,42	2,00	1 -2	0,043
Stabilność rotacyjna [pkt] II	2 \pm 0	2,00	2 -2	
Suma PKT [pkt] I	14,57 \pm 2,11	14,00	10-18	<0,001
Suma PKT [pkt] II	16,52 \pm 1,88	17,00	12-20	
Asymetrie [pkt] I	1 \pm 0,85	1,00	0-3	0,004
Asymetrie [pkt] II	0,35 \pm 0,49	0,00	0-1	

Legenda: Istotne statycznie różnice pomiędzy I i II pomiarem zaznaczono na czerwono

Tabela 7. Wyniki testów FMS uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie kontrolnej

Zmienne	Średnia± SD	Mediana	Min-Max	p
Głęboki przysiad [pkt] I	2,05± 0,58	2,00	1-3	0,20
Głęboki przysiad [pkt] II	1,86± 0,65	2,00	1-3	
Przejsie nad płotkiem [pkt] I	1,95± 0,58	2,00	1-3	0,02
Przejsie nad płotkiem [pkt] II	1,64± 0,58	2,00	1-3	
Wykrok w linii [pkt] I	1,77± 0,61	2,00	1-3	0,99
Wykrok w linii [pkt] II	1,73± 0,55	2,00	1-3	
Ruchomość barków [pkt] I	2,23± 0,53	2,00	1-3	0,18
Ruchomość barków [pkt] II	2,14± 0,64	2,00	1-3	
Aktywne uniesienie nogi w leżeniu [pkt] I	2,05± 0,21	2,00	2-3	0,11
Aktywne uniesienie nogi w leżeniu [pkt] II	2,18± 0,39	2,00	2-3	
Stabilność w płaszczyźnie strzałkowej [pkt] I	2,00±0,31	2,00	1-3	0,07
Stabilność w płaszczyźnie strzałkowej [pkt] II	2,18±0,39	2,00	2-3	
Stabilność rotacyjna [pkt] I	1,68±0,48	2,00	1-2	0,99
Stabilność rotacyjna [pkt] II	1,68±0,48	2,00	1-2	
Suma PKT [pkt] I	13,77±2,29	14,00	10-19	0,26
Suma PKT [pkt] II	13,55±2,48	13,50	9-20	
Asymetrie [pkt] I	1,41±1,05	2,00	0-3	0,023
Asymetrie [pkt] II	1,86±1,25	2,00	0-4	

Legenda: Istotne statycznie różnice pomiędzy I i II pomiarem zaznaczono na czerwono, ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu Wilcoxon

Porównanie różnic (Δ) pomiędzy grupami wskazało na istotność statystyczną pięciu zmiennych: Δ Głęboki przysiad_{przed-po}, Δ Przejsie nad płotkiem_{przed-po}, Δ Wykrok w linii_{przed-po}, Δ Stabilność rotacyjna_{przed-po} oraz Δ Asymetrie_{przed-po} (tab. 8). Wyniki różnic wskazują na wyższy efekt treningowy w grupie eksperymentalnej.

Tabela 8. Różnice pomiędzy wynikami z I i II pomiaru (Δ) w testach FMS w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K)

Zmienne	Grupa eksperymentalna			Grupa kontrolna			P
	Średnia \pm Sd	Me	Min-Max	Średnia \pm Sd	Me	Min-Max	
Δ Głęboki przysiad _{przed-po} [pkt]	-0,26 \pm 0,45	0	-1-0	0,18 \pm 0,59	0	-1-1	0,034
Δ Przejście nad płotkiem _{przed-po} [pkt]	-0,65 \pm 0,49	-1	-1-0	0,32 \pm 0,48	0	0-1	<0,001
Δ Wykrok w linii _{przed-po} [pkt]	-0,35 \pm 0,49	0	-1-0	0,05 \pm 0,21	0	0-1	0,031
Δ Ruchomość barków _{przed-po} [pkt]	-0,22 \pm 0,42	0	-1-0	0,09 \pm 0,29	0	0-1	0,10
Δ Aktywne uniesienie nogi w leżeniu _{przed-po} [pkt]	-0,22 \pm 0,60	0	-1-1	-0,14 \pm 0,35	0	-1-0	0,60
Δ Stabilność w płaszczyźnie strzałkowej _{przed-po} [pkt]	-0,22 \pm 0,60	0	-1-1	-0,18 \pm 0,39	0	-1-0	0,78
Δ Stabilność rotacyjna _{przed-po} [pkt]	-0,22 \pm 0,42	0	-1-1	0 \pm 0,31	0	-1-1	<0,001
Δ Suma punktów [pkt]	-1,96 \pm 1,55	-2	-5-2	0,23 \pm 1,11	0,50	-3-2	0,24
Δ Asymetrie _{przed-po} [pkt]	0,65 \pm 0,78	1	-1-2	-0,45 \pm 0,74	-0,50	-2-1	<0,001

Legenda: Me – mediana, istotne statycznie różnice pomiędzy I i II pomiarem zaznaczono na czerwono

Analiza wyników testu Y-Balance w grupie eksperymentalnej wskazała na istotną statystycznie poprawę wyników w II pomiarze względem I w następujących zmiennych: różnica w cm między zasięgami w kierunku tylnobocznym (posterolateral) P i L, wynik złożony Composite YBT prawy i lewy, znormalizowany wynik % (wzgl. dł. kd) dla kier. Przedniego (anterior) P i L, Tylnobocznego (posterolateral) P oraz tylnoprzyśrodkowego (posteromedial) (tab. 9). W grupie kontrolnej odnotowano istotne statystycznie pogorszenie się wyników drugiego pomiaru względem pierwszego dla zmiennych: wyniku złożonego Composite YBT prawy i lewy, znormalizowany wynik % (wzgl. dł. KD) dla kier. Tylnobocznego (posterolateral) P i tylnoprzyśrodkowego (posteromedial) P (tab. 10).

Tabela. 9. Wyniki testów Y-balance uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie eksperymentalnej

Zmienne	Średnia \pm SD	Me	Min-Max	P
Różnica w cm między kier. przednim P i L I	4,30 \pm 3,65	4,00	0-11	0,08 ^B
Różnica w cm między kier. przednim P i L II	2,57 \pm 2,64	2,00	0-11	
Różnica w cm między kier. tylnio-bocznym P i L I	6,74 \pm 4,57	7,00	1-20	0,003 ^B
Różnica w cm między kier. tylnio-bocznym P i L II	4,30 \pm 4,70	3,00	0 -17	
Różnica w cm między kier. Tylnio-przyśrod. P i L I	3,52 \pm 3,80	2,00	0 -15	0,90 ^B
Różnica w cm między kier. Tylnio-przyśrod. P i L II	3,39 \pm 2,46	3,00	0 -10	
Wynik Composite YBT P I	100,63 \pm 7,45	99,34	87,25-116	<0,001 ^A
Wynik Composite YBT P-II	106,42 \pm 8,52	106,40	87,85-120,13	
Wynik Composite YBT L I	101,83 \pm 8,01	101,02	84,03-116,33	<0,001 ^A
Wynik Composite YBT L II	106,91 \pm 9,40	106,96	82,99-119,67	
Asymetria I między composite YBT PiL	3,29 \pm 2,32	3,11	0,01-8,5	0,31 ^B
Asymetria II między composite YBT PiL	2,36 \pm 2,14	2,36	0,04-9,59	
Z.w. [%] dla kier. Przedniego P- I	56,11 \pm 8,15	55,56	42,71-74,26	0,003 ^A
Z.w. [%] dla kier. Przedniego P-II	59,86 \pm 7,69	61,05	45,26	
Z.w. [%] dla kier. Przedniego L-I	55,64 \pm 6,77	57,58	42,11	0,001 ^A
Z.w. [%] dla kier. Przedniego L-II	59,86 \pm 7,69	61,05	45,26	
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-bocznego P-I	123,20 \pm 12,00	124,47	102,11-149,5	<0,001 ^A
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-bocznego P-II	131,77 \pm 12,74	131,00	104,17-153,47	
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-bocznego L-I	125,32 \pm 13,21	125,00	94,79-150	0,002 ^A
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-bocznego L-II	131,88 \pm 14,33	130,48	93,75-154,26	
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-przyśrod. P-I	122,58 \pm 12,53	120,00	101,96-148,51	0,003 ^A
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-przyśrod. P-II	127,57 \pm 12,23	123,96	100,99-152,48	
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-przyśrod. L-I	124,53 \pm 11,56	124,75	103,88-146	0,010 ^A
Z.w. [%] dla kier. Tylnio-przyśrod. L-II	129,00 \pm 12,57	128,42	100-149	

Legenda: Z.w. – znormalizowany wynik w procentach względem długości kończyny dolnej, P – prawa kończyna dolna, L – lewa kończyna dolna, istotne statycznie różnice pomiędzy I i II pomiarem zaznaczono na czerwono, ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu Wilcoxon

Tabela. 10. Wyniki testów Y-balance uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie kontrolnej

Zmienne	Średnia \pm SD	Me	Min-Max	P
Różnica w cm między kier.przednim P i L 1	4,73 \pm 3,18	4,50	0-12	0,29 ^B
Różnica w cm między kier.przednim P i L 2	5,32 \pm 3,91	4,50	1-17	
Różnica w cm między kier.tylno-bocznym P i L 1	6,18 \pm 4,09	6	1-18	0,27 ^B
Różnica w cm między kier.tylno-bocznym P i L 2	6,73 \pm 4,88	6	1-24	
Różnica w cm między kier. tylnoprzyśrod. P i L 1	8,59 \pm 6,69	7,5	0-30	0,11 ^B
Różnica w cm między kier. tylnoprzyśrod P i L 2	7,50 \pm 6,60	6	0-29	
Composite YBT P-1	100,45 \pm 11,05	97,79	86,14-125,64	0,005 ^B
Composite YBT P-2	98,84 \pm 11,18	95,56	85,81-123,61	
Composite YBT L-1	97,22 \pm 12,32	92,69	82,00-120,49	0,045 ^B
Composite YBT L-2	95,24 \pm 12,08	91,31	81,97-123,96	
Asymetria 1 pomiędzy composite YBT 1 P i L	4,83 \pm 3,26	3,98	0,35-10,61	0,69 ^B
Asymetria 2 pomiędzy YBT composite P i L	5,04 \pm 3,37	3,57	0,35-15,03	
Z.w. [%] dla kier. przedniego P-1	53,31 \pm 8,22	51,09	41,41-71,88	0,051 ^A
Z.w. [%] dla kier. przedniego P-2	50,26 \pm 9,60	50,32	33,00-76,04	
Z.w. [%] dla kier. przedniego L-1	52,06 \pm 10,22	54,20	30,00-71,88	0,18 ^A
Z.w. [%] dla kier. przedniego L-2	50,26 \pm 9,60	50,32	33,00-76,04	
Z.w. [%] dla kier. tylnobocznego P-1	124,00 \pm 14,62	122,49	101,98-153,13	0,013 ^A
Z.w. [%] dla kier. tylnobocznego P-2	121,50 \pm 15,17	118,14	101,98-156,25	
Z.w. [%] dla kier. tylnobocznego L-1	121,17 \pm 14,20	118,61	101,01-152,08	0,06 ^A
Z.w. [%] dla kier. tylnobocznego L-2	118,47 \pm 16,66	114,29	94,12-155,21	
Z.w. [%] dla kier. tylnoprzyśrod. P-1	124,06 \pm 16,90	119,30	99,01-175,64	0,009 ^B
Z.w. [%] dla kier. tylnoprzyśrod. P-2	121,85 \pm 16,43	116,75	100,00-171,79	
Z.w. [%] dla kier. tylnoprzyśrod. L-1	118,44 \pm 18,13	118,20	86,87-160,00	0,21 ^A
Z.w. [%] dla kier. tylnoprzyśrod. L-2	117,00 \pm 17,41	114,11	86,73-156,25	

Legenda: Z.w. – znormalizowany wynik w procentach względem długości kończyny dolnej, P – prawa kończyna dolna, L – lewa kończyna dolna, istotnie statycznie wyniki zaznaczono na czerwono, ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu Wilcoxon

Porównanie różnic (Δ) pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną (tab. 11) wskazało na istotność statystyczną zmiennych: wyniki złożony Δ Composite YBT prawy i lewy, Δ różnicy pomiędzy prawą i lewą kończyną w kier. tylnobocznym, Δ znormalizowanych wyników % we wszystkich kierunkach. W grupie eksperymentalnej był istotnie statycznie wyższy efekt treningowy niż w grupie kontrolnej.

Tabela. 11. Różnice pomiędzy wynikami z I i II pomiaru (Δ) w teście Y-Balance w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K)

Zmienne	Średnia± SD	Me	Min-Max	Średnia± SD	Me	Min-Max	P
Δ kier. Przedni, (P-L)	1,74± 3,63	0	-3-9	-0,59±2,86	-0,50	-9-6	0,08 ^B
Δ kier. tylny-boczny, R między P i L	2,43± 3,06	3	-4-7	-0,55±3,97	-1	-11-9	0,005 ^B
Δ kier. Tylny-przyśrod. R między P i L	0,13± 3,51	0	-6-9	1,09±3,01	1,00	-5-8	0,33 ^A
Δ Composite YBT P [%]	-5,79± 5,18	-4,95	-16,34,-63	1,62±2,22	1,80	-2,78-5,43	<0,001 ^A
Δ Composite YBT L [%]	-5,08± 4,47	-4,81	-14,24,-67	1,98±3,71	1,23	-3,47-8,51	<0,001 ^A
Δ A.miedzy YBT composite PiL [%]	0,93± 2,05	0,69	-2,15-5,12	-0,21±3,01	-0,01	-5,91-6,35	0,14 ^B
Δ z.w. [%] kier. Przedni P	3,83± 3,19	4,19	-3,12-0,57	-0,10±2,27	0	-4,12-3,88	<0,001 ^A
Δ z.w. [%] kier. Przedni L.	3,90± 5,12	3,14	-8,79-5,30	-1,78±6,25	-1,01	-4,12-3,88	<0,001 ^B
Δ Z.w. [%] kier. Tylny-boczny P	8,64± 9,75	4,64	-3,96-34,73	-2,51±4,45	-2,82	-13,40-5,82	<0,001 ^B
Δ Z.w. [%] kier. Tylny-boczny L	6,85± 7,25	5,01	-3,29-26,3	-2,11±5,73	-1,19	-20,58-6,94	<0,001 ^B
Δ Z.w. [%] kier. Tylny-przyśrod.	5,21± 7,36	2,60	-4,95-25,49	-2,40±3,54	-2,91	-10,8-2,08	<0,001 ^B
Δ Z.w. [%] kier. Tylny-przyśrod.	4,67± 7,51	3,13	-8-27,18	-1,11±5,15	-1,02	-12,08-9,52	<0,001 ^B

Legenda: Me – mediana, R – różnica w cm, A – asymetria, Z.w. – znormalizowany wynik w procentach względem długości kończyny dolnej, P – prawa kończyna dolna, L – lewa kończyna dolna, istotne statycznie wyniki zaznaczono na czerwono, ^A – wartość p z testu t, ^B – wartość p z testu U Manna-Whitneya

6.3 Współzależności wyników testów sprawności specjalnej na lodzie z wynikami FMS i Y-balance

Ocena współzależności poszczególnych testów FMS, sumy punktów i liczby asymetrii w testach unilateralnych z wynikami testów sprawności specjalnej na lodzie uzyskanych przez wszystkich badanych w II pomiarze wskazała na ujemne korelacje niektórych testów FMS z niektórymi wynikami testów sprawności specjalnej (jak przedstawiono w tab. 12). Nie zanotowano korelacji testu aktywnego uniesienia kończyny dolnej z testami sprawności specjalnej na lodzie. Można zatem stwierdzić, że przy zwiększeniu liczby punktów w teście FMS, małał czas potrzebny na przejechanie poszczególnych dystansów. Natomiast zwiększenie liczby asymetrii skutkowało zwiększeniem ilości czasu potrzebnego na przejechanie tych dystansów.

Tabela 12. Korelacje wyników FMS z wynikami testów sprawności specjalnej uzyskane w II pomiarze u wszystkich badanych (n=43)

Zmienne	5m P II	30m P II	30m T II	Zwinność II
Głęboki przysiad II	-0,33 ^B p=0,032	-0,32 ^B p=0,037	ns	Ns
Przejście nad płotkiem K II	ns	-0,35 ^B p=0,021	ns	Ns
Wykrok w linii K II	-0,36 ^B p=0,021	-0,44 ^B p=0,003	ns	Ns
Ruchomość obręczy barkowej K II	ns	-0,42 ^B p=0,005	ns	Ns
Stabilność rotacyjna II	ns	-0,4 ^B p=0,010	ns	Ns
Stabilność w pł. strzałkowej II	-ns	ns	-0,34 ^B p=0,029	-0,32 ^B p=0,039
Suma pkt II	-0,32 ^B p=0,036	-0,47 ^B p=0,002	ns	Ns
Liczba asymetrii II	0,40 ^B p=0,007	0,37 ^B p=0,015	ns	0,33 ^B p=0,029

^B- wartość korelacji porządku rang Spearmana , P- przód, T- tył, K- wynik końcowy, Dla pozostałych wyników testów sprawności specjalnej na lodzie i FMS istotnych korelacji nie odnotowano.

Tabela 13. Korelacje różnic (Δ) pomiędzy pomiarami FMS i testami sprawności specjalnej na lodzie u wszystkich badanych (n=43)

Zmienne	Δ 15m P	Δ 30m P	Δ Zwinność
Δ Głęboki przysiad	-0,31 ^B p=0,045	ns	Ns
Δ Przejście nad płotkiem K	ns	ns	-0,33 ^B p=0,039
Δ Ruchomość o. barkowej K	-0,4 ^B p=0,008	-0,32 ^B p=0,040	-0,33 ^B p=0,031
Δ Wykrok K	ns	-0,32 ^B p=0,039	-0,35 ^B p=0,023
Δ Suma punktów	-0,35 ^B p=0,022	-0,38 ^B p=0,012	-0,47 ^B p=0,001
Δ Liczba asymetrii	ns	ns	Ns

Legenda : ^B- wartość korelacji porządku rang Spearmana, P- przód, K – wynik końcowy, dla pozostałych różnic (Δ) wyników testów sprawności specjalnej na lodzie i FMS istotnych korelacji nie odnotowano.

Podobną korelację przeprowadzono również dla różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi w testach FMS i sprawności specjalnej na lodzie w I i II pomiarze (I-II) u wszystkich badanych prezentując te wyniki w tabeli 13. Zauważono ujemne współzależności różnic w czterech testach FMS oraz sumy punktów z różnicami trzech testów sprawności specjalnej na lodzie (tab. 13). Wyniki te potwierdziły, że wraz z poprawą czasu w testach sprawności specjalnej na lodzie w II pomiarze zwiększa się liczba punktów uzyskana w teście FMS w II pomiarze względem I.

Ocena współzależności wyników testu złożonego Composite Y-balance z wynikami testów sprawności specjalnej na lodzie uzyskanych w II pomiarze u wszystkich badanych zawodników wskazała na pięć istotnych statystycznie korelacji pomiędzy wynikami testów: (tab. 14). Można założyć, że wraz z lepszym wynikiem równowagi dynamicznej Y-Balance testy szybkości na lodzie także się poprawiają.

Tabela 14. Korelacje wyników końcowych Composite z wynikami testów sprawności specjalnej uzyskane w II pomiarze u wszystkich badanych

Zmienne	30 m P II	15 m T II	30m T II	Zwinność II
COMPOSITE YBT P II	ns	-0,31 ^B P=0,046	ns	-0,36 ^B P=0,02
COMPOSITE YBT L II	-0,31 ^A p=0,046	ns	-0,38 ^A p=0,013	-0,41 ^B p=0,007

Legenda: ^A- wartość korelacji Pearsona, ^B- wartość korelacji porządku rang Spearmana, P- przód, T- tył, YBT P- wynik dla prawej kończyny, YBT L- wynik dla lewej kończyny, dla pozostałych wyników testów sprawności specjalnej na lodzie korelacji nie zanotowano

Tabela 15. Korelacje różnic (Δ) pomiędzy pomiarami Composite Y-balance i sprawności specjalnej na lodzie u wszystkich badanych (n=43)

Zmienne	Δ 5m P	Δ 30 m P	Δ 30 m T	Δ Zwinność
Δ COMPOSITE YBT P	-0,35 ^B p= 0,021	-0,52 ^B p<0,001	-0,38 ^B p=0,012	-0,52 ^B p<0,001
Δ COMPOSITE YBT L	ns	-0, 44 ^B p=0,003	-0,31 ^A p=0,045	-0,37 ^A p=0,016

Legenda: ^A- wartość korelacji Pearsona, ^B- wartość korelacji porządku rang Spearmana, P-przód, T- tył, YBT P- wynik dla prawej kończyny, YBT L- wynik dla lewej kończyny, dla pozostałych różnic (Δ) wyników testów sprawności specjalnej na lodzie korelacji nie zanotowano

Podobną korelację przeprowadzono również dla różnic (Δ) pomiędzy wynikami uzyskanymi w testach Composite Y-Balance i sprawności specjalnej na lodzie w I i II pomiarze (I-II) u wszystkich badanych prezentując te wyniki w tabeli 15. Zauważono 7 istotnych korelacji wskazując, że wraz z

poprawą wyników testów równowagi dynamicznej dla prawej i lewej kończyny pomiaru II względem I poprawiały się poszczególne testy sprawności specjalnej w grupie eksperymentalnej.

7. Dyskusja

7.1. Omówienie wyników wstępnych badań

Na podstawie analizy wyników wstępnych testów funkcjonalnych FMS i Y-Balance zaplanowano program treningu funkcjonalnego dla zawodników hokeja na lodzie. Odpowiedziano też na pierwsze pytanie badawcze dotyczące poziomu funkcjonalnej oceny testem FMS przed wdrożeniem treningu funkcjonalnego u badanych hokeistów. Podsumowując wyniki wstępne oceny funkcjonalnej FMS i Y-Balance można stwierdzić liczne deficyty mobilności obręczy barkowej, kręgosłupa w odcinku piersiowym, stawach biodrowych i skokowych oraz często pojawiające się w wynikach testów unilateralnych asymetrie. Podobne ograniczenia funkcjonalne ujawniły się u większości badanych hokeistów, co potwierdza pierwszą hipotezę.

Badania wstępne wykazały, że najmniej punktów hokeiści zdobywali w testach wymagających kontroli motorycznej nad wieloma stawami, tj. przysiad głęboki, przejście nad płotkiem i wykrok w linii, a także w teście stabilności rotacyjnej. Podczas wykonywania tych testów uwidoczniła się osłabiona kontrola motoryczna nad ruchem i problemy w utrzymaniu równowagi. Prawidłowe wykonanie testu przysiadu, przejścia przez płotek oraz wykroku w linii wymaga optymalnego zakresu ruchomości kręgosłupa piersiowego z kontrolowanym rytmem ramienno-łopatkowym i utrzymaniem stabilnego odcinka lędźwiowego kręgosłupa^{19,213–219}. Wymagana jest także optymalna mobilność stawów kończyn dolnych i górnych oraz kontrola postawy ciała^{19,62,219–221}. Już wcześniejsze badania sugerowały, że ograniczona ruchomość stawów kończyn dolnych może być czynnikiem ograniczającym wykonywanie głębokich przysiadów^{220,222,223}. U badanych zawodników zauważono przede wszystkim ograniczenia ruchomości kręgosłupa piersiowego w kierunku wyprostu i rotacji, a także ograniczenie wznosu przez zgięcie w stawie ramiennym i obręczy barkowej, co potwierdzono testem Degi (test ścienny). Ograniczony zakres rotacji zewnętrznej w stawie ramiennym uniemożliwił przyjęcie prawidłowej pozycji wyjściowej w teście wykroku w linii, pojawiały się też kompensacyjne ruchy w odcinku lędźwiowym podczas próby zbliżenia do siebie kończyn górnych w tym teście i w teście ruchomości obręczy barkowej. U zawodników hokeja na lodzie w ich codziennych treningach przeważają wzorce zgięciowe, pochylenie tułowia w przód z protrakcją obręczy barkowej, co rzutuje na jakość postawy ciała^{84,85,121,224–226} i mogło

przyczynić się do trudności w utrzymaniu kontroli nad prostym odcinkiem kręgosłupa piersiowego. Zawodnicy uruchamiali wzorce kompensacyjne w postaci nadmiernej ruchomości odcinka lędźwiowego. Dodatkowo pozycja zgięciowa może wpływać destabilizacyjnie na ustawienie obręczy biodrowej, prowadząc do ucisku i nadmiernego obciążenia tkanek przyczyniając się do pojawienia się dysbalansów mięśniowo-stawowych^{227,228}, które prowadzić mogą do zaburzenia równowagi ustawienia powierzchni stawowych względem siebie oraz zwiększania napięcia niektórych mięśni, obniżając ich aktywność. Wśród badanych widoczna była ograniczona ruchomość stawów biodrowych i elastyczność mięśni czworogłowych, biodrowo-lędźwiowych, dodatkowo sprawdzane przez autorkę testem Thomasa (rys.14). Jeśli występuje ograniczenie ruchomości w określonej części ciała, zmusza to inne segmenty do kompensacyjnej nadmiernej pracy, przyspieszając zbytnie obciążenie danego rejonu i zwiększając ryzyko urazu²²⁹. Podczas wykonywania testu przeniesienia nogi nad płotkiem, wykroku w linii oraz stabilności rotacyjnej wzorzec zgięcia biodra odbywał się kompensacyjnie poprzez dodatkowe ruchy w stawach kręgosłupa lędźwiowego.

W ocenie testów unilateralnych zauważono liczne asymetrie. W pięciu testach jednostronnych najwięcej asymetrii odnotowano w teście wykroku w linii (50% wszystkich badanych), przejścia nad płotkiem (31%) oraz ruchomości stawów obręczy barkowej (38%). Zgodnie z koncepcją korekcji FMS, w przypadku gdy badany uzyskuje różne wyniki w danym teście unilateralnym, wzorzec ten staje się dla niego najłagodniejszym ogniwem³⁶. Testy przejścia przez płotek, stabilności rotacyjnej i wykroku w linii odnotowane zostały także przez innych badaczy jako najtrudniejsze do wykonania przez hokeistów^{17,29,159,163,230}. Wyniki testu równowagi dynamicznej Y-Balance także wskazały na asymetrię w wynikach zasięgu pomiędzy kończynami prawą i lewą w kierunkach tylno-bocznym (70% zawodników) i tylnoprzyśrodkowym (52%). Test Y-Balance ocenia różnicę zasięgów, tj. im jest większa, tym większa dysfunkcja i ryzyko urazu. Różnicę od 4 cm pomiędzy zasięgami lewej i prawej kończyny dolnej traktuje się jako wartość, powyżej której wzrasta ryzyko urazu^{75,167,179}.

W pracach innych autorów zaobserwowano także asymetrie w postawie ciała u hokeistów i ograniczenia mobilności stawów kończyn dolnych, jak i również trudności w kontroli motorycznej nad ruchem i koordynacją^{24,84,85,121,142,159,227,231-234}.

Wczesna specjalizacja w hokeju na lodzie może generować liczne obciążenia biomechaniczne poprzez asymetryczną postawę, a także niefunkcjonalny wzorzec ruchu^{85,227,235,236}.

Zawodnik ma albo lewy albo prawy uchwyt kija, co generuje adekwatne ustawienie ciała i może wpływać na potencjalne asymetrie. Zdaniem Lewita przeciążenia niektórych grup mięśniowych powodują zaburzenia symetrii i napięć mięśniowych, koordynacji i precyzji ruchu^{203,237}. Przeciążone, zbyt napięte mięśnie stają się niedotlenione, pojawia się zaburzenie równowagi siłowej pomiędzy agonistą i antagonistą, co zwiększa zapotrzebowanie energetyczne na wykonanie różnych zadań ruchowych³⁸. Skumulowane obciążenie tych tkanek przez 8-10 miesięcy treningów w ciągu roku w połączeniu z minimalną różnorodnością form ruchu oraz minimalnym odpoczynkiem, zwłaszcza w trakcie okresu dojrzewania, może prowadzić do pogłębiających się dysfunkcji, przeciążeń i stanów zapalnych generując dysfunkcyjne wzorce ruchowe^{85,236,237}. Niepoprawne wykonywanie podstawowych zadań ruchowych, takich jak w teście FMS daje podstawę do wyciągnięcia wniosków, że technika wykonania ćwiczeń siłowych z obciążeniem może być tym bardziej nieprawidłowa i prowadzić do licznych zaburzeń w układzie mięśniowo–szkieletowym^{238–240}, a w programach hokejowych treningi siłowe są często stosowane. Przeprowadzenie ćwiczeń wzmacniających bez wcześniejszego zlikwidowania hipertonii mięśniowej antagonistów może doprowadzić do jeszcze większego zaburzenia w obrębie stawu wytwarzając ruchy kompensacyjne. Deficyty mobilnościowe mogą więc ograniczać jakość ćwiczeń fizycznych stosowanych w hokeju w celu poprawy zdolności motorycznych wymaganych w tej dyscyplinie. Niewystarczająca praca danych grup mięśniowych w ćwiczeniach może nie tylko zmniejszać ich efekt treningowy, ale też zwiększać napięcie już przeciążonych grup mięśniowych, co tym bardziej tworzy kompensacyjne wzorce ruchowe. Zawodnicy wtedy mogą odczuwać większe zmęczenie i wymagać dłuższej regeneracji. Regularne powtarzanie ćwiczenia z kompensacjami powoduje utrwalenie złego nawyku w układzie nerwowym, co z kolei prowadzi do ukształtowania się nieprawidłowego wzorca ruchowego^{55,241–243}. Może się to stać czynnikiem ograniczającym zawodnika i w konsekwencji przełoży się na wynik sportowy dlatego regularne wyczynowe treningi powinny być minimalizowane za pomocą ukierunkowanych ćwiczeń funkcjonalnych^{244–246} jako forma regeneracji i prewencji urazów. Zmniejszenie dysfunkcyjnych przeciążeń ruchowych, regularne rozluźnienie hipertonicznie napiętych mięśni może przełożyć się na bardziej ergonomiczny ruch²³⁷, poprawić jakość wykonania ćwiczeń i sprawności zawodników²⁷. Odpowiednim narzędziem będą ćwiczenia rozluźniające, oddechowe i mobilizacyjne²⁴⁷, które zastosowano w programie treningu funkcjonalnego w grupie eksperymentalnej.

7.2. Omówienie wyników końcowych FMS i Y-balance i ocena efektów treningu funkcjonalnego

Badania końcowe wykazały, że program treningu funkcjonalnego wpłynął na poprawę wyników testów FMS i YBT u badanych hokeistów z grupy eksperymentalnej.

Zawodnicy przydzieleni do grupy eksperymentalnej poprawili jakość wykonywania zadań ruchowych w poszczególnych testach i zostali wyżej ocenieni przez badających. Istotnie lepsze wyniki w drugim pomiarze względem pierwszego otrzymali w teście głęboki przysiad, przejście nad płotkiem, wykrok w linii, ruchomość barków, stabilność rotacyjna, jak również istotnie poprawił się sumaryczny wynik testu FMS i zmniejszyła liczba asymetrii. Natomiast poprawę wyników grupy eksperymentalnej względem grupy kontrolnej zanotowano w teście głęboki przysiad, przejście nad płotkiem, wykrok w linii, stabilność rotacyjna oraz w wyniku asymetrii. Wpływ treningu funkcjonalnego w grupie eksperymentalnej jest więc widoczny. Co więcej, w grupie kontrolnej zanotowano istotnie więcej asymetrii w drugim pomiarze względem pierwszego oraz pogorszenie się testu przejścia nad płotkiem. Powyższe wyniki potwierdzają drugą hipotezę badawczą, iż pod wpływem treningu funkcjonalnego poprawią się wyniki testu FMS.

Po zastosowaniu treningu funkcjonalnego poprawiły się również wyniki testu równowagi dynamicznej Y-Balance, tj. procentowy wynik złożony dla prawej kończyny dolnej (Composite P) oraz lewej (Composite L). Poprawa tego wyniku po okresie treningowym świadczy, że zawodnicy mieli większy łączny wynik zakresów ruchomości we wszystkich trzech kierunkach badanych w Y-Balance, zarówno w prawej jak i lewej kończynie dolnej. Odnotowano również poprawę znormalizowanych (względem długości kończyny) zasięgów w poszczególnych kierunkach: przednim prawym i lewym (Anterior P i L), tylnobocznym prawym (Posterolateral P) oraz tylnoprzysiodkowym lewym (Posteromedial L). Ważnym efektem jest znaczne zmniejszenie asymetrii zasięgów pomiędzy prawą i lewą kończyną dolną, zwłaszcza w kierunku tylnobocznym (posterolateral), pomiędzy którymi asymetria była znaczna przy pierwszym pomiarze. W grupie eksperymentalnej efekt treningowy był istotnie wyższy niż w grupie kontrolnej dla wyników złożonych delta (Δ) Composite YBT P, Δ Composite YBT L oraz różnicy między zasięgami w kierunku tylnobocznym (Δ posterolateral P i L).

Poprawa równowagi dynamicznej we wszystkich kierunkach i zmniejszenie asymetrii pomiędzy zasięgami kończyn w kierunku tylno-bocznym potwierdza trzecią hipotezę badawczą. Podobne obserwacje poprawy wyników testu Y-Balance pod wpływem interwencji treningowej zaobserwowali także inni autorzy^{78,183,248,249}.

W grupie kontrolnej istotnie pogorszył się wynik złożony Composite YBT drugiego pomiaru w stosunku do pierwszego. Może to wynikać faktu, że badania wstępne były wykonywane na początku sezonu, kiedy zawodnicy byli po przygotowaniach na sucho i zaczęli dopiero trenować na lodzie po przerwie. Podczas lata mieli różne formy treningu i więcej odpoczywali, natomiast z chwilą rozpoczęcia sezonu, codziennie odbywały się treningi specjalistyczne i zajęcia w szkole oraz dodatkowo 2-3 razy w tygodniu mecze. Obciążenie młodego organizmu jednostronnym wysiłkiem, nieoptymalną regeneracją, brakiem wiedzy i świadomości na temat potrzeby stosowania treningu typu pre-hab (prewencji urazów) mogło wpłynąć na pogorszenie się wyników testów FMS i Y-Balance podczas drugiego pomiaru.

7.3 Omówienie przydatności stosowanych ćwiczeń w programie funkcjonalnym na poprawę wyników końcowych

Celem treningu jest wywołanie adaptacji ośrodkowego układu nerwowego w celu poprawy synchronizacji i aktywacji agonistów, antagonistów, stabilizatorów i synergistów w zadaniach funkcjonalnych²⁵⁰. Ćwiczenia mobilizacyjne i stabilizacyjne poprzedzone rozluźnianiem mięśniowo powięziowym czy technikami MET (technikami energii mięśniowej-PIR, IR) w treningu młodych hokeistów przyczyniły się do poprawy zakresów ruchomości stawowej i kontroli motorycznej, co przełożyło się na uzyskanie wyższych ocen w poszczególnych testach FMS, Y-Balance oraz sprawności na lodzie podczas pointerwencyjnego pomiaru. System korekcyjny FMS został tak opracowany, aby eliminować asymetrię i reedukować dysfunkcyjne i kompensacyjne wzorce ruchowe⁶². Zawodnicy, którzy mieli problemy z prawidłowym wzorcem ruchowym, mogli je poprawić za pomocą ćwiczeń korekcyjnych^{26,62,251}. Badania innych autorów wykazały, że programy treningowe przyczyniły się do poprawy wyników końcowych FMS^{148,155,156,252,253} i zmniejszenia liczby asymetrii wśród badanych¹⁴⁸. Programy były oparte na zasadach treningowych rekomendowanych przez Cooka^{26,62}, nastawione na korekcję najstabszych i asymetrycznych zadań ruchowych.

Ośmiotygodniowy program Cooka przyczynił się do poprawy wyników testów FMS u zawodników mieszanych sztuk walki (MMA)²⁵². Podobne wyniki poprawy FMS po interwencji korekcyjnej uzyskano u piłkarzy nożnych¹⁴⁸, strażaków²⁵⁴ i żołnierzy¹⁵⁷.

Wykazano także, że interwencja różnymi programami korekcji, w tym i hatha jogi, wpłynęła na poprawę wyników testów funkcjonalnych FMS^{27,155,156,170,173,254–256}.

Podczas planowania programu treningowego w badaniach własnych skoncentrowano się w pierwszej kolejności na ćwiczeniach oddechowych i mobilizacyjnych, aby zoptymalizować zakresy ruchomości stawowej, co jest zalecane jako fundament w systemie korekcji FMS⁶² i poparte wnioskami innych badaczy^{3,6,30,33,93,111,257,258}.

Ważnym elementem realizowanych treningów było nauczenie zawodników jak należy oddychać podczas ćwiczeń (fot.5), żeby poprawić jakość wykonanych treningów i regenerację. Zgięciowa i asymetryczna pozycja hokeistów może wpływać na zmianę ustawienia ciała i spowodować kompensacyjne wzorce ruchowe, w tym i oddechowe. Podczas każdego treningu w grupie eksperymentalnej badani uczyli się kontrolować tempo wykonywania ćwiczeń mobilizacyjnych i stabilizacyjnych poprzez świadomy oddech. Chcąc korygować bardziej zaawansowane wzorce, należałoby rozpocząć od umiejętności właśnie świadomego oddychania i na jego bazie opierać dalszy rozwój ruchowy²⁰³. Przepona pełni rolę stabilizatora postawy więc jej niewystarczająca aktywacja może wpływać na zmniejszenie stabilności kręgosłupa^{259,260}. Według Hruska (1997) dominacja piersiowego toru oddychania powoduje zbyt duże napięcie pomocniczych mięśni oddechowych, co ogranicza stabilizacyjną funkcję przepony²⁶¹. Proces ten zaburza aktywność głębokich stabilizatorów, które kontrolują ruch tułowia i wpływają na biomechanikę ciała i wzorce kontroli motorycznej. Roussela i wsp. (2007) wykazali, że osoby dolegliwościami dolnej części pleców u których mięśnie stabilizujące były osłabione wykazywały zmienione wzorce oddychania podczas ruchów²⁶². O'Sullivan i wsp. (2002) potwierdzili, że osoby, u których występował ból stawów krzyżowo-biodrowych wykazywały także zmienione funkcje oddechowe podczas wykonywania zadania o niskim obciążeniu²⁶³. Jest to także zgodne z obserwacjami Roussela i wsp. (2007), którzy wykazali, że osoby z dysfunkcją dolnej części pleców, u których mięśnie stabilizujące były osłabione wykazywały zmienione wzorce oddychania podczas ruchów²⁶². W badaniach Bradleya i Esformes (2014) wykazano powiązanie przeponowego wzorca oddychania z wyższymi wynikami w teście FMS²⁰⁰. Wyniki FMS były istotnie wyższe wśród osób oddychających przeponą niż klatką piersiową. Siedemdziesiąt pięć procent osób, które

uzyskały wynik ≤ 14 w skali FMS™ zostały sklasyfikowane jako osoby oddychające głównie torem piersiowym, podczas gdy 66% osób, które uzyskały wynik ≥ 15 w skali FMS, zostały sklasyfikowane jako osoby oddychające przeponą. Wyniki te pokazują znaczenie oddychania przeponowego dla ruchu funkcjonalnego²⁰⁰. Cowen wykazał, że 6-tygodniowy program jogi, który koncentrował się na technikach oddychania i kontroli oddechu znacznie poprawił wyniki FMS u strażaków¹⁵⁵. Autorzy sugerują, że wzorce oddychania, które optymalizują aktywację przepony są integralną częścią skuteczności ćwiczeń mięśni głębokich^{203,259,264–269}. W innych badaniach zauważono pozytywny wpływ oddychania przeponowego na aktywację nerwowo-mięśniową, co przekładało się na zwiększenie efektywności ćwiczeń rozluźniających^{194,195}, mobilnościowych^{155,156}, stabilizacyjnych²⁶⁸ i równoważnych²⁷⁰. W badaniach Obayashi i wsp. (2012) ćwiczenia oddechowe poprawiły postawę ciała, co w konsekwencji poprawiło testowane wzorce ruchowe i zwiększyło siłę tułowia²⁷¹.

Badania wstępne wskazały na znaczne problemy mobilnościowe badanych hokeistów, co było widoczne podczas testowania zarówno testem FMS i Y-Balance. Zgodnie z systemem korekcji FMS mobilność jest kluczowa dla podstawy ruchu^{24,62}. Mobilizacje poprawiają ograniczenia w ruchomości stawów poprzez mechanizm gry stawowej umożliwiając ślizg stawowy i normalizując napięcie torebki stawowej²⁷².

Badania potwierdzają, że zwiększenie mobilności w odcinku piersiowym kręgosłupa poprzez odpowiednie ćwiczenia mogło się przyczynić do poprawy ustawienia obręczy barkowej i zachowania prawidłowego rytmu ramiennie – łopatkowego²¹⁸. Kręgosłup piersiowy jest ważnym elementem funkcjonalnym łańcucha kinetycznego, jest powiązany z transferem ruchu na kończyny górne i dolne^{273,274}, odpowiada za około 55% całkowitej siły generowanej podczas rzutu²⁷⁵, około 80% całkowitego dostępnego zakresu rotacji osiowej tułowia²⁷⁶. Zdolność układu mięśniowo-szkieletowego do generowania, pośredniczenia i przenoszenia sił stanowi podstawę wyników sportowych. Poprawa mobilności stawów wraz z kontrolą nad ruchem może stanowić nowy bodziec dla lepszego wykonywania podstawowych wzorców ruchowych, a także ćwiczeń siłowych i szybkościowych^{277–290}.

Staw biodrowy jest pośrednikiem pomiędzy kończyną górną a kończyną dolną podczas głębokich przysiadów i wykroków²⁹¹. Odpowiedni zakres ruchu stawów biodrowych u hokeistów jest wymagany do wzmocnienia techniki jazdy na łyżwach^{130,292}. Podczas przysiadu, średni ROM (ang. range of motion – zakres ruchu) biodra został opisany jako $95,4 \pm 26,6^\circ$ zgięcia, aby osiągnąć optymalny zakres ruchu w przysiadzie²⁹³. Jeśli występują

deficyty mobilności biodra, to mogą pojawiać się kompensacje poprzez zgięcia tułowia, aby osiągnąć większą głębokość przysiadu. W badaniach Oleksiak i wsp. (2019) sprawdzono, czy zakres ruchomości stawów biodrowych wpływa na wynik uzyskany w FMS™. Autorzy wykazali, że wraz z poprawą zakresów ruchu biodra, poprawił się również wynik w teście głębokiego przysiadu, a także test mobilnościowy aktywnego uniesienia prostej nogi. Uznano więc, że ćwiczenia mobilizacyjne mogą zwiększyć ruchomość obręczy biodrowej, co wpłynie na poprawę wykonania poszczególnych testów ruchowych FMS²⁹⁴. Badania innych autorów także potwierdzają wpływ różnych form technik mobilizacyjnych na poprawę zakresów ruchomości stawów biodrowych i elastyczności grupy kulszowo-goleniowej²⁹⁵⁻²⁹⁸.

Zauważono także u badanych hokeistów, że głębokość przysiadu była ograniczona ze względu na niewystarczającą ruchomość stawu skokowego. Kim i wsp. (2015) oraz Butler i wsp (2011) wykazali, że ROM zgięcia grzbietowego stawu skokowego był głównym czynnikiem wpływającym na głębokość przysiadu^{148,285}. Ograniczone zgięcie grzbietowe stawu skokowego np. z powodu napiętej torebki stawowej stawu skokowego, a także mięśnia trójgłowego łydki może obniżać jakość wykonywanych przysiadów obunóż i jednonóż¹⁸⁴. Staw skokowy służy jako podstawa zamkniętego łańcucha kinematycznego podczas wykonywania przysiadów, zatem wszelkie ograniczenia w tym stawie mogą hamować działanie stawów proksymalnych²⁹¹ i zaburzać optymalne ruchy w innych wzorcach^{220,299}. Niewystarczające zgięcie grzbietowe stawu skokowego powodowało kompensacyjną koślawość kolan podczas wykonywania przysiadów³⁰⁰ i podczas lądowania ze skoku³⁰¹. Hemmerich i wsp. (2006) podali, że średni wymagany kąt zgięcia grzbietowego stawu skokowego wynosił $38,5 \pm 5,9^\circ$ podczas przysiadu²⁹³. Zaobserwowano poprawę punktacji testów FMS po zastosowaniu mobilizacji stawów skokowych w kierunku zwiększenia zakresu zgięcia grzbietowego^{27,291,302}. Badania Fuglsang wykazały, że osoby z większym zakresem ruchu w stawie skokowym utrzymują pionową i bardziej stabilną postawę ciała, co umożliwia głębsze zejście w przysiadzie utrzymując uda równoległe do podłoża³⁰³. Większość sportowców, w tym hokeiści, wykonuje przysiady i skoki w swoich programach treningowych, dlatego tym bardziej monitoring wzorca przysiadu i jego korekcja są wskazane.

Podczas interwencji treningowej w grupie eksperymentalnej skupiono się na mobilizacjach stawu skokowego i stawów stopy poprzez ćwiczenia rozluźniające i rozciągające podeszwę stopy, ścięgno Achillesa i mięśnia trójgłowego łydki przy użyciu

małego wałka piankowego i piłeczki lacrosse (fot.4), a także zastosowano czynne mobilizacje zwiększające zakres zgięcia grzbietowego stawu skokowego (fot.8,10). Wcześniejsze badania wykazały, że rozluźnianie powięziowe podeszwy stopy przyczynia się do zwiększania zakresów ruchomości stawu skokowego i dzięki temu też skuteczniejszemu rozciąganiu mięśni kulszowo goleniowych^{192,193,298,304–308}. Rozciągną podeszwowe, które rozciąga się pod całą podeszwą stopy transmituje siły skurczu łydki na odbicie stopy od podłoża^{191,307}. Zauważono poprawę siły, mocy i równowagi w efekcie rozluźniania rozciągną podeszwowego stopy. Potwierdzono również skuteczność mobilizacji stawu skokowego dla poprawy wyników testów FMS^{221,285,309} i poprawę zasięgu w kierunku przednim w teście równowagi dynamicznej Y-Balance³¹⁰. Zauważono korelację zakresu zgięcia grzbietowego w stawie skokowym z zasięgiem przednim w teście Star Excursion Balance Test (SEBT)³¹¹, a także związek pomiędzy lepszymi wynikami w teście Y-Balance, a większą elastycznością mięśnia brzuchatego łydki i mobilnością stawu skokowego u żołnierzy³¹².

W niniejszych badaniach wstępnych wskazano na znaczne ograniczenia w testach wymagających koordynacji, równowagi i kontroli motorycznej wśród hokeistów. Wcześniejsze badania innych autorów wykazały korelację pomiędzy jakością wzorców ruchowych a równowagą u piłkarzy nożnych³¹³ i innych sportowców³¹⁴. Osłabiona aktywność mięśni głębokich może powodować dysfunkcyjne wzorce ruchowe^{55,315,316}. Hodges i inni autorzy wykazali, że aktywność mięśni głębokich poprzedza udział mięśni kończyn dolnych w zadaniach ruchowych, co zapewnia stabilniejszą podstawę nerwowo – mięśniową^{315–317}.

Prace innych autorów pokazują, że równowagę można poprawić poprzez specjalistyczne treningi^{318,319}. Mogą one prowadzić do specyficznych adaptacji prowadząc do obniżenia się ilości nadmiernych odruchów rozciągania mięśni³²⁰. Nasila się współskurcz mięśni agonistów i antagonistów, co zwiększa stabilizację wpływając pozytywnie na równowagę³²¹. Wśród różnych rodzajów interwencji treningowych mających na celu poprawić wyniki testów równowagi niektórzy autorzy stosowali ćwiczenia mięśni głębokich w swoich programach treningowych^{322,323}. Inni włączyli programy wielointerwencyjne z kombinacją ćwiczeń równowagi, siły i plyometryki^{182,324} lub trening sensomotoryczny^{313,325}. W większości interwencji wykorzystano pełne jednostki szkoleniowe^{318,322,326}, ale kilku autorów stosowało trening równowagi tylko jako część rozgrzewki, co też przynosiło pozytywne efekty^{327,328}.

W omawianych badaniach hokeiści z grupy eksperymentalnej znacznie poprawili wyniki testów w drugim pomiarze względem pierwszego, zyskując lepszą kontrolę nad wykonywanym ruchem w końcowych zakresach zarówno w teście FMS i Y-Balance. W programie treningowym włączono ćwiczenia kształtujące stabilizację (fot.11,12d) i równowagę (fot 14a,b). Optymalna stabilność proksymalna pozwala na bezpieczny ruch dystalny^{50,204}. W czasie ćwiczeń za kontrolę ruchu odpowiadają mięśnie głębokie tułowia i miednicy, które utrzymują stabilność kręgosłupa i miednicy oraz mają wpływ na generowanie siły i jej transfer na kończyny^{50,205,329–331}. Według Kiblera i wsp. (2006) kontrolowanie przyjętej pozycji umożliwia funkcjonalną produkcję siły oraz jej przenoszenie na kończyny mogąc przełożyć się na poprawę we wzorcach szybkościowo – siłowych⁵⁰. Wykazano, że treningi aktywujące mięśnie głębokie przyczyniają się do poprawy wyników testów FMS i Y-Balance^{66,173,252}. W badaniach Vitale (2018) włączenie dodatkowych ćwiczeń opartych na wzmocnieniu mięśni głębokich i kontroli nad ruchem kompleksu biodrowo-miedniczo-lędźwiowego u narciarzy w grupie eksperymentalnej przyczyniło się do poprawy zasięgów kończyn dolnych w poszczególnych kierunkach oraz wyższych wyników złożonych Composite Y-Balance, podczas gdy w grupie kontrolnej pogorszyły się te wyniki. Według tych autorów taki program treningowy może być skuteczną interwencją w celu zwiększenia świadomej kontroli mięśniowo-stawowej i poprawy wzorców ruchowych³²⁵.

Benis i wsp. (2016) zauważyli poprawę wyników testu Y-Balance w kierunku tylnoprzyśrodkowym (posteromedial), tylnobocznym (posterolateral) oraz w złożonych wynikach Composite Y-Balance test u koszykarek, jako efekt 8-tygodniowego programu treningu nerwowo-mięśniowego opartego na ćwiczeniach core i plyometrii¹⁸². Bouteraa i wsp. (2020) także odnotowali poprawę wyników testu Y-Balance po 8-tygodniowym programie treningu równowagi i plyometryki u nastoletnich koszykarek³³². Koordynacyjny trening z użyciem liny treningowej zastosował Trecroci i wsp. (2015) u piłkarzy nożnych jako akcent kończący rozgrzewkę. Autorzy stwierdzili poprawę wyniku composite Y-Balance test po 8-tygodniowym programie ćwiczeń³²⁸. Hammami i wsp. połączyli ćwiczenia równowagi z plyometrycznymi u młodych piłkarzy, co po 8-tygodniowym okresie ćwiczeń przyczyniło się do poprawy wyników testów Y-Balance we wszystkich kierunkach. W kolejnych badaniach trening stabilizacji tułowia wpłynął na poprawę wyników Y-Balance w kierunku tylnobocznym i tylnoprzyśrodkowym, ale także wysokość skoku wzwyż i czasy sprintów u piłkarzy nożnych³³³. O'Malley i wsp. (2017) wdrożył program ćwiczeń nerwowo-mięśniowych w piłce

nożnej i w hurlingu, gdzie 15-minutowy program rozgrzewki był przeprowadzany na początku treningu dwa razy w tygodniu przez 8 tygodni i obejmował zgodnie z opisem autorów ćwiczenia siłowe, funkcjonalne, równoważne, a także plyometryczne. Zastosowany program wpłynął korzystnie na poprawę wyników równowagi dynamicznej dla wszystkich kierunków w teście Y-Balance z wyjątkiem przedniego lewego³²⁷. Dotychczasowe badania potwierdzają wpływ treningu nerwowo-mięśniowego na poprawę równowagi u zdrowych sportowców, w tym: koszykarzy, tenisistów, siatkarek i piłkarek ręcznych^{182,334–336}. Zauważono także, że trening nerwowo-mięśniowy poprawił wykonywanie skoków w pionie, co wpłynęło na siłę i moc kończyn dolnych w badaniach u młodych sportowców różnych dyscyplin^{318,337–339}. Połączenie treningu nerwowo-mięśniowego z ćwiczeniami plyometrycznymi miało także pozytywny wpływ na wyniki 20-metrowego sprintu i zwinności u siatkarzy³³⁶. Hammami i wsp. (2016) zauważyli, że taki trening przyczynia się do wzrostu RSI (reactive strenght index – siła reakcji podłoża) oraz mocy kończyn dolnych³²³ więc może się przekładać na poprawę szybkości i innych elementów sprawności specjalnych^{323,340}.

Wyniki badań i powyższa analiza mogą potwierdzić słuszność hipotezy 2 i 3, że pod wpływem zastosowanego treningu funkcjonalnego, w grupie eksperymentalnej odnotowano poprawę wyniki testów funkcjonalnych FMS i równowagi dynamicznej Y-Balance.

7.4 Omówienie wyników końcowych testów sprawności specjalnej na lodzie i ocena efektów treningu funkcjonalnego

Jednym z celów pracy było sprawdzenie przełożenia się efektów treningu funkcjonalnego na sprawność specjalną w badanej dyscyplinie. W niniejszej pracy badani zawodnicy uzyskali wyższe wyniki w porównaniu z grupą kontrolną w testach funkcjonalnych. Niewątpliwie wpływ tego rodzaju ćwiczeń na sprawność specjalną na lodzie byłby zachętą dla trenerów i zawodników do ich regularnego stosowania.

Badania wskazały na istotną poprawę wyników testów sprawności specjalnej w grupie eksperymentalnej. Stwierdzono, że po zastosowaniu treningu, czas potrzebny na przejechanie dystansu 15m i 30m przodem, a także czas przejazdu w teście zwinności istotnie obniżyły się. Odnotowano również wyższy efekt treningowy w grupie eksperymentalnej względem kontrolnej w testach szybkości przodem na każdym odcinku.

Wyniki te potwierdzają hipotezę czwartą, iż zastosowanie treningu funkcjonalnego mogło się przyczynić do poprawy parametrów sprawności specjalnej w testach na lodzie.

Według wielu autorów szybkość na lodzie jest uwarunkowana prawidłową techniką jazdy na łyżwach^{130,341–343}. Przyspieszenie na łyżwach jest podstawową umiejętnością wpływającą na wyniki hokeistów. Renaud i wsp. (2017) wykazali, że największe przyspieszenie do przodu występuje podczas drugiego i trzeciego kroku startu na łyżwach³⁴⁴ i jest bardzo podobne do startu biegowego^{211,344–346}. Dopiero średnio przy piątym kroku łyżwiarz przechodzi do fazy ślizgowej³⁴⁶.

Jest wiele badań pokazujących korelację pomiędzy szybkością na lodzie, a wybranymi testami motorycznymi poza lodem („off ice”), które można powiązać ze sprawnością specjalną na lodzie. Testy motoryczne, w których zastosowano poziome ruchy przyspieszenia liniowego, były najlepszymi predyktorami szybkości jazdy na łyżwach. Sprinty, skoki wertykalne i horyzontalne obunóż i jednonóż, niektóre wzorce siłowe, jak przysiad z maksymalnym obciążeniem 1-3 RM (repetition maximum – powtórzenia wykonane z maksymalnym obciążeniem), zarzut dynamiczny (hang power clean) wykazały dodatnią korelację z szybkością na lodzie i potencjałem sprawności gry w hokeja^{141,166,167,341,347–353}. Podnoszenie ciężarów jest powszechnie stosowane jako metoda treningowa dla hokeistów^{140,347,353} i jest sugerowana jako część treningu w tej dyscyplinie, zarówno w fazie przygotowawczej, jak i sezonie startowym³⁵⁴.

Ćwiczenia treningu funkcjonalnego tworzą fundament pod bardziej zaawansowane wzorce motoryczne, w pełni angażując aparat stawowo-mięśniowy^{6,29,30}. Sugeruje to, że ćwiczenia z treningu funkcjonalnego mogą wpływać na poprawę wzorców siłowych, biegowych, skocznościowych. W okresie letnim, w którym nie ma treningów technicznych na lodzie, zawodnicy przygotowują się na treningach „off ice” (poza lodem), gdzie realizują treningi siłowo-szybkościowe, tworząc bazę motoryczną przed wyjściem na lód.

Wszyscy trenerzy motoryczni w NHL (National Hockey League) stosują różne odmiany treningu siłowego i zawsze w swoich programach wykorzystują wzorzec przysiadu¹⁴⁰. Kształtowanie siły kończyn dolnych poprzez ćwiczenia z trójboju olimpijskiego (przysiad, martwy ciąg, wyciskanie leżąc) oraz dwuboju olimpijskiego (zarzut, rwanie) i plyometrię (trening skocznościowy) są stale wykorzystywane w programach treningowych hokeistów^{140,167,347,354}. Wykazano, że silnym predyktorem szybkości na lodzie jest sprint poza lodem^{166,167,346,350}. Faza przyspieszania jazdy na łyżwach jest podobna do sprintu biegowego,

z krótkim czasem kontaktu z podłożem i odpychaniem się od stałego punktu na lodzie^{211,355}. We wcześniejszych badaniach zauważono, że wzrost siły w przysiadzie koreluje ze sprintem poza lodem^{332,350,356–359}, a także ze sprintem na lodzie^{356,360–362}. Zależność ta może być spowodowana wytwarzaniem siły wokół tych samych ustawień kątowych w stawach, ponieważ zarówno przysiad, sprint na lodzie i na boisku wymagają jednoczesnego wyprostowania w stawie biodrowym, kolanowym i skokowym²⁹². Przysiad z udami ułożonymi równolegle do podłoża daje podobne kąty zgięcia stawu biodrowego około 40-45°, jak podczas szybkiej jazdy na łyżwach do przodu^{348,363}. Analiza kroku łyżwowego wykazała wysoką aktywność elektromiogramu (EMG) mięśni zginaczy i prostowników stawów biodrowych i kolanowych, co sugeruje, że łyżwiarze, którzy są silniejsi w tych obszarach, mogą pokonywać dystans na lodzie z większą prędkością³⁶⁴.

Mięsień czworogłowy uda jako prostownik kolana pełni istotną rolę w ruchu szybkiej jazdy na łyżwach^{113,130,364}. Badania potwierdzają także zwiększoną aktywność EMG mięśnia czworogłowego uda w głębokim przysiadzie, kiedy uda są równoległe do podłoża, czyli zgięcie stawów kolanowych wynosi ok. 90°³⁶⁵. Szczytowa aktywność mięśnia czworogłowego następuje przy zgięciu 90° w stawach kolanowych bez dalszego wzrostu przy wyższych wartościach zgięcia³⁶⁶. Optymalna głębokość przysiadu skutkuje także aktywizacją mięśnia pośladkowego wielkiego^{19,367} oraz zginaczy stawu skokowego^{211,285}, których udział w fazie przyspieszenia na łyżwach jest znaczny^{130,292}. Podczas prawidłowo wykonywanych ćwiczeń siłowych, hokeiści kształtują siłę, która może być czynnikiem wpływającym na moc kończyn dolnych, potrzebną do szybkiej jazdy na łyżwach³⁶⁸. Poprawa wzorca przysiadu wydaje się więc być uzasadniona w celach poprawy sprawności specjalnej na lodzie. W niniejszych badaniach wykazano korelację testu przysiadu głębokiego FMS z testami szybkości w jeździe przodem na lodzie. Hokeiści, którzy uzyskali więcej punktów w tym teście byli też szybsi na dystansie 5m i 30m przodem. Taka sama korelacja w tych badaniach dotyczy testu wykrok w linii, który wymaga podobnych umiejętności ruchowych, co przysiad jednonóż.

W analizie badań wstępnych u hokeistów zaobserwowano, że podczas testu przysiadu głębokiego FMS większość badanych nie mogła wykonać pełnego przysiadu, co mogło ograniczać zaangażowanie mięśni kończyn dolnych podczas tego ćwiczenia. Inne badania sugerują, że ograniczony ruch zgięcie grzbietowego stawu skokowego prowadzi do zmniejszenia szczytowego zgięcia kolana, co może generować ruchy kompensacyjne w celu prawidłowego wykonania przysiadu i uniemożliwić pełną aktywację prostowników stawów

kolanowych (mięśni czworogłowych)^{19,220,369}. Poprawa ruchomości wyprostów stawu skokowego może wpłynąć na głębokość przysiadu^{19,301,303}. Zawodnik, który może wykonać głębszy przysiad, zachowując kontrolę nad tym ruchem, będzie mógł lepiej zaangażować mięśnie kończyn dolnych podczas tego ćwiczenia. Zyskując więcej siły w tej grupie mięśniowej, zawodnicy mogą wykazywać większą moc i szybkość na lodzie. Warto też zasugerować, że poprawa wzorca przysiadu i zwiększenie siły kończyn dolnych mogły przyczynić się do poprawy efektywności ćwiczeń mocy: dwuboju (zarzut, rwanie) i plyometryki^{347,353,370-373}, które zawodnicy wykonują regularnie w treningach poza lodem³⁷⁴ w celu aktywacji i pobudzenia przed wyjściem na lód^{166,347,351}.

Podczas drugiego pomiaru zauważono poprawę wykonywania poszczególnych testów FMS u badanych hokeistów w grupie eksperymentalnej. Zawodnicy prezentowali lepszą kontrolę motoryczną nad ruchem, co mogło wpłynąć na poprawę integracji całych wzorców i przełożyć się na zwiększenie siły kończyn dolnych i szybkość na lodzie. Odnotowano również korelację różnicy wyników końcowych FMS otrzymanych z I i II pomiaru (delta) z wynikami testów szybkości przodem (15m i 30m) oraz zwinności. Wskazano na zależność delty poszczególnych testów FMS z wybranymi testami sprawności specjalnej na lodzie co potwierdza, że poprzez ćwiczenia funkcjonalne nastąpiła poprawa poszczególnych wzorców ruchowych, co mogło wpłynąć na poprawę testów sprawności specjalnej w uprawianej dyscyplinie.

Wdrożony trening funkcjonalny z regularnie stosowanymi ćwiczeniami relaksacji, mobilizacji i stabilizacji stawowo-mięśniowych mógł stanowić nowy bodziec dla zawodników z grupy eksperymentalnej, co potwierdzić mogą lepsze wyniki testów szybkości na lodzie w drugim pomiarze względem pierwszego w tej grupie. Analiza wyników badań sugeruje, że pod wpływem zastosowanych ćwiczeń, u zawodników nastąpił progres w fundamentalnych zdolnościach motorycznych, co mogło przełożyć się na wykonywanie ćwiczeń bez kompensacji właściwie angażując układ mięśniowo-stawowy w ruchu.

Badania innych autorów potwierdzają także pozytywny wpływ protokołów ćwiczeń mobilnościowych na zdolności szybkościowe wśród sportowców różnych dyscyplin^{317,375-378}. Badania sugerują, że prawidłowe zakresy ruchomości stawów kończyn dolnych umożliwiają obniżenie środka ciężkości i utrzymanie bardziej stabilnej pozycji ciała³⁷⁹. Szybsi hokeiści charakteryzowali się większym zakresem ruchu bioder i kolan podczas fazy odepchnięcia³⁴¹. Niektórzy badacze podkreślają, że zakres odwiedzenia biodra jest ważny w celu utrzymania

odpowiedniego kąta natarcia, co skutkuje uzyskaniem odpowiedniej prędkości jazdy^{292,345,380}. Wykazano, że zawodnicy na wyższym poziomie ligowym wykazywali większy zakres ruchomości stawów biodrowych w płaszczyźnie strzałkowej³⁴⁵, a także większe zakresy ruchomości zgięcia, odwiedzenia i rotacji stawów biodrowych³⁸¹, zgięcia stawów kolanowych oraz zgięcia grzbietowego stawów skokowych w porównaniu do hokeistów z niższych lig, co mogło wpłynąć na zwiększenie długości kroku łyżwowego^{130,345}. Szybsi hokeiści z wyższych lig odznaczeni się także szybszym odwiedzeniem stawów biodrowych, wyprostem stawów kolanowych i zgięciem podszwawym stawów skokowych w fazie odepchnięcia^{380,381}. Większe zakresy ruchu w stawie biodrowym i kolanowym mogą poprawić cykl rozciągnięcia i skurczu mięśnia pośladkowego wielkiego oraz lepsze bodźcowanie mięśnia czworogłowego uda w celu koncentrycznego skurczu podczas fazy odepchnięcia, co może przełożyć się na generowanie większej mocy, a tym samym większego przyspieszenia^{292,344,345}. Podobnie optymalna ruchomość stawu skokowego może wpływać na generowanie większej mocy podczas fazy odpychania i ślizgu na łyżwach. Optymalny zakres zgięcia grzbietowego stawu skokowego podczas ślizgu na łyżwach umożliwia rozciągnięcie mięśni trójgłowego łydki, co może przełożyć się poprzez cykl rozciągnięcie-skurcz na poprawę generowania mocy w fazie odpychania się podczas zgięcia podszwawego³⁸¹. Stwierdzono, że aktywność zginacza podszwawego stawu skokowego jest głównym czynnikiem wpływającym na siły reakcji podłoża podczas fazy odepchnięcia³⁸². Wyciągnięto wniosek, że szybsi hokeiści odpychali się głównie od przodostopia, a słabsi rozkładali siły pomiędzy przodostopie i śródstopie. Wykazano również, że wraz z większym wyprostem i odwiedzeniem bioder łyżwiarze mogli lepiej wykorzystać przednią część stopy i skuteczniej się odepchnąć^{345,355}.

Na podstawie innych badań można stwierdzić, że szybsi zawodnicy charakteryzowali się większymi zakresami ruchomości kończyn dolnych oraz dzięki temu lepszymi wzorcami jazdy na łyżwach. Robbins i wsp. (2021) zalecają, aby w programach treningowych hokeistów stosować ćwiczenia kształtujące optymalną ruchomość stawową³⁸¹.

W tych badaniach trening funkcjonalny od początku był nacełowany na poprawę mobilności, aby wpłynąć na wykonywanie zadań testowych FMS bez kompensacji. Zwiększenie zakresów ruchomości stawowej poprzez ćwiczenia zaprezentowane na fot. 8 i 9a,b,c mogło wpłynąć na możliwości efektywniejszego wykonywania ćwiczeń siłowych z obciążeniem, ale też na możliwości poprawy wzorca jazdy na łyżwach poprzez jazdę na bardziej ugiętych kolanach, co stwarza warunki do wykonywania dłuższego kroku łyżwowego

(zakres ruchu wyprostowania jest dłuższy) i pozwala generować większą moc i przyspieszenie. Mogłoby to tłumaczyć poprawę wyników w testach szybkości i zwinności w niniejszych badaniach.

Z uwagi na zgięciową pozycję ciała hokeiści mogą mieć napięte zginacze biodra i osłabione prostowniki, co znalazło potwierdzenie w testach funkcjonalnych FMS (wykrok w linii) i teście klinicznym Thomasa, a także we wnioskach innych badaczy^{24,234,383,384}. Mięśnie mocno napięte (hipertonusy) mogą ograniczać aktywność mięśni antagonistycznych²⁰³. Napięte zginacze stawu biodrowego (mięsień biodrowo-lędźwiowy i prosty uda) mogą więc obniżać aktywność mięśni pośladkowych³⁸, które pełnią ważną rolę w fazie przyspieszenia^{19,385}. Rozluźnienie i mobilizacje zginaczy bioder wykonywane na zajęciach w grupie eksperymentalnej (fot. 9a,b,c) mogły przyczynić się do poprawy zakresu ruchu w kierunku wyprostowania stawu biodrowego. Umożliwiło to zwiększenie aktywacji grupy mięśni pośladkowych^{38,386,387} podczas ćwiczeń stosowanych na treningach (glute bridge, hip thrust, one leg hip thrust, martwy ciąg jednonóż (fot. 12b,d, 13)). Wertykalne prostowanie bioder (hip thrust) polegające na pchnięciu bioder z ciężarem własnego ciała lub obciążeniem zewnętrznym zostało wprowadzone do literatury przez Contreras (2011), jako ćwiczenie wzmacniające siłę prostowników biodra (mięśni pośladkowych i kulszowo-goleniowych)³⁸⁸. Ćwiczenie to może skutecznie zwiększać siłę prostowników bioder przekładając się na poprawę eksplozywności i biegu sprinterskiego³⁸⁸⁻³⁹¹. Niektóre prace sugerują, że ćwiczenie hip thrust jest skuteczniejsze od przysiadu, ponieważ siła wyprostowania biodra wzrasta w końcowym zakresie ruchu, co może się lepiej przełożyć na wydajność sprinterską^{279,392-394}. Ruchy zdominowane w poziomie lepiej przenoszą się na czynności zdominowane w poziomie, podczas gdy ruchy zdominowane w pionie lepiej korelują z czynnościami zdominowanymi w pionie^{395,396}. Ponieważ pchnięcie bioder ma wektor siły przednio-tylnej, możliwe jest, że wypychanie poziome bioder silniej przenosi się na bieg sprinterski^{374,396,393,397}. W badaniach Andersena i wsp. (2018) potwierdzono, że wykonywanie ćwiczenia hip thrust poprawiło przyspieszenie³⁹⁸.

Szybkość ruchu jest bezspornie jedną z ważniejszych zdolności motorycznych w wielu dyscyplinach³⁹⁹. Zwinność, czyli szybka zmiana kierunku ruchu i możliwość poruszania się w nowym, może zapewnić fizyczną i taktyczną przewagę nad przeciwnikiem. Wykonywanie szybkich zwrotów i przyspieszeń w kluczowych momentach gry może decydować o wyniku meczu, np. strzeleniu gola lub zapobiegnięciu utracie bramki⁴⁰⁰, więc

wyduje się być szczególnie ważne w grach zespołowych^{230,401}. Manewr zmiany kierunku polega na ekscentrycznej pracy mięśni podczas hamowania, po której następuje koncentryczna praca mięśni, zapewniająca siłę napędową⁴⁰¹. Podczas zmiany kierunku jest faza zwalniania i przejście do zmiany ustawienia ciała, co wymaga optymalnej pozycji poprzez przyłożenie sił zarówno poziomych jak i pionowych³⁷⁹. Jeśli nie ma optymalnej kontroli nad ruchem, wtedy zbyt dużo siły może zostać utracone, spowalniając przejście od skurczu ekscentrycznego do koncentrycznego i zmiana kierunku zajmie wtedy więcej czasu⁴⁰². Dos'Santos i wsp. (2017) wykazali, że jakość fazy spowolnienia ma zasadniczy wpływ na szybkość zmiany kierunku⁴⁰³. Siła jest kluczową zdolnością w fazie hamowania ekscentrycznego³⁷³. Sportowcy o większej sile kończyn dolnych sprawniej spowalniają ruch i utrzymują optymalną pozycję ciała podczas zmiany kierunku i późniejszej fazy przyspieszenia^{379,404–406}. Wykazują się możliwością utrzymania pozycji z większym zakresem zgięcia kolan i odwiedzenia biodra podczas fazy podporowej, co umożliwi wykonanie ruchu w niższej pozycji ciała⁴⁰⁷.

Zwinność odgrywa kluczową rolę w treningu hokeja na lodzie^{408,409}. Rozumiana jest jako zdolność do szybkiej zmiany kierunku w zależności od sytuacji w grze, często z dużą szybkością ruchu i w kontakcie z przeciwnikiem⁴¹⁰. Zmiana kierunku może też się wiązać z fragmentami jazdy tyłem. Trening zwinności może być realizowany bezpośrednio na lodzie lub poprzez dodatkowe treningi poza lodem³⁴¹.

Podczas wstępnych badań funkcjonalnych FMS i Y-Balance najwięcej problemów przysporzyło zawodnikom utrzymanie kontroli nad ruchem w testach unilateralnych. Problem kontroli nad ruchem może przekładać się na jakość wykonywania jednostronnych ćwiczeń siłowych, uniemożliwiając aktywację danych grup mięśniowych podczas ćwiczeń i obniżając cel i jakość tych treningów, a także na zwinność. Większość ruchów wymaga od zawodników wywierania naprzemiennej siły na jedną nogę podczas biegu, jazdy na łyżwach czy zmianie kierunku⁴¹¹. Badania innych autorów wskazują, że jednostronne (unilateralne) przysiady wytwarzają znacznie większe szczytowe siły reakcji podłoża niż obustronne przysiady⁴¹². Trening zawierający ćwiczenia unilateralne może więc przynieść wiele korzyści. Wpłynął na zmniejszenie asymetrii między kończynami i poprawił skoczność, sprint liniowy i zwinność^{411,413}.

W badaniach własnych do programu treningu funkcjonalnego włączono ćwiczenia stabilizacji (fot. 11, 12a,d), aby umożliwić w późniejszym etapie włączenie ćwiczeń

unilateralnych i równoważnych (fot. 12b,d, 13, 14a,b). Zastosowany trening przełożył się na poprawę testów oceniających sprawność funkcjonalną FMS i równowagę dynamiczną Y-Balance. Aby osiągnąć dobre wyniki w teście równowagi dynamicznej YBT, a także w testach FMS wymagających równowagi zawodnik musi posiadać odpowiednią koordynację, kontrolę motoryczną nad ruchem, co jest zbliżone do wymagań także w testach szybkości i zwinności.

W grupie eksperymentalnej odnotowano poprawę wyników testów unilateralnych FMS, tj. przejście nad płotkiem, wykroku w linii, ruchomość obręczy barkowej oraz zmniejszeniem się liczby asymetrii pomiędzy nimi. Wykazano korelację testów unilateralnych: przejście nad płotkiem, wykroku w linii, ruchomości obręczy barkowej, stabilności rotacyjnej z testami szybkości na odcinku 30 m przodem.

Zauważono, że wraz z poprawą wyników poszczególnych testów asymetrycznych FMS poprawiła się też szybkość i zwinność, co wskazuje, że zmniejszenie się asymetrii we wzorcach unilateralnych może przełożyć się na bardziej oszczędny w czasie ruch. Badania innych autorów pokazują także, że wyższe wyniki w testach FMS przejście przez płotek i wykroku w linii korelowały z dalszymi odległościami wyskoku¹⁷⁵, który według wcześniej wspomnianych badań wykazuje dobrą korelację z szybkością jazdy na łyżwach do przodu³⁴⁹⁻³⁵¹.

Gdy hokeista ma lepszą kontrolę nad ruchem ma większą zdolność do generowania mocy i szybkości jazdy na łyżwach. Wykazano, że równowaga dynamiczna młodych hokeistów wykazała znaczący związek z maksymalną prędkością jazdy na łyżwach^{166,167,414}. W badaniach Krause i wsp. (2012) zwrócono uwagę na istotność równowagi dynamicznej w jeździe do przodu i w kroku skrzyżnym (crossover step) na łyżwach, wykazano także korelację testu Y-Balance w kierunku tylnobocznym do szybkiej jazdy na łyżwach w przód i do kroku skrzyżnego¹⁶⁷. Lockie i wsp. (2014) wykazali, że zmodyfikowany test równowagi dynamicznej SEBT, który bada te same kierunki równowagi dynamicznej, co Y-Balance, wykazuje związek z szybkością wielokierunkową^{166,295,415}, a także ze zwinnością³²³. Potwierdzono, że dodanie elementów treningu równowagi poprawiło wysokość skoku i kontrolę lądowania^{416,417}, a także wpłynęło pozytywnie na zwinność⁴¹⁶ i siłę uderzenia u golfistów⁴¹⁸. Poprawa równowagi zmniejsza udział mięśni w procesie stabilizacji podczas wykonywania różnych czynności, co przełoży się na szybszy ruch, bo bez zbędnych kompensacji^{6,417}. Znalazło to również potwierdzenie w niniejszych badaniach, w których odnotowano poprawę wyników złożonego Composite Y-Balance i zmniejszenie się asymetrii zasięgów pomiędzy kończynami.

Wystąpiła także korelacja delt wyników równowagi dynamicznej w teście Y-Balance z wynikami szybkości jazdy przodem (5m i 30 m), tyłem (30m) i zwinności na lodzie. Trenerzy motoryczni mogą więc używać testów równowagi Y-Balance do oceny i monitoringu swoich zawodników wiedząc, że ich wyniki mają one przełożenie na sprawność specjalną^{166,414}.

Wykazano, że sprint na łyżwach jest silnie powiązany z testami plyometrycznymi⁴¹⁹. Test 3 skoków w dal i 30-metrowy sprint poza lodem są skorelowane z szybkością jazdy na lodzie^{350,352,353,420}. Treningi równowagi i plyometryki przyczyniają się do zwiększania wskaźnika RFD (rate of force development - wskaźnik charakteryzujący zdolność organizmu do rozwijania maksymalnej siły w możliwie krótkim czasie) i mogą przełożyć się na poprawę szybkości⁴²¹. W programie treningu funkcjonalnego wprowadzono ćwiczenia plyometryczne od 6 tygodnia. Ćwiczenia były wprowadzane stopniowo, zaczynając od prostych bilateralnych skoków wertykalnych, następnie z wykorzystaniem płotków zwiększając ich wysokość (15, 30, 45 cm), skoki w dal i na koniec skoki jednonóż (fot. 15a,b,c, 16). Wykonanie treningów plyometrycznych, które umożliwiają zwiększenie siły reakcji podłoża (RSI- reactive strenght index) może wpłynąć na poprawę przyspieszenia^{422,423}. Połączenie treningu siłowego i plyometrycznego wpłynęło na poprawę wyniku testu 3 skoków w dal i zwiększyło szybkość na lodzie, zwłaszcza pierwszych 10m^{292,353}. W ćwiczeniach wykorzystujących cykl rozciągnięcie-skurcz ważną rolę odgrywa adaptacja kompleksu mięśni, ścięgien i więzadeł⁴²⁴. Adaptacją na wdrożony trening plyometryczny może być zwiększenie sztywności ścięgien⁴²⁵⁻⁴²⁸. Wielu autorów sugerowało, że sztywny kompleks mięśniowo-ścięgnowy umożliwia szybkie i wydajniejsze przenoszenie siły mięśniowej na szkielet, a w konsekwencji wyższe tempo rozwoju siły^{429,430}. Te adaptacje mogą zwiększać siłę przyłożoną do podłoża, szczególnie, gdy czas kontaktu z lodem jest krótki, na przykład w fazie przyspieszania jazdy na łyżwach^{425,426,431}. Zgodnie z wcześniej przedstawionymi wnioskami siła mięśni przodostopia ma duże znaczenie podczas fazy przyspieszania na lodzie^{211,345,382}. Zwiększenie sztywności elementów mięśniowo-ścięgnistych zginaczy podszwowych stawu skokowego może poprawić więc siłę i moc kończyn dolnych⁴³² przekładając się na szybkość.

Włączenie do treningu dla grupy eksperymentalnej wymienionych i omówionych powyżej ćwiczeń, których jakość wykonania mogła być lepsza z uwagi na poprawę stawowo-mięśniowych parametrów funkcjonalnych, przełożyło się bezpośrednio na poprawę parametrów szybkościowych na lodzie u zawodników z grupy eksperymentalnej. Przed przystąpieniem do eksperymentu, zawodnicy tego typu ćwiczeń nie wykonywali albo

wykonywali rzadko w zaburzonych kompensacyjnie wzorcach w swoich programach treningowych na siłowni. Ponieważ wyniki testów w grupie kontrolnej albo się pogorszyły albo nie zmieniły w porównaniu z pierwszym pomiarem, wprowadzony trening funkcjonalny uznano za bardzo istotny dla poprawy wyników sportowych.

7.5 Ograniczenia w pracy i wskazania dla przyszłych badań

Jako ograniczenie niniejszych badań można uznać brak testów plyometrycznych, które umożliwiają ocenę mocy kończyn dolnych i wykazują korelację z szybkością na lodzie. W przyszłych badaniach, obok oceny efektów przełożenia się treningu funkcjonalnego na sprawność specjalną na lodzie wskazane byłoby też sprawdzenie przełożenia się efektów tego treningu na ewentualne zwiększenie się mocy kończyn dolnych, co w konsekwencji również przyczyniłoby się do poprawy wyników sportowych zawodników.

Wnioski

1. W badaniach wstępnych wykazano pewne spójne ograniczenia występujące u hokeistów, tj. deficyty we wzorcach mobilnościowych obręczy barkowej i biodrowej oraz stawów skokowych, licznie występujące asymetrie w unilateralnych testach FMS oraz teście Y-Balance. Wpływały one dysfunkcyjnie na jakość testowanych zadań ruchowych wymuszając kompensacyjne, przeciążeniowe włączanie się danych grup mięśniowych. W teście FMS próbami ocenionymi najniżej były: stabilność rotacyjna, wykrok w linii, przejście przez płotek i przysiad głęboki, natomiast test Y-Balance wykazał asymetrie w zasięgach pomiędzy prawą i lewą stroną, szczególnie w kierunku tylnobocznym.
2. Zawodnikom w grupie eksperymentalnej wprowadzono nowe bodźce treningowe realizowane podczas treningu funkcjonalnego. Priorytetem było uzyskanie optymalnej ruchomości stawów, rozluźnienie napiętych grup mięśniowych, aktywację mięśni głębokich i kontrolę ruchu we wzorcach bilateralnych i unilateralnych. Zastosowany 12-tygodniowy program treningu funkcjonalnego zauważalnie wpłynął na poprawę wzorców mobilności, stabilności, koordynacji i równowagi oraz przełożył się na uzyskanie istotnie lepszych wyników w teście FMS w 5 próbach na 7, a także istotne zmniejszenie asymetrii oraz zwiększenie końcowej sumy punktów.

3. W badaniach wykazano, że wykorzystanie w treningu funkcjonalnym ćwiczeń mobilnościowych zwiększających zakresy ruchomości w stawach kończyn dolnych oraz ćwiczeń stabilizacji, równowagi i plyometrii wpłynęło na poprawę wyników złożonych Composite w teście równowagi dynamicznej Y-balance (Composite P i L) i zmniejszenie asymetrii zasięgów pomiędzy kończynami w kierunku tylno-bocznym. Jednocześnie wyniki złożone Composite tego testu w grupie kontrolnej pogorszyły się.
4. W badaniach zauważono również istotne korelacje testów FMS i Y-Balance z testami sprawności specjalnej oraz korelacje różnic (Δ) pomiędzy pomiarami FMS, Y-Balance z testami sprawności specjalnej na lodzie u wszystkich badanych. Zwiększenie wyniku końcowego w teście FMS, a także punktacji poszczególnych testów przekładało się na szybsze przejazdy na odcinku 5m i 30 m przodem oraz poprawę wyniku testu zwinności na lodzie. Wraz z obniżeniem liczby asymetrii w testach FMS malał także czas przejazdu w testach szybkości i zwinności na lodzie. Wraz z lepszym wynikiem równowagi dynamicznej w teście Y-balance, wyniki testów szybkości na lodzie także się ulegały poprawie.
5. Badania udowodniły, że udział w programie treningu funkcjonalnego przyczynił się do poprawy niektórych elementów sprawności specjalnej na lodzie. W grupie eksperymentalnej zanotowano istotną poprawę czasów przejazdu przodem na dystansie 15m i 30m oraz istotną poprawę wyniku testu zwinności na lodzie. Natomiast w grupie kontrolnej nie tylko nie odnotowano poprawy, a wręcz pogorszenie czasu przejazdu na dystansie 5m tyłem. Zwiększenie zakresów ruchu kończyn dolnych mogło przyczynić się do poprawy kroku łyżwowego. Zawodnik mógł obniżyć pozycję startową i poprzez większy zakres ruchu stawu biodrowego wydłużyć krok łyżwowy w poszczególnych jego fazach. Poprawa mobilności i stabilności mogła wpłynąć na aktywniejsze zaangażowanie odpowiednich grup mięśniowych w ćwiczeniach trójboju i dwuboju siłowego, co też mogło mieć wpływ na poprawę szybkości i zwinności na lodzie. Prawidłowe wykonanie ćwiczeń plyometrycznych pozwoliło na umiejętne wykorzystanie energii w cyklu rozciągnięcie – skurcz i możliwość osiągnięcia większej siły i mocy w danym ruchu, co znacząco przyczyniło do poprawy szybkości w grupie eksperymentalnej. Pomimo, iż zawodnicy wcześniej wykonywali treningi skocznościowe i siłowe można przyjąć, że dopiero progres w ich wykonaniu wpłynął na progres sprawności specjalnej na lodzie.

6. Powyższe wnioski wskazują, jak ważne jest wzmocnienie fundamentów, jak mobilność, stabilność, koordynacja i równowaga u sportowców, aby zmniejszyć dysfunkcyjne przeciążenia treningowe, a także przyczynić się do optymalizacji potencjału motorycznego zawodnika. Zasadny jest również systematyczny monitoring stanu funkcjonalnego w tej dyscyplinie, w celu kontroli rozwoju potencjału zawodnika w procesie jego specjalistycznego szkolenia. Z uwagi na brak aktualnego programu szkoleniowego dzieci i młodzieży w hokeju na lodzie w Polsce, badania te stanowią uzupełnienie istniejącej niszy, mogą też być zastosowane jako innowacja aktualnych programów treningowych w młodzieżowych klubach hokeja na lodzie

Bibliografia

1. Woynarowska B, Kowalewska A, Izdebski Z, Komosińska K. *Rozwój Motoryczny. Biomedyczne Podstawy Kształcenia i Wychowania*. PWN; 2010.
2. Karpowicz K, Strzelczyk R, Karpowicz M. Struktura poziomu efektów motorycznych młodych sportowców na etapie szkolenia ukierunkowanego,. In: *Etapizacja Procesu Szkolenia Sportowego. Teoria i Rzeczywistość.* ; 2012:88-100.
3. Bompá T, Carrera M. *Conditioning Young Athletes*. Human Kinetics; 2015.
4. Januszewski J, Żarek J. Szkolenie sportowe dzieci i młodzieży (treści, obciążenia, metody). In: *Teoria Sportu*. Wydawnictwo Skrytowe, AWF Kraków; 1995:27-32.
5. Sozański H, Czerwiński J, Sadowski J. *Podstawy Teorii i Technologii Treningu Sportowego Henryka Sozańskiego, Jerzego Sadowskiego, Janusza Czerwińskiego Tom 2*. Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie; 2015.
6. Gambetta V. Athletic development the art and science of functional sports conditioning. *Hum Kinet*. 2007;5:188-189.
7. Morgan PJ, Barnett LM, Cliff DP, et al. Fundamental movement skill interventions in youth: A systematic review and meta-analysis. *Pediatrics*. 2013;132(5). doi:10.1542/peds.2013-1167
8. Zetou E, Vernadakis N, Tsetseli A, Kampas A, Michalopoulou M. The effect of coordination training program on learning tennis skills. *Sport J*. 2012;15(9).
9. Kuznetsova Z, Kuznetsov A, Mutaeva I, Khalikov G, Zakharova A. Athletes preparation based on a complex assessment of functional state. In: *Proceedings of the 3rd International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support.* ; 2015. doi:10.5220/0005631701560160
10. Faigenbaum A, Myer G. Resistance training among young athletes: Safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med*. 2010;44(1). doi:10.1136/bjism.2009.068098
11. Malina R, Gabriel J. Growth, maturation and development: Applications to young athletes and in particular to divers. *USA Diving Coach Dev Ref Manual*. 2007;41(5):2-29.
12. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci*. 2000;18(9):669-683. doi:10.1080/02640410050120050
13. Lloyd R, Oliver J. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J*. 2012;34(3):61-72. doi:10.1519/SSC.0b013e31825760ea
14. Lehman G, Drinkwater EJ, Behm DG. Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(4):902-908. doi:10.1519/JSC.0b013e3182606c79
15. Zemková E, Cepková A, Uvaček M, Šooš L. A novel method for assessing muscle power during the standing cable wood chop exercise. *J Strength Cond Res*. 2017;31(8):2246-2254. doi:10.1519/JSC.0000000000001692
16. Bagherian S, Rahnama N, Wikstrom EA. Corrective Exercises Improve Movement Efficiency and Sensorimotor Function but Not Fatigue Sensitivity in Chronic Ankle Instability Patients: A Randomized Controlled Trial. *Clin J Sport Med*. 2019;29(3):193-202.

doi:10.1097/JSM.0000000000000511

17. Boguszewski D, Jakubowska K, Adamczyk J, Ochal A, Białoszewski D. Functional assessment of children practicing ice hockey through Functional Movement Screen test. *Phys Act Rev.* 2017;5:105-112. doi:10.16926/par.2017.05.15
18. Boyle M, Butler R, Queen R. Functional movement competency and dynamic balance after anterior cruciate ligament reconstruction in adolescent patients. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(1):36-41. doi:10.1097/BPO.0000000000000402
19. Kritz M, Cronin J, Hume P. The bodyweight squat: A movement screen for the squat pattern. *Strength Cond J.* 2009;31(1):76-85. doi:10.1519/SSC.0b013e318195eb2f
20. Mikołajec K. *Kumulatywny i Ostateczny Efekt Treningu Funkcjonalnego u Koszykarzy Na Wysokim Poziomie Zaawansowania Sportowego.* AWF Katowice; 2013.
21. Garbenytė-Apolinskienė T, Šiupšinskas L, Salatkaitė S, Gudas R, Radvila R. The effect of integrated training program on functional movements patterns, dynamic stability, biomechanics, and muscle strength of lower limbs in elite young basketball players. *Sport Sci Health.* 2018;14(2):245-250. doi:10.1007/s11332-017-0409-y
22. Santana J. *Functional Training.* Human Kinetics; First edition; 2015.
23. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):396-409. doi:10.1519/JSC.0000000000000757
24. Boyle M. *Functional Training for Sports.*; 2004.
25. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ. Functional Movement Screening: The Use Of Fundamental Movements as an Assesment of Function - Part 1. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):396-409.
26. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 2. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006;1(3):132-139.
27. Hong-Sun S, Seung-Seok W, Wi-Young S, Kwang-Jun K, Joohyung L, Joo-Young K. Effects of 16-week functional movement screen training program on strength and flexibility of elite high school baseball players. *J Exerc Rehabil.* 2014;10(2):124-130. doi:10.12965/jer.140101
28. Ridan T, Warzecha A, Ogrodzkiechanowicz K, Kita B, Czupryna K. Fms test in assessing the risk of injury in a group of female floorball players | Test fms w ocenie ryzyka wystąpienia urazu w grupie unihokeistek. *Fizjoterapia Pol.* 2018;18(4):74-84.
29. Boyle. *New Functional Training for Sports.*; 2016. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
30. Rzepka Remigiusz. Wykorzystanie treningu funkcjonalnego w przygotowaniu motorycznym koszykarzy. In: *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych.* Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki; 2016:319-346.
31. Cook G. *Athletic Body in Balance.* Human Kinetics; 2003.
32. Kibler W. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):325-337. doi:10.1177/03635465980260022801
33. Comerford M, Mottram S. Functional stability re-training: Principles and strategies for

- managing mechanical dysfunction. *Man Ther.* 2001;6(1):3-14. doi:10.1054/math.2000.0389
34. Gryckiewicz S, Hadała M, Gniewek T, Jankowicz-Szymańska A. Poor lumbar movement control in males exercising at the gym: Assessment and training using pressure biofeedback unit. *Polish Ann Med.* 2018;25(1):74-79. doi:10.29089/2017.17.00031
 35. Boyle M. *New Functional Training for Sports.*; 2016. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
 36. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006;1(2):62-72.
 37. Sprague P, Monique M, Gatens D, Rodriguez R. The relationship between glenohumeral joint total rotational range of motion and the functional movement screen™ shoulder mobility test. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(5):657-664.
 38. Page P, Lardner R, Frank C. *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance : The Janda Approach: Search USA (Multiple Databases and Sources).* Bloomsbury; 2010. doi: 10.5040/9781718211445
 39. Seçkin Ü, Tur BS, Yilmaz Ö, Yağci I, Bodur H, Arasil T. The prevalence of joint hypermobility among high school students. *Rheumatol Int.* 2005;25(3):260-263. doi:10.1007/s00296-003-0434-9
 40. Yazgan P, Geyikli I, Zeyrek D, Baktiroglu L, Kurcer. Is joint hypermobility important in prepubertal children? *Rheumatol Int.* 2008;28(5):445-451. doi:10.1007/s00296-008-0528-5
 41. Baeza-Velasco C, Gély-Nargeot M, Pailhez G, Vilarrasa A. Joint hypermobility and sport: A review of advantages and disadvantages. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12(5):291-295. doi:10.1249/JSR.0b013e3182a4b933
 42. Konopinski M, Jones G, Johnson M. The effect of hypermobility on the incidence of injuries in elite-level professional soccer players: A cohort study. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):763-769. doi:10.1177/0363546511430198
 43. Pacey V, Nicholson L, Adams R, Munn J, Munns C. A Systematic Review With Meta-Analysis: Generalized Joint Hypermobility and Risk of Lower Limb Joint Injury During Sport. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1487-1497. doi:10.1177/0363546510364838
 44. Smith R, Damodaran AK, Swaminathan S, Campbell R, Barnsley L. Hypermobility and sports injuries in junior netball players. *Br J Sports Med.* 2005;39(9):628-631. doi:10.1136/bjism.2004.015271
 45. Gribble P, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train.* 2012;38(7):1487-1497. doi:10.4085/1062-6050-47.3.08
 46. Davidek P, Andel, Kobesova A. Influence of Dynamic Neuromuscular Stabilization Approach on Maximum Kayak Paddling Force. *J Hum Kinet.* 2018;61(1):15-27. doi:10.1515/hukin-2017-0127
 47. Błaszczak J.W., Czerwosz L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. Postural stability in the process of aging. *Gerontol Pol.* 2006;13(1):25-36.
 48. Bressel E, Yonker J, Kras J, Heath E. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J Athl Train.* 2007;42(1):42-46.

49. Sutton M. Musculoskeletal Interventions: Techniques for Therapeutic Exercise Voight Michael Hoogenboom Barbara Prentice William Musculoskeletal Interventions: Techniques for Therapeutic Exercise Whitby, ON: McGraw-Hill Ryerson; 2007 ISBN-10 0-0714-5768-2 ISBN-13 978. *Physiother Canada*. 2010;63(2):166-170. doi:10.3138/physio.62.2.166
50. Kibler W Ben, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med*. 2006;36(3):189-198. doi:10.2165/00007256-200636030-00001
51. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9(4):549-563.
52. Hewett T, Shultz S, Griffin L. Understanding and preventing noncontact ACL injuries. Champaign, IL: Human Kinetics. *Athl Train Sport Heal Care*. 2007;2(1):43-44. doi:10.3928/19425864-20101222-08
53. Paterno M, Taylor-Haas J, Myer G, Hewett T. Prevention of overuse sports injuries in the young athlete. *Orthop Clin North Am*. 2013;44(4):553-564. doi:10.1016/j.ocl.2013.06.009
54. Boyle M. *Advances in Functional Training*.; 2013. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
55. Sahrmann S, Azevedo DC, Dillen L Van. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Brazilian J Phys Ther*. 2017;21(6):391-399. doi:10.1016/j.bjpt.2017.08.001
56. Baumhauer JF, Alosa DM, Renström PAFH, Trevino S, Beynnon B. A Prospective Study of Ankle Injury Risk Factors. *Am J Sports Med*. 1995;23(5):564-570. doi:10.1177/036354659502300508
57. Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med*. 1991;19(1):76-81. doi:10.1177/036354659101900113
58. Nadler S, Malanga G, Feinberg J, Prybicien M, Stitik T, DePrince M. Relationship between hip muscle imbalance and occurrence of low back pain in collegiate athletes: A prospective study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80(8):572-577. doi:10.1097/00002060-200108000-00005
59. Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodriguez D, Lloyd R., Kushner A, Myer GD. Integrative Neuromuscular Training in Youth Athletes. Part II: Strategies to Prevent Injuries and Improve Performance. *Strength Cond J*. 2016;38(4):9-27. doi:10.1519/SSC.0000000000000234
60. Lloyd D, Buchanan T, Besier T. Neuromuscular biomechanical modeling to understand knee ligament loading. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(11):1939-1947. doi:10.1249/01.mss.0000176676.49584.ba
61. Starret K. *Becoming a Supple Leopard*. Victory Belt Publishing; 2nd edition; 2015.
62. Cook G. *Movement Functional Movement Systems: Screening, Assessment and Corrective Strategies*. Lotus Publishing; 2010. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
63. Minick K, Kiesel K, Burton L, Taylor A, Plisky P, Butler R. Interrater reliability of the functional movement screen. *J Strength Cond Res*. 2010;24(2):479-486. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c09c04
64. Gulgin H, Hoogenboom B. The functional movement screening (fms)TM: an inter-rater reliability study between raters of varied experience. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9(1):14-20.

65. Chorba R, Chorba D, Bouillon L, Overmyer C, Landis J. Use of a functional movement screening tool to determine injury risk in female collegiate athletes. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010;5(2):47-54.
66. Okada T, Huxel K, Nesser T. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):252-261. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b22b3e
67. Kiesel K, Plisky P, Voight M. Can Serious Injury in Professional Football be Predicted by a Preseason Functional Movement Screen? *N Am J Sports Phys Ther.* 2007;2(3):147-158.
68. Onate J, Dewey T, Kollock R, et al. Real-time intersession and interrater reliability of the functional movement screen. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):408-415. doi:10.1519/JSC.0b013e318220e6fa
69. Chimera NJ, Smith CA, Warren M. Injury history, sex, and performance on the functional movement screen and Y balance test. *J Athl Train.* 2015;50(5):475-485. doi:10.4085/1062-6050-49.6.02
70. Smith CA, Chimera NJ, Wright N, Warren M. Interrater and intrarater reliability of the functional movement screen. *J Strength Cond Res.* 2013;27(4):982-987. doi:10.1519/JSC.0b013e3182606df2
71. Leeder JE, Horsley IG, Herrington LC. The inter-rater reliability of the functional movement screen within an athletic population using untrained raters. *J Strength Cond Res.* 2016;30(9):2591-2599. doi:10.1519/JSC.0b013e3182a1ff1d
72. Parenteau-Goudreault E, Chambers S, Boisvert C, et al. Functional Movement Screen test (FMS): A reliable screening test for young elite hockey players. *Phys Ther Sport.* 2014;15(3):169-175. doi:10.1016/j.ptsp.2013.10.001
73. McMullen J, Uhl T. A Kinetic Chain Approach for Shoulder Rehabilitation. *J Athl Train.* 2000;35(3):329-337.
74. Goodway J, Ozmun J, Gallahue D. *Understanding Motor Development.*; 2019.
75. Lisman P, Nadelen M, Hildebrand E, Leppert K, de la Motte S. Functional movement screen and Y-Balance test scores across levels of American football players. *Biol Sport.* 2018;35(3):253-260. doi:10.5114/biol sport.2018.77825
76. Butler R, Lehr M, Fink M, Kiesel K, Plisky P. Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower Extremity Injury in College Football Players: An Initial Study. *Sports Health.* 2013;5(5):417-422. doi:10.1177/1941738113498703
77. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice: Fourth Edition.* Wolters Kluwer Health; 2014.
78. Butler R, Southers C, Gorman P, Kiesel K, Plisky P. Differences in soccer players' dynamic balance across levels of competition. *J Athl Train.* 2012;47(6):616-620. doi:10.4085/1062-6050-47.5.14
79. Knudson D. *Fundamentals of Biomechanics.* Springer US; 2003. doi:10.1007/978-1-4757-5298-4
80. Valovich McLeod C, Decoster L, Loud K, et al. National athletic trainers' association position statement: Prevention of pediatric overuse injuries. *J Athl Train.* 2011;46(2):206-220.

doi:10.4085/1062-6050-46.2.206

81. Sławińska T, Rożek K, Ignasiak Z. Asymetrie ciała w obrębie tułowia dzieci wczesnej specjalizacji sportowej. *Med Sport*. 2006;22(2).
82. Grygorowicz M, Głowacka A, Wiernicka M, Kamińska E. Kompleksowa ocena fizjoterapeutyczna podstawą profilaktyki pierwotnej urazów sportowych. Complex physiotherapeutic assessment as the foundation of primary prevention of sport injury. *Now Lek*. 2010;79:240-244.
83. Zemková E, Hamar D. Physiological mechanisms of post-exercise balance impairment. *Sport Med*. 2014;44:437–448. doi:10.1007/s40279-013-0129-7
84. Keskitalo M. Junior ice hockey player's mobility training - Tutorial guide about mobility exercises for junior players and their coaches. Published online 2011.
85. Mucha D, Smach K, Ambroży T, Gulak S, Mucha T, Makuch R. The impact of the ice hockey training on the player's posture. *Secur Econ Law*. 2016;12(3):47-61.
86. Zaremski J, Zeppieri G, Tripp B. Sport Specialization and Overuse Injuries in Adolescent Throwing Athletes: A Narrative Review. *J Athl Train*. 2019;54(10):1030–1039. doi:10.4085/1062-6050-333-18
87. Wilhelm A, Choi C, Deitch J. Early Sport Specialization: Effectiveness and Risk of Injury in Professional Baseball Players. *Orthop J Sport Med*. 2017;5(9). doi:10.1177/2325967117728922
88. Jankowicz-Szymańska A, Imiołek M. Spine Mobility and the quality of body posture in 11-year old handball players compared to their peers. *Med Sport*. 2008;24(5):293-303.
89. Adamczyk J, Sozański H. Trening wszechstronny jako podstawa prawidłowego rozwoju młodych lekkoatletów akub Grzegorz Adamczyk, Henryk Sozański. *Zesz Szk – Bibl trenera*. Published online 2014:1-14. www.magazyn-lekkoatletyczny.pl
90. Anderson FL, Knudsen ML, Ahmad CS, Popkin CA. Current Trends and Impact of Early Sports Specialization in the Throwing Athlete. *Orthop Clin North Am*. 2020;51(4):517-525. doi:10.1016/j.ocl.2020.06.006
91. Buckley P, Bishop M, Kane P, et al. Early single-sport specialization a survey of 3090 high school, collegiate, and professional athletes. *Orthop J Sport Med*. 2017;5(7). doi:10.1177/2325967117703944
92. Popkin CA, Bayomy AF, Ahmad CS. Early Sport Specialization. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27(22). doi:10.5435/JAAOS-D-18-00187
93. Difiori J, Benjamin H, Brenner J, et al. Overuse injuries and burnout in youth sports: A position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *Br J Sports Med*. 2014;48(4):287-288. doi:10.1136/bjsports-2013-093299
94. LaPrade RF, Agel J, Baker J, et al. AOSSM Early Sport Specialization Consensus Statement. *Orthop J Sport Med*. 2016;4(4). doi:10.1177/2325967116644241
95. Gould D. Editorial the professionalization of youth sports: it's time to act! *Clin J Sport Med*. 2009;19(2):81-82. doi:10.1097/JSM.0b013e31819edaff
96. Ryguła I. *Proces Badawczy w Naukach o Sporcie*. AWF Katowice; 2003.

97. Bompá T, Haff G. *Theory and Methodology Of Training Fifth Edition*. Kendall Hunt; 2009.
98. Starosta W. Wybrane biospoleczne uwarunkowania efektywnosci treningu sportowego dzieci i mlodziezy. / Selected biological and social determinants of sport training efficacy in children and youths. *Med Sport*. 2001;17(120):267-281.
99. Hirtz P, Starosta W. Sensitive and Critical Periods of Motor Co-Ordination Development and Its Relation To Motor Learning. *J Hum Kinet*. 2002;7:19-28.
100. Ruedl G, Schobersberger W, Pocecco E, et al. Sport injuries and illnesses during the first Winter Youth Olympic Games 2012 in Innsbruck, Austria. *Br J Sports Med*. 2012;45(15):1030-1037. doi:10.1136/bjsports-2012-091534
101. Hall R, Foss K, Hewett T, Myer G. Sport specialization's association with an increased risk of developing anterior knee pain in adolescent female athletes. *J Sport Rehabil*. 2015;24(1):31-35. doi:10.1123/jsr.2013-0101
102. Purcell L, Micheli L. Low back pain in young athletes. *Sports Health*. 2009;1(3):212-222. doi:10.1177/1941738109334212
103. O' Brien W, Belton S, Issartel J. Fundamental movement skill proficiency amongst adolescent youth. *Phys Educ Sport Pedagog*. 2016;21(6):557-571. doi:10.1080/17408989.2015.1017451
104. Zemková E, Hamar D. Sport-specific assessment of the effectiveness of neuromuscular training in young athletes. *Front Physiol*. 2018;9:1-25. doi:10.3389/fphys.2018.00264
105. Agresta C, Slobodinsky M, Tucker C. Functional movement screen™ - Normative values in healthy distance runners. *Int J Sports Med*. 2014;35(14):1203-1207. doi:10.1055/s-0034-1382055
106. Lockie R, Schultz A, Callaghan S, Jordan C, Luczo T, Jeffriess M. A preliminary investigation into the relationship between functional movement screen scores and athletic physical performance in female team sport athletes. *Biol Sport*. 2015;32(1):41-51. doi:10.5604/20831862.1127281
107. Zalai D, Panics G, Bobak P, Csáki I, Hamar P. Quality of functional movement patterns and injury examination in elite-level male professional football players. *Acta Physiol Hung*. 2015;102(1):34-42. doi:10.1556/APhysiol.101.2014.010
108. Avery M, Wattie N, Holmes M, Dogra S. Seasonal changes in functional fitness and neurocognitive assessments in youth ice-hockey players. *J Strength Cond Res*. 2018;32(11):3143-3152. doi:10.1519/JSC.0000000000002399
109. Kochański B, Plaskiewicz A, Kałużny K, et al. FunctionalMovementScreen (FMS) -a comprehensivesystem forthe functionalevaluationof the patient. *Former J Heal Sci*. 2014;5(4):90-101. doi:10.5281/zenodo.16626
110. Szymanek-Pilarczyk M, Szlubowska M. The Use of FMS Test in the diagnosis of the locomotor system after Using functional training in football players. *Sport i Tur Srodkowoeuropejskie Czas Nauk*. 2018;1(1):69-80. doi:10.16926/sit.2018.01.05
111. Lloyd R, Oliver J, Faigenbaum A, et al. Long-term athletic development- Part 1: A pathway for all youth. *J Strength Cond Res*. 2015;29(5):1439-1450. doi:10.1519/JSC.0000000000000756
112. Howard R, Eisenmann J, Moreno A. Summary: The National Strength and Conditioning

- Association Position Statement on Long-Term Athletic Development. *Strength Cond J.* 2019;42(2):124-126. doi:10.1519/SSC.0000000000000451
113. Montgomery D, Lockwood K. Physiological profile of professional hockey players - A longitudinal comparison. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2006;31(2):181-185. doi:10.1139/H06-012
 114. Petersen D, Green H. Physiologic Challenges Induced by Participation in Ice Hockey— Implications for Training. *J Test Eval.* 1994;22(1):48-51. doi:10.1520/jte12630j
 115. Cox M, Miles D, Verde T, Rhodes E. Applied Physiology of Ice Hockey. *Sport Med.* 1995;19:184-201. doi:10.2165/00007256-199519030-00004
 116. Montgomery D. Physiology of Ice Hockey. *Sport Med.* 1988;5:99-126. doi:10.2165/00007256-198805020-00003
 117. Quinney H, Dewart R, Game A, Snyder G, Warburton D, Bell G. A 26 year physiological description of a National Hockey League team. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(4):753-760. doi:10.1139/H08-051
 118. Rocznik R, Adam M, Pietraszewski P, Stanula A, Gołaś A. On-ice Special Tests in Relation to Various Indexes of Aerobic and Anaerobic Capacity in Polish League Ice Hockey Players. *Procedia - Soc Behav Sci.* 2014;117:475-481. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.248
 119. Rocznik R, Stastny P. Charakterystyka Zespołowych gier sportowych - Hokej na lodzie. In: *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych.* AWF Katowice; 2016:111-123.
 120. Zadarko E, Barabiasz Z. *ABC Hokeja Na Lodzie. Podręcznik Dla Nauczycieli.* Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego; 2009.
 121. Bussey M. Does the demand for asymmetric functional lower body postures in lateral sports relate to structural asymmetry of the pelvis? *J Sci Med Sport.* 2010;13(3):360-364. doi:10.1016/j.jsams.2009.02.010
 122. Bendikova E, Marko M, Rozim R, Martinsky L. Effect of 4-week physical program on musculoskeletal system changes in adolescent sport class students with focus on ice hockey. *Phys Act Rev.* 2019;7:63-70. doi:10.16926/par.2019.07.08
 123. Montgomery D. Physiology of Ice Hockey. *Sport Med.* 1988;7:63-70. doi:10.2165/00007256-198805020-00003
 124. Glaister M. Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sport Med.* 2005;35:757–777. doi:10.2165/00007256-200535090-00003
 125. Engebretsen L, Steffen K, Alonso J, et al. Sports injuries and illnesses during the Winter Olympic Games 2010. *Br J Sports Med.* 2010;44(11):772-780.
 126. FIHA 2020. Finnish Ice Hockey Association. url:<https://www.fihahockey.fi/index.php/pelaajalle/leijonapolku/yli-20-vuotiaat> .
 127. Kalaja S, Jaakola J. Motor skills training for youth, junior and top-level athletes: Ice Hockey,. *Sage Journals.* 2020;111(1):115-128. doi:10.2466/06.10.25.PMS.111.4.115-128
 128. Stanula A, Rocznik R, Maszczyk A, Pietraszewski P, Zajac A. The role of aerobic capacity in high intensity intermittent efforts in ice hockey. *Biol Sport.* 2014;31(3):193-199.

doi:10.5604/20831862.1111437

129. Wormhoudt R, Savelsbergh G, Teunissen A, Davids K. *The Athletic Skills Model Optimizing Talent Development Through Movement Education*. Routledge, Universities of Applied Sciences; 2018. doi:10.4324/9781315201474-6
130. Upjohn T, Turcotte R, Pearsall D, Loh J. Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice hockey skating. *Sport Biomech*. 2008;7(2):206-221. doi:10.1080/14763140701841621
131. Dossa K, Cashman G, Howitt S, West B, Murray N. Can injury in major junior hockey players be predicted by a pre-season functional movement screen - A prospective cohort study. *J Can Chiropr Assoc*. 2014;58(4):421-427.
132. Myer G, Wall E. Resistance Training in the Young Athlete. *Oper Tech Sports Med*. 2006;14(3):218-230. doi:10.1053/j.otsm.2006.04.004
133. Myer G, Faigenbaum A, Ford K, Best T, Bergeron M, Hewett T. When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Curr Sports Med Rep*. 2011;10(3):155-166. doi:10.1249/JSR.0b013e31821b1442
134. Chruściński G. *Improving the Efficiency of Training Children and Youth in Ice Hockey in Poland*.; 2013.
135. Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu. *Strategia Rozwoju Sportu w Polsce Do 2015 R.*; 2007.
136. Chmura J. Charakterystyka zespołowych gier sportowych: piłka nożna. In: Zajac A. CJ, ed. *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych*. AWF Katowice; 2016:25-59.
137. Mruk J. *Hokej Na Lodzie. Program Szkolenia Szkoły Mistrzostwa Sportowego.*; 2000.
138. Gabryś, T.;Rutkowski T. *Hokej Na Lodzie. Program Szkolenia Dzieci i Młodzieży.*; 2002.
139. Usgu S, Yakut Y, Kudas S. Effects of Functional Training on Performance in Professional Basketball Players. *Turkish J Sport Med*. 2020;55(4):321-331. doi:10.5152/tjism.2020.193
140. Ebben W, Carroll R, Simenz C. Strength and conditioning practices of national hockey league strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res*. 2004;8(4):889-897. doi:10.1519/14133.1
141. Burr J, Jamnik R, Baker J, Macpherson A, Gledhill N, Mcguire E. Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *J Strength Cond Res*. 2008;22(5):1535-1543. doi:10.1519/JSC.0b013e318181ac20
142. Krzykała M, Leszczyński P. Asymmetry in body composition in female hockey players. *Homo-Journal Comp Hum Biol Comp Hum Biol Comp Hum Biol Comp Hum Biol*. 2015;66(4):379-386. doi:10.1016/j.jchb.2015.02.008
143. Fortin M, Rizk A, Frenette S, Boily M, Rivaz H. Ultrasonography of multifidus muscle morphology and function in ice hockey players with and without low back pain. *Phys Ther Sport*. 2019;37:77-85. doi:10.1016/j.ptsp.2019.03.004
144. Kokinda M, Kicura D, Kandrac R, Fabian S. Functional state of the musculoskeletal system and injury rate among ice hockey players. *Int J Phys Educ Fit Sport*. 2020;9(2):30-36. doi:10.34256/ijpefs2024

145. Zaremski JL, Zeppieri G, Tripp BL. Sport specialization and overuse injuries in adolescent throwing athletes: A narrative review. *J Athl Train*. 2019;54(10):1030-1039. doi:10.4085/1062-6050-333-18
146. Nadler SF, Moley P, Malanga GA, Rubbani M, Prybicien M, Feinberg JH. Functional deficits in athletes with a history of low back pain: A pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(12):1753-1758. doi:10.1053/apmr.2002.35659
147. Parchmann CJ, McBride JM. Relationship between functional movement screen and athletic performance. *J Strength Cond Res*. 2011;25(12):3378-3384. doi:10.1519/JSC.0b013e318238e916
148. Kiesel K, Plisky P, Butler R. Functional movement test scores improve following a standardized off-season intervention program in professional football players. *Scand J Med Sci Sport*. 2011;21(2):287-292. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01038.x
149. Schneiders AG, Davidsson A, Hörman E, Sullivan SJ. Functional movement screen normative values in a young, active population. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(2):75-82.
150. Schroeder J, Wellmann K, Stein D, Braumann KM. The Functional Movement Screen for Injury Prediction in Male Amateur Football. / Der Functional Movement Screen zur Verletzungsvorhersage im Männer-Amateurfußball. *Dtsch Z Sportmed*. 2016;67(2):39-43.
151. Kraus K, Schütz E, Taylor WR, Doyscher R. Efficacy of the Functional Movement Screen: a review. *J Strength Cond Res*. 2014;28(12):3571-3584. doi:10.1519/jsc.0000000000000556
152. Kramer TA, Sacko RS, Pfeifer CE, Gatens DR, Goins JM, Stodden DF. the Association Between the Functional Movement Screen Tm , Y-Balance Test, and Physical Performance Tests in Male and Female High School Athletes . *Int J Sports Phys Ther*. 2019;14(6):911-919. doi:10.26603/ijsp20190911
153. Gribble PA, Brigle J, Pietrosimone BG, Pfile KR, Webster KA. Intrarater reliability of the functional movement screen. *J Strength Cond Res*. 2013;27(4):978-981. doi:10.1519/JSC.0b013e31825c32a8
154. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, et al. Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Mil Med*. 2013;178(11):1264-1270. doi:10.7205/milmed-d-13-00222
155. Cowen VS. Functional fitness improvements after a worksite-based yoga initiative. *J Bodyw Mov Ther*. 2010;14(1):50-54. doi:10.1016/j.jbmt.2009.02.006
156. Frost DM, Beach TAC, Callaghan JP, McGill SM. Using the functional movement Screen™ to evaluate the effectiveness of training. *J Strength Cond Res*. 2012;26(6):1620-1630. doi:10.1519/JSC.0b013e318234ec59
157. Goss DL, Christopher GE, Faulk RT, Moore J. Functional training program bridges rehabilitation and return to duty. *J Spec Oper Med*. Published online 2009.
158. Saki F. Functional Movement Screen in Elite Boy Basketball Players: A Reliability Study. *Phys Treat - Specif Phys Ther*. 2017;6(4):211-216. doi:10.18869/nrip.ptj.6.4.211
159. Rowan CP, Kuropkat C, Gumieniak RJ, Gledhill N, Jamnik VK. Integration of the functional movement screen into the National Hockey League combine. *J Strength Cond Res*. 2015;29(5):1163-1171. doi:10.1519/JSC.0000000000000757

160. Gonzalez SL, Diaz AM, Plummer HA, Michener LA. Musculoskeletal screening to identify female collegiate rowers at risk for low back pain. *J Athl Train*. 2018;53(12):1173-1180. doi:10.4085/1062-6050-50-17
161. Blanár M, Broďáni J, Czaková M, Kováčová N. Dependence of the skating and running performance from the explosive strength of lower limbs and dynamic balance of ice hockey players. *Sport Sci*. 2020;14(1):89-95.
162. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(12):911-919. doi:10.2519/jospt.2006.2244
163. Parenteau-G E, Gaudreault N, Chambers S, et al. Functional movement screen test: A reliable screening test for young elite ice hockey players. *Phys Ther Sport*. 2014;15(3):169-175. doi:10.1016/j.ptsp.2013.10.001
164. Vescovi JD, Murray TM, Fiala KA, VanHeest JL. Off-ice performance and draft status of elite ice hockey players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(3):207-221. doi:10.1123/ijspp.1.3.207
165. Ebben WP, Carroll R, Simenz C. Strength and conditioning practices of national hockey league strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res*. 2004;8(4):889-897. doi:10.1519/14133.1
166. Behm DG, Wahl MJ, Button DC, Power KE, Anderson KG. Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *J Strength Cond Res*. 2005;19(2):326-331. doi:10.1519/R-14043.1
167. Krause DA, Smith AM, Holmes LC, et al. Relationship of off-ice and on-ice performance measures in high school male hockey players. *J Strength Cond Res*. 2012;26(5):1423-1430. doi:10.1519/JSC.0b013e318251072d
168. Kokinda M, Jesensky M, Kandrak R, Kicura D, Turek M, Chovanova E. Examination of age-related core stability and dynamic balance in hockey players. *Sport Mont*. 2018;16(2):21-26. doi:10.26773/smj.180604
169. Lesinski M, Prieske O, Granacher U. Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2016;50:781-795. doi:10.1136/bjsports-2015-095497
170. Baron J, Bieniec A, Swinarew AS, Gabryś T, Stanula A. Effect of 12-week functional training intervention on the speed of young footballers. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(1):160-180. doi:10.3390/ijerph17010160
171. Mikhail Shestakov, Evgeny Myakinchenko. Control and Management in Athletic Training of the Russian National Teams. *J Sport Sci*. 2018;6(2). doi:10.17265/2332-7839/2018.02.007
172. Sandrey MA, Mitzel JG. Improvement in dynamic balance and core endurance after a 6-week core-stability-training program in high school track and field athletes. *J Sport Rehabil*. 2013;22(4):264-271. doi:10.1123/jsr.22.4.264
173. Bagherian S, Ghasempoor K, Rahnama N, Wikstrom EA. The effect of core stability training on functional movement patterns in college athletes. *J Sport Rehabil*. 2019;28(5):444-449. doi:10.1123/jsr.2017-0107
174. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental

- movements as an assessment of function - part 1. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006;1(2):62-72.
175. Lockie R, Schultz A, Callaghan S, Jordan C, Luczo T, Jeffriess M. A preliminary investigation into the relationship between functional movement screen scores and athletic physical performance in female team sport athletes. *Biol Sport.* 2015;32(1):41-51. doi:10.5604/20831862.1127281
 176. Buckup K. *Testy Kliniczne.* Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1998.
 177. Apley AG. Test for the power of flexor digitorum sublimis. *Br Med J.* 1956;1(4957):25-26. doi:10.1136/bmj.1.4957.25
 178. Calis M, Akgun K, Birtane M, Karacan I, Calis H, Tuzun N. Diagnostic values of clinical diagnostic tests in subacromial impingement syndrom. *Ann Rheum Dis.* 2000;59(1):44-47.
 179. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther.* 2009;4(2):92-99.
 180. Myers H, Christopherson Z, Butler RJ. Relationship between the lower quarter Y-Balance test scores and isokinetic strenght testing in patients status post ACL reconstruction. *Int J Sports Phys Ther.* 2018;13(2):152-159. doi:10.26603/ijsp20180152
 181. Bullock GS, Arnold TW, Plisky PJ, Butler RJ. Basketball players' dynamic performance across competition levels. *J Strength Cond Res.* 2018;32(12):3528-3533. doi:10.1519/jsc.0000000000001372
 182. Benis R, Bonato M, La Torre A. Elite female basketball players' body-weight neuromuscular training and performance on the Y-balance test. *J Athl Train.* 2016;51(9):688-695. doi:10.4085/1062-6050-51.12.03
 183. Robinson R, Gribble P. Kinematic predictors of performance on the star excursion balance test. *J Sport Rehabil.* 2008;17(4):347-357. doi:10.1123/jsr.17.4.347
 184. Bennell K, Talbot R, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly D. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother.* 1998;44(3):175-180. doi:10.1016/S0004-9514(14)60377-9
 185. Struzik A, Konieczny G, Grzesik K, Stawarz M, Winiarski S, Rokita A. Relationship between lower limbs kinematic variables and effectiveness of sprint during maximum velocity phase. *Acta Bioeng Biomech.* 2015;17(4):131-138. doi:10.5277/ABB-00290-2015-02
 186. Henriksson T, Vescovi JD, Fjellman-Wiklund A, Gilenstam K. Laboratory- and field-based testing as predictors of skating performance in competitive-level female ice hockey. *Open Access J Sport Med.* 2016;7:81-88. doi:10.2147/oajsm.s109124
 187. Peate WF, Bates G, Lunda K, Francis S, Bellamy K. Core strength: A new model for injury prediction and prevention. *J Occup Med Toxicol.* 2007;2(1):1-9. doi:10.1186/1745-6673-2-3
 188. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):51-60. doi:10.1519/13643.1
 189. Cassemiro BM, Lemes ÍR, Figueiredo MPF de, Vanderlei FM, Pastre CM, Netto Júnior J. Effects of functional resistance training on muscle strength and musculoskeletal discomfort. *Fisioter*

em Mov. 2017;30(2):347-356. doi:10.1590/1980-5918.030.002.ao15

190. Doinn TÓ, Whyte E, O'Connor S, Downey M, McCaffrey N. Reliability of smartphone goniometric measurements of the modified Thomas test using biofeedback stabilisation—a preliminary report. *Mesentery and Peritoneum.* 2018;2:229-232. doi:10.21037/map.2018.ab229
191. Stovern O, Henning C, Porcari JP, et al. The effect of training with a Foam Roller on ankle and knee range of motion, hamstring flexibility, agility, and vertical jump height. *Int J Res Exerc Physiol.* 2019;15(1):39-49.
192. Hsu FY, Tsai KL, Lee CL, Chang WD, Chang NJ. Effects of dynamic stretching combined with static stretching, foam rolling, or vibration rolling as a warm-up exercise on athletic performance in elite table tennis players. *J Sport Rehabil.* 2021;30(2):198-205. doi:10.1123/JSR.2019-0442
193. Ranbhor AR, Prabhakar AJ, Eapen C. Immediate effect of foam roller on pain and ankle range of motion in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled trial. *Hong Kong Physiother J.* 2021;41(2):25-33. doi:10.1142/S1013702521500025
194. Regn LB. Effectiveness of Post Isometric Relaxation Versus. *Int J Physiother.* 2018;2(6):10 9 7-1 1 0 2.
195. Noto-Bell L, Vogel BN, Senn DE. Effects of post-isometric relaxation on ankle plantarflexion and timed flutter kick in pediatric competitive swimmers. *J Am Osteopath Assoc.* 2019;119(9):569-577. doi:10.7556/jaoa.2019.100
196. Cholewicki J, Greene HS, Polzhofer GK, Galloway MT, Shah RA, Radebold A. Neuromuscular function in athletes following recovery from a recent acute low back injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002;35:450–471. doi:10.2519/jospt.2002.32.11.568
197. Mcpartland J, Simons D. Travell Trigger Points—Molecular and Osteopathic Perspectives. *Heal (San Fr.* 2004;104(6):11-35.
198. Maziar A. Massage, compression techniques, stretching and other forms of therapy on myofascial muscle –literature review z Zakład Odnowy Biologicznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Kra. *Pol Przegląd Nauk o Zdrowiu 2.* 2013;2(35):136-142.
199. Sahrmann S. *Diagnosis & Treatment of Movement Impairment Syndromes.* Mosby, Inc.; 2002.
200. Bradley H, Esformes J. Breathing pattern disorders and functional movement. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):28-39.
201. Kang J, Seo D, Cho J, Lee B. Effectiveness of Breathing Exercises on Spinal Posture, Mobility and Stabilization in Patients with Lumbar Instability. *J Korean Soc Phys Med.* 2018;13(3):81-89. doi:10.13066/kspm.2018.13.3.81
202. Cuccia AM, Lotti M, Caradonna D. Oral breathing and head posture. *Angle Orthod.* 2008;78(1):77-82. doi:10.2319/011507-18.1
203. Lewit K. Relation of faulty respiration to posture, with clinical implications. *J Am Osteopath Assoc.* 1980;79(8):525-529. doi:10.7556/jaoa.1980.79.8.525
204. Press J, Kibler W Ben, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function The Role of Core Stability in Athletic Function. *J Beijing Sport Univ.* 2016;36(3):189-198.

doi:10.2165/00007256-200636030-00001

205. Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strenght and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(5):945-952. doi:10.1249/01.mss.0000218140.05074.fa
206. Zatsiorsky V, Kraemer W. *Practice and Science of Strength Training.* Human Kinetics; 2006.
207. Chmura J, Chmura P, Ciastoń J. Przygotowanie motoryczne piłkarzy do wysiłku startowego. *Sport Wyczyn.* 2008;(10-12):526-528.
208. Mikołajec; Wilk. Trening plajometryczny. In: Akademia wychowania fizycznego katowice, ed. *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych.* AWF Katowiec; 2016:309-320.
209. Trzaskoma Ł. *Kompleksowe Zwiększanie Siły Mięśniowej Sportowców.*; 2001.
210. Bobbert MF, Gerritsen KGM, Litjens MCA, Van Soest AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(11):1402-1412. doi:10.1097/00005768-199611000-00009
211. Houdijk H, De Koning JJ, De Groot G, Bobbert MF, Van Ingen Schenau GJ. Push-off mechanics in speed skating with conventional skates and klapskates. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(3):635-641. doi:10.1097/00005768-200003000-00013
212. Mikołajec K, Wilka M. Trening Plajometryczny. In: Zajac A, Chmura J, eds. *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych.* AWF Katowiec; 2016:309-319.
213. Voight ML, Thomson BC. The role of the scapula in the rehabilitation of shoulder injuries. *J Athl Train.* 2000;35(3):364-372.
214. Moezy A, Sephefar S, Dodaran MS. The effects of scapular stabilization based exercise therapy on pain, posture, flexibility and shoulder mobility in patients with shoulder impingement syndrome: A controlled randomized clinical trial. *Med J Islam Repub Iran.* 2014;28(1).
215. Bautista D, Durke D, Cotter JA, Escobar KA, Schick EE. A comparison of muscle activation among the front squat, overhead squat, back extension and plank. *Int J Exerc Sci.* 2020;13(1):714-722.
216. Sung YB, Lee JH, Park YH. Effects of thoracic mobilization and manipulation on function and mental state in chronic lower back pain. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(11):1711-1714. doi:10.1589/jpts.26.1711
217. Divya, Parveen A, Nuhmani S, Ejaz Hussain M, Hussain Khan M. Effect of lumbar stabilization exercises and thoracic mobilization with strengthening exercises on pain level, thoracic kyphosis, and functional disability in chronic low back pain. *J Complement Integr Med.* 2021;18(2):419-424. doi:10.1515/jcim-2019-0327
218. Feil C, Morgan WE. The importance of the thoracic spine in shoulder mechanics. *Dyn Chiropr.* 2010;28(10):5-20.
219. Myer GD, Kushner AM, Brent JL, et al. The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance. *Strength Cond J.* 2014;36(6):4-27. doi:10.1519/SSC.000000000000103
220. Macrum E, Bell DR, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of

- motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *J Sport Rehabil.* 2012;21(2):144-150. doi:10.1123/jsr.21.2.144
221. Chimera NJ, Knoeller S, Cooper R, Kothe N, Smith C, Warren M. Prediction of functional movement screen™ performance from lower extremity range of motion and core tests. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(2):173-181.
 222. Fry AC, Smith JC, Schilling BK. Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *J Strength Cond Res.* 2003;17(4):629-633. doi:10.1519/1533-4287200)017
 223. Escamilla RF, Fleisig GS, Lowry TM, Barrentine SW, Andrews JR. A three-dimensional biomechanical analysis of the squat during varying stance widths. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(6):984-998. doi:10.1097/00005768-200106000-00019
 224. Emery CA, Meeuwisse WH, Powell JW. Groin and abdominal strain injuries in the National Hockey League. *Clin J Sport Med.* 1999;9(3):151-156. doi:10.1097/00042752-199907000-00006
 225. Majcen Rosker Z, Kristjansson E, Vodincar M, Rosker J. Postural balance and oculomotor control are influenced by neck kinaesthetic functions in elite ice hockey players. *Gait Posture.* 2021;85(February):145-150. doi:10.1016/j.gaitpost.2021.01.024
 226. Yard EE, Comstock RD. Injuries sustained by pediatric ice hockey, lacrosse, and field hockey athletes presenting to United States Emergency Departments, 1990-2003. *J Athl Train.* 2006;41(4):441-449.
 227. Stull JD, Philippon MJ, Laprade RF. “at-Risk” Positioning and Hip Biomechanics of the Pee wee Ice Hockey Sprint Start. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):29-35. doi:10.1177/0363546511414012
 228. Chang R, Turcotte R, Pearsall D. Hip adductor muscle function in forward skating. *Sport Biomech.* 2009;8(3):212-222. doi:10.1080/14763140903229534
 229. Ponder J. Improving thoracic spine mobility. *Fire Rescue Mag.* 2015;33(3).
 230. Köklü Y, Alemdaroğlu U, Özkan A, Koz M, Ersöz G. The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. *Sci Sport.* 2015;30(1):1-5. doi:10.1016/j.scispo.2013.04.006
 231. Leander J. Functional Movement Screen and lower body mobility limitations in Ice Hockey. Published online 2016.
 232. Krzykała M, Leszczyński P, Grześkowiak M, et al. Does field hockey increase morphofunctional asymmetry? A pilot study. *Homo-Journal Comp Hum Biol.* 2018;69(1-2):43-49. doi:10.1016/j.jchb.2018.03.003
 233. Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, McHugh MP. The association of hip strength and flexibility with the incidence of adductor muscle strains in professional ice hockey players. *Am J Sports Med.* 2001;29(2):124-128. doi:10.1177/03635465010290020301
 234. Kuhn AW, Noonan BC, Kelly BT, Larson CM, Bedi A. The Hip in Ice Hockey: A Current Concepts Review. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2016;32(9):1928-1938. doi:10.1016/j.arthro.2016.04.029
 235. Dalton SL, Zupon AB, Gardner EC, Djoko A, Dompier TP, Kerr ZY. The Epidemiology of Hip/Groin Injuries in National Collegiate Athletic Association Men’s and Women’s Ice Hockey:

- 2009-2010 Through 2014-2015 Academic Years. *Orthop J Sport Med.* 2016;4(3).
doi:10.1177/2325967116632692
236. Sheppard M, Nicknair J, Goetschius J. Early sport specialization and subjective hip and groin dysfunction in collegiate ice hockey athletes. *J Athl Train.* 2020;55(3):232-237.
doi:10.4085/1062-6050-0375-19
237. Kawalek K, Garsztka T. An analysis of muscle balance in professional field hockey players. *Trends Sport Sci.* 2013;20(4):181-187.
238. Cook G. *Athletic Body in Balance: Optimal Movement Skills and Conditioning for Performance.*; 2004.
239. Comfort P, Kasim P. Optimizing squat technique. *Strength Cond J.* 2007;29(6):10-13.
doi:10.1519/00126548-200712000-00001
240. Czaprowski D, Biernat R, Kędra A. Squat - Rules of Performing and Most Common Mistakes. *PJST.* 2012;19(1):3-7. doi:10.2478/v10197-012-0001-6
241. Kendall F, McCreary E, Provance P. Muscles, Testing and Function. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(8):1070. doi:10.1249/00005768-199408000-00023
242. Kendall M, PG P, MM R, Romani W. *Muscles Testing and Function with the Posture and Pain.* Wolters Kluwer Health.; 2005.
243. Page P, Clare F, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach. *J Can Chiropr Assoc.* 2012;56(2):158-158.
244. Heidarian S. The Effects of Muscular Flexibility and Strength Imbalance on Lower Limb Injuries in Female Martial Arts Athletes. *Funct Disabil J.* 2018;01(02):37-46. doi:10.30699/fdisj.01.2.37
245. Mala L, Maly T, Cabell L, et al. Body composition and morphological limbs asymmetry in competitors in six martial arts. *Int J Morphol.* 2019;37(2):568-575. doi:10.4067/S0717-95022019000200568
246. Burdukiewicz A, Pietraszewska J, Andrzejewska J, Chromik K, Stachoń A. Asymmetry of musculature and hand grip strength in bodybuilders and martial artists. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13):1-11. doi:10.3390/ijerph17134695
247. Kaltenborn FM. *Manual Mobilization of the Joints.*; 2003.
248. Kang M, Kim G, Kwon O, Weon J, An DH. Relationship Between the Kinematics of the Trunk and Lower Extremity and Performance on the Y-Balance Test. *PM R.* 2015;7(11):1152-1158.
doi:10.1016/j.pmrj.2015.05.004
249. Norris B, Trudelle-Jackson E. Hip- and thigh-muscle activation during the star excursion balance test. *J Sport Rehabil.* Published online 2011. doi:10.1123/jsr.20.4.428
250. Sale DG. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20(5):135-145.
doi:10.1249/00005768-198810001-00009
251. Shojaedin SS, Letafatkar A, Hadadnezhad M, Dehkhoda MR. Relationship between functional movement screening score and history of injury and identifying the predictive value of the FMS for injury. *Int J Inj Contr Saf Promot.* 2014;21(4):355-360.
doi:10.1080/17457300.2013.833942

252. Bodden JG, Needham RA, Chockalingam N. The effect of an intervention program on functional movement screen test scores in mixed martial arts athletes. *J Strength Cond Res.* 2015;29(1):219-225. doi:10.1519/JSC.0b013e3182a480bf
253. Dinc E, Kilinc BE, Bulat M, Erten YT, Bayraktar B. Effects of special exercise programs on functional movement screen scores and injury prevention in preprofessional young football players. *J Exerc Rehabil.* 2017;13(5):535-540. doi:10.12965/jer.1735068.534
254. Stanek JM, Dodd DJ, Kelly AR, Wolfe AM, Swenson RA. Active duty firefighters can improve Functional Movement Screen (FMS) scores following an 8-week individualized client workout program. *WORK.* 2017;56(2):213-220. doi:10.3233/WOR-172493
255. Buxton JD, Prins PJ, Miller MG, et al. The Effects of a Novel Quadrupedal Movement Training Program on Functional Movement, Range of Motion, Muscular Strength, and Endurance. *J Strength Cond Res.* Published online 2020. doi:10.1519/jsc.0000000000003818
256. Cowen VS, Burkett L, Bredimus J, et al. A comparative study of Thai massage and Swedish massage relative to physiological and psychological measures. *J Bodyw Mov Ther.* 2006;10(4):266-275. doi:10.1016/j.jbmt.2005.08.006
257. Oliver JL, Lloyd RS, Meyers RW. Training elite child athletes: Promoting welfare and well-being. *Strength Cond J.* 2011;33(4):73-79. doi:10.1519/SSC.0b013e318216a9b6
258. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth, Maturation, and Physical Activity.*; 2004. doi:10.5040/9781492596837
259. Kolář P, Šulc J, Kynčl M, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(4):352-362. doi:10.2519/jospt.2012.3830
260. McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):353-359. doi:10.1016/S1050-6411(03)00043-9
261. Hruska R. Influences of dysfunctional respiratory mechanics on orofacial pain. *Dent Clin North Am.* 1997;41(2):211-227. doi:10.1016/s0011-8532(22)00081-7
262. Roussel NA, Nijs J, Truijen S, Smeuninx L, Stassijns G. Low Back Pain: Clinimetric Properties of the Trendelenburg Test, Active Straight Leg Raise Test, and Breathing Pattern During Active Straight Leg Raising. *J Manipulative Physiol Ther.* 2007;30(4):270-278. doi:10.1016/j.jmpt.2007.03.001
263. O'Sullivan PB, Beales DJ, Beetham JA, et al. Altered motor control strategies in subjects with sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(1):1-8. doi:10.1097/00007632-200201010-00015
264. Gandevia SC, Butler JE, Hodges PW, Taylor JL. Balancing acts: Respiratory sensations, motor control and human posture. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2002;29(1-2):118-121. doi:10.1046/j.1440-1681.2002.03611.x
265. Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol.* 2000;89(3):967-976. doi:10.1152/jappl.2000.89.3.967
266. Hodges PW, Sapsford R, Pengel LHM. Postural and respiratory functions of the pelvic floor

- muscles. *Neurorol Urodyn*. 2007;26(3):362-371. doi:10.1002/nau.20232
267. Kolář P, Neuwirth J, Šanda J, et al. Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. *Physiol Res*. 2009;58(3):383-392. doi:10.33549/physiolres.931376
 268. Nelson N. Diaphragmatic breathing: The foundation of core stability. *Strength Cond J*. 2012;34(6):75-76. doi:10.1519/SSC.0b013e31826ddc07
 269. Kolar P, Sulc J, Kyncl M, et al. Stabilizing function of the diaphragm: Dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. *J Appl Physiol*. 2010;109(4):1064-1071. doi:10.1152/jappphysiol.01216.2009
 270. Stephens RJ, Haas M, Moore WL, Emmil JR, Sipress JA, Williams A. Effects of Diaphragmatic Breathing Patterns on Balance: A Preliminary Clinical Trial. *J Manipulative Physiol Ther*. 2017;40(3):169-175. doi:10.1016/j.jmpt.2017.01.005
 271. Obayashi H, Urabe Y, Yamanaka Y, Okuma R. Effects of respiratory-muscle exercise on spinal curvature. *J Sport Rehabil*. 2012;21(2):63-68. doi:10.1123/jsr.21.1.63
 272. Hwangbo PN, Hwangbo G, Park J et al. The Effects of thoracic joint mobilization and self-stretching exercise on pulmonary functions of patients with chronic neck pain. *Physiother Sci*. 2014;26(11):783–1786.
 273. Heneghan NR, Webb K, Mahoney T, Rushton A. Thoracic spine mobility, an essential link in upper limb kinetic chains in athletes: A systematic review. *Transl Sport Med*. 2019;2(6):301-315. doi:10.1002/tsm2.109
 274. Edmondston S, Ferguson A, Ippersiel P, Ronningen L, Sodeland S, Barclay L. Clinical and radiological investigation of thoracic spine extension motion during bilateral arm elevation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012;42(10):861-869. doi:10.2519/jospt.2012.4164
 275. Kaczmarek P, Lubiowski P, Cisowski P, et al. Shoulder problems in overhead sports. Part I - biomechanics of throwing. *Polish Orthop Traumatol*. 2014;79:50-58.
 276. Fujii R, Sakaura H, Mukai Y, et al. Kinematics of the lumbar spine in trunk rotation: In vivo three-dimensional analysis using magnetic resonance imaging. *Eur Spine J*. 2007;16(11):1867-1874. doi:10.1007/s00586-007-0373-3
 277. Pinto RS, Gomes N, Radaelli R, Botton CE, Brown LE, Bottaro M. Effect of range of motion on muscle strength and thickness. *J Strength Cond Res*. 2012;26(8):2140-2145. doi:10.1519/JSC.0b013e31823a3b15
 278. César E. The relationship between flexibility levels and the predominant muscle fiber type. *Fit Perform J*. 2006;5(6):388-392. doi:10.3900/fpj.5.6.388.e
 279. Bloomquist K, Langberg H, Karlsen S, Madsgaard S, Boesen M, Raastad T. Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(8):2133-2142. doi:10.1007/s00421-013-2642-7
 280. Yun SJ, Kim MH, Weon JH, Kim Y, Jung SH, Kwon OY. Correlation between toe flexor strength and ankle dorsiflexion rom during the countermovement jump. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(8):2241-2244. doi:10.1589/jpts.28.2241
 281. Yıldız S. Relationship between functional movement screen and athletic performance in

- children tennis players. *Univers J Educ Res*. 2018;6(8):1647-1651. doi:10.13189/ujer.2018.060803
282. Yıldız S. Relationship Between Functional Movement Screen and Some Athletic Abilities in Karate Athletes. *J Educ Train Stud*. 2018;6(8):66-73. doi:10.11114/jets.v6i8.3352
283. Hunter GR, Katsoulis K, Mccarthy JP, et al. Tendon length and joint flexibility are related to running economy. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(8):1492-1499. doi:10.1249/MSS.0b013e318210464a
284. Mann B, Gruber AH, Murphy SP, Docherty CL. The Influence of Ankle Braces on Functional Performance Tests and Ankle Joint Range of Motion. *J Sport Rehabil*. 2019;28(8):817-823. doi:10.1123/jsr.2018-0315
285. Kim SH, Kwon OY, Park KN, Jeon IC, Weon JH. Lower extremity strength and the range of motion in relation to squat depth. *J Hum Kinet*. 2015;45(1):59-69. doi:10.1515/hukin-2015-0007
286. Behm DG, Bambury A, Cahill F, et al. Reaction Time, and Movement Time. *Med Sci Sport Exerc*. 2004;38(8):1397-1402.
287. Brooks T, Cressey E. Mobility training for the young athlete. *Strength Cond J*. 2013;35(3):27-33. doi:10.1519/SSC.0b013e3182823435
288. Sjolie AN. Low-back pain in adolescents is associated with poor hip mobility and high body mass index. *Scand J Med Sci Sport*. 2004;14(3):168-175. doi:10.1111/j.1600-0838.2003.00334.x
289. Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, Winchester JB. Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(10):1825-1831. doi:10.1249/mss.0b013e3181238a2b
290. Hewlett B. Relationship between Hip Range of Motion, Sprint, Kinematics and Kinetics and Track and Field Athletes. Published online 2013. aut.researchgateway.ac.nz/bitstream/handle/10292/7174/HewlettB.pdf
291. Butler RJ, Plisky PJ, Southers C, Scoma C, Kiesel KB. Biomechanical analysis of the different classifications of the functional movement screen deep squat test. *Sport Biomech*. 2010;9(4):270-279. doi:10.1080/14763141.2010.539623
292. De Koning J, Thomas R, Berger M, De Groot GJ van IS. The start in speed skating: from running to gliding. *Med Sci Sport Exerc*. 1995;27(12):1702-1708.
293. Hemmerich A, Brown H, Smith S, Marthndam SSK, Wyss UP. Hip, Knee, and Ankle Kinematics of High Range of Motion. *J Orthop Res*. 2006;11(4):1609-1612.
294. Oleksiak J, Sobianek A, Janiszewski M. The Effect of Corrective Exercises on the Range of Motion of the Hip Joints and the Result Obtained in the Deep Squat of FMS Test. *Cent Eur J Sport Sci Med*. 2019;26(2):31-40. doi:10.18276/cej.2019.2-03
295. Filipcic A, Filipcic T. The Functional Movement Screen's relation to young tennis players' injury severity. *RICYDE Rev Int ciencias del Deport*. 2020;16(59):1-11. doi:10.5232/ricyde2020.05901
296. O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskelet Disord*.

- 2009;37. doi:10.1186/1471-2474-10-37
297. Bradbury-Squires D, Noftall J, Sullivan K, Behm D, Power K, Button D. Roller-massager application to the quadriceps and knee-joint range of motion and neuromuscular efficiency during a lunge. *J Athl Train*. 2015;50(2):133-140. doi:10.4085/1062-6050-49.5.03
298. Macdonald G, Button D, Drinkwater E, Behm D. Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(1):131-142. doi:10.1249/MSS.0b013e3182a123db
299. Kim WJ, Seo TB, Lee JB. The effect of limitation of joint motion range due to ankle taping on the evaluation of functional motion of high school Judo athletes. *J Exerc Rehabil*. 2021;17(3):175-183. doi:10.12965/jer.2142218.109
300. Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle Strength and Flexibility Characteristics of People Displaying Excessive Medial Knee Displacement. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(7):1323-1328. doi:10.1016/j.apmr.2007.11.048
301. Fong CM, Blackburn T, Norcross M, McGrath M, Padua D. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *J Athl Train*. 2011;46(1):5-10. doi:10.4085/1062-6050-46.1.5
302. Ericson M, Kennedy A, Rosentreter K, Turnquist T, Braun S, Claire E. Effect of deep heating and foam rolling vs. static stretching of the gastrocnemius and soleus complex in improving active ankle dorsiflexion range of motion. *Undergrad Res*. 2014;10(1):64-78.
303. Fuglsang I, Telling A, Sørensen H. Effect of ankle mobility and segment ratios on trunk lean in the barbell back squat. *J Strength Cond Res*. 2017;31(11):3024-3033. doi:10.1519/JSC.0000000000001872
304. Do K, Kim J, Yim J. Acute effect of self-myofascial release using a foam roller on the plantar fascia on hamstring and lumbar spine superficial back line flexibility. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2018;7(1):35-40. doi:10.14474/ptrs.2018.7.1.35
305. Škarabot J, Beardsley C, Štirn I. Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *Int J Sports Phys Ther*. Published online 2015.
306. Engkananuwat P, Kanlayanaphotporn R, Purepong N. Effectiveness of the Simultaneous Stretching of the Achilles Tendon and Plantar Fascia in Individuals With Plantar Fasciitis. *Foot Ankle Int*. 2018;39(1):75-82. doi:10.1177/1071100717732762
307. Junker D, Stöggl T. The training effects of foam rolling on core strength endurance, balance, muscle performance and range of motion: A randomized controlled trial. *J Sport Sci Med*. 2019;18(2):229-238.
308. Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, Bourton AJ, Jeffries C, Scott H. The immediate effect of bilateral self myofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: A pilot randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;19(3):544-552. doi:10.1016/j.jbmt.2014.12.004
309. Monteiro E, Škarabot J, Vigotsky A, Brown A, Gomes T, Novaes J. Acute effects of different self-massage volumes on the FMS™ overhead squat performance. *Int J Sports Phys Ther*. 2017;12(1):94-104.
310. Nakagawa T, Petersen R. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle

- endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Phys Ther Sport*. 2018;34:174-179. doi:10.1016/j.ptsp.2018.10.006
311. Hoch M, Staton G, McKeon P. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport*. 2011;14(1):90-92. doi:10.1016/j.jsams.2010.08.001
 312. Teyhen DS, Shaffer SW, Lorenson CL, et al. Clinical measures associated with dynamic balance and functional movement. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1272-1283. doi:10.1519/JSC.0000000000000272
 313. Heleno LR, da Silva RA, Shigaki L, et al. Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players – A blind randomized clinical trial. *Phys Ther Sport*. 2016;22:74-80. doi:10.1016/j.ptsp.2016.05.004
 314. Harrison L, Lepley L, Stevens S, Coons J, Fuller D, Caputo J. The Relationship Between Functional Movement and Static and Dynamic Balance Ability. *Athl Train Sport Heal Care*. 2021;13(6):375-382. doi:10.3928/19425864-20210401-04
 315. Hodges P, Richardson C. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132-144. doi:10.1093/ptj/77.2.132
 316. Hodges P, Richardson C. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord*. 1998;11(1):46-56. doi:10.1097/00002517-199802000-00008
 317. Hodges P, Moseley GL, Gabrielsson A, Gandevia S. Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res*. 2003;151(2):262-271. doi:10.1007/s00221-003-1457-x
 318. Filipa A, Byrnes R, Paterno M V., Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(9):551-558. doi:10.2519/jospt.2010.3325
 319. McLeod V, Tamara C, Armstrong T, Miller M, Sauers JL. Balance improvements in female high school basketball players after a 6-week neuromuscular-training program. *J Sport Rehabil*. 2009;18(4):465-481. doi:10.1123/jsr.18.4.465
 320. Taube W, Gruber M, Gollhofer A. Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiol*. 2008;193(2):101-216. doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01850.x
 321. Lloyd DG. Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001;31(11):645-654. doi:10.2519/jospt.2001.31.11.645
 322. Kachanathu S, Tyagi P, Anand P, Hameed U, Algarni A. Effect of Core Stabilization Training on Dynamic Balance in Professional Soccer Players. *Phys Medizin, Rehabil Kurortmedizin*. Published online 2014. doi:10.1055/s-0034-1382060
 323. Hammami R, Granacher U, Makhlof I, Behm DG, Chaouachi A. Sequencing Effects of Balance and Plyometric Training on Physical Performance in Youth Soccer Athletes. *J Strength Cond Res*. 2016;30(12):3278-3289. doi:10.1519/JSC.0000000000001425
 324. Zech A, Klahn P, Hoeft J, Zu Eulenburg C, Steib S. Time course and dimensions of postural control changes following neuromuscular training in youth field hockey athletes. *Eur J Appl*

Physiol. 2014;114(2):395-403. doi:10.1007/s00421-013-2786-5

325. Vitale JA, La Torre A, Banfi G, Bonato M. Effects of an 8-week body-weight neuromuscular training on dynamic balance and vertical jump performances in elite junior skiing athletes: A randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2018;32(4):911-920. doi:10.1519/jsc.0000000000002478
326. Myer G, Ford K, McLean S, Hewett T. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):445-455. doi:10.1177/0363546505281241
327. O'Malley E, Murphy J, Persson U, Gissane C, Blake C. The effects of the gaelic athletic association 15 training program on neuromuscular outcomes in gaelic football and hurling players: A randomized cluster trial. *J Strength Cond Res.* 2017;31(8):2119-2130. doi:10.1519/JSC.0000000000001564
328. Trecroci A, Cavaggioni L, Caccia R, Alberti G. Jump rope training: Balance and motor coordination in preadolescent soccer players. *J Sport Sci Med.* 2015;14(4):792-798.
329. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IMC. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):316-325. doi:10.5435/00124635-200509000-00005
330. Shirey M, Hurlbutt M, Johansen N, King GW, Wilkinson SG, Hoover DL. The influence of core musculature engagement on hip and knee kinematics in women during a single leg squat. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(1):1-12.
331. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):373-380. doi:10.1519/JSC.0b013e31822600e5
332. Bouteraa I, Negra Y, Shephard RJ, Chelly MS. Effects of Combined Balance and Plyometric Training on Athletic Performance in Female Basketball Players. *J strength Cond Res.* 2020;34(7):1967-1973. doi:10.1519/JSC.0000000000002546
333. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):47-57.
334. Barber-Westin SD, Hermeto AA, Noyes FR. A six-week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(9):2372-2382. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e8a47f
335. Hopper A, Haff EE, Barley OR, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular training improves movement competency and physical performance measures in 11-13-year-old female netball athletes. *J Strength Cond Res.* 2017;31(5):1165-1176. doi:10.1519/JSC.0000000000001794
336. Kahle N, Gribble P. Core Stability Training in Dynamic Balance Testing Among Young, Healthy Adults. *Athl Train Sport Heal Care.* 2009;1(2):65-73. doi:10.3928/19425864-20090301-03
337. Hilfiker R, Hübner K, Lorenz T, Marti B. Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2):550-555. doi:10.1519/R-20215.1
338. Gebel A, Lesinski M, Behm DG, Granacher U. Effects and Dose-Response Relationship of Balance Training on Balance Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Sport Med. 2018;48:2067–2089. doi:10.1007/s40279-018-0926-0

339. Rumpf M, Cronin J, Pinder S, Oliver J, Hughes M. Effect of different training methods on running sprint times in male youth. *Pediatr Exerc Sci.* 2012;24(2):170-186. doi:10.1123/pes.24.2.170
340. Makhlouf I, Chaouachi A, Chaouachi M, Othman A Ben, Granacher U, Behm DG. Combination of agility and plyometric training provides similar training benefits as combined balance and plyometric training in young soccer players. *Front Physiol.* 2018;9(NOV):1-17. doi:10.3389/fphys.2018.01611
341. Novák D, Lipinska P, Rocznik R, Spieszny M, Stastny P. Off-ice agility provide motor transfer to on-ice skating performance and agility in adolescent ice hockey players. *J Sport Sci Med.* 2019;18(4):680-694.
342. Čech P. Effect of Short Term Balance Training on Postural Stability in Ice Hockey Players. *Auc Kineanthropologica.* 2015;50(2):13-20. doi:10.14712/23366052.2015.12
343. Haugen T, Hopkins W, Breitschädel F, Paulsen G, Solberg P. Fitness Tests and Match Performance in a Male Ice Hockey National League. *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(9):1303-1310. doi:10.1123/IJSPP.2020-0644
344. Renaud PJ, Robbins SMK, Dixon PC, Shell JR, Turcotte RA, Pearsall DJ. Ice hockey skate starts: a comparison of high and low calibre skaters. *Sport Eng.* 2017;20(4):255-266. doi:10.1007/s12283-017-0227-0
345. Buckeridge E, LeVangie MC, Stetter B, Nigg SR, Nigg BM. An on-ice measurement approach to analyse the biomechanics of ice hockey skating. *PLoS One.* 2015;10(5):1-16. doi:10.1371/journal.pone.0127324
346. Budarick AR, Shell JR, Robbins SMK, Wu T, Renaud PJ, Pearsall DJ. Ice hockey skating sprints: run to glide mechanics of high calibre male and female athletes. *Sport Biomech.* 2020;19(5):601-617. doi:10.1080/14763141.2018.1503323
347. Laakso LA, Schuster JG. Dynamic Correspondence of the Hang Power Clean to Skating Starts in Men's Ice Hockey. *Strength Cond J.* 2021;43(4):1-8. doi:10.1519/ssc.0000000000000618
348. Bracko MR. Enhancing performance in ice-hockey. In: *Advances in Strength and Conditioning Research.* ; 2009.
349. Burr J, Jamnik V, Dogra S, Gledhill N. Evaluation of jump protocols to assess leg power and predict hockey playing potential. *J Strength Cond Res.* 2007;21(4):1139-1145. doi:10.1519/R-21496.1
350. Farlinger C, Kruisselbrink L, Fowles J. Relationships to skating performance in competitive hockey players. *J Strength Cond Res.* 2007;21(3):915-922. doi:10.1519/R-19155.1
351. Mascaro T, Seaver BL, Swanson L. Prediction of skating speed with off-ice testing in professional hockey players. In: *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* ; 1992. doi:10.2519/jospt.1992.15.2.92
352. Runner A, Lehnhard R, Butterfield S, Tu S, O'Neill T. Predictors of Speed Using Off-Ice Measures of College Hockey Players. *J Strength Cond Res.* 2016;30(6):1626-1632. doi:10.1519/JSC.0000000000000911

353. Dæhlin TE, Haugen OC, Haugerud S, Hollan I, Raastad T, Rønnestad BR. Improvement of ice hockey players' on-ice sprint with combined plyometric and strength training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(7):893-900. doi:10.1123/ijsp.2016-0262
354. Nightingale SC. A strength and conditioning approach for ice hockey. *Strength Cond J*. 2014;36(6):28-36. doi:10.1519/SSC.000000000000107
355. Lafontaine D. Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts. *Sport Biomech*. 2007;Sep;6(3):391-406. doi:doi:10.1080/14763140701491427.
356. Comfort P, Bullock N, Pearson SJ. A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. *J Strength Cond Res*. 2012;26(4):937-940. doi:10.1519/JSC.0b013e31822e5889
357. Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*. 2004;38(3):285-288. doi:10.1136/bjism.2002.002071
358. López-Segovia M, Marques MC, Van Den Tillaar R, González-Badillo JJ. Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in U21 soccer players. *J Hum Kinet*. 2011;30(1):135-144. doi:10.2478/v10078-011-0081-2
359. Chelly MS, Fathloun M, Cherif N, Amar M Ben, Tabka Z, Van Praagh E. Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009;23(8):2241-2249. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b86c40
360. Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. Increases in Lower-Body Strength Transfer Positively to Sprint Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sport Med*. 2014;44:1693-1702. doi:10.1007/s40279-014-0227-1
361. Requena B, García I, Requena F, De Villarreal ESS, Cronin JB. Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *J Strength Cond Res*. 2011;25(8):2193-2204. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e86132
362. Peterson M, Alvar B, Rhea M. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J Strength Cond Res*. 2006;20(4):867-873. doi:10.1519/R-18695.1
363. Soleyn N. Analyzing the Squat. *Start strength*. Published online 2013:1-8.
364. Smith D, Roberts D. Aerobic, anaerobic and isokinetic measures of elite canadian male and female speed skaters. *J Strength Cond Res*. 1991;5(3):110-115. doi:10.1519/00124278-199108000-00001
365. Robertson DGE, Wilson JMJ, St. Pierre TA. Lower extremity muscle functions during full squats. *J Appl Biomech*. 2008;24(4):333-339. doi:10.1123/jab.24.4.333
366. Ebben W, Leigh D, Jensen R. The role of the back squat as a hamstring training stimulus. *Strength Cond J*. 2000;22(5):15-25. doi:10.1519/1533-4295(2000)022
367. Goudreault R. Forward skating in ice hockey: comparison of EMG activation patterns of at three velocities using a skating treadmill. 2002;(2):77.
368. Edman S, Esping T. Squats as a predictor of on-ice performance in ice hockey. *Biomed - Athl*

Train. Published online 2013.

369. Schoenfeld B. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *J Strength Cond Res*. 2010;24(12):3497-3506. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bac2d7
370. Seitz L, Trajano G, Haff G. The back squat and the power clean: Elicitation of different degrees of potentiation. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(4):643-649. doi:10.1123/IJSP.2013-0358
371. Lucero R, Fry A, LeRoux C, Hermes M. Relationships between barbell squat strength and weightlifting performance. *Int J Sport Sci Coach*. 2019;14(4):562-568. doi:10.1177/1747954119837688
372. Stone M, Sands W, Pierce K, Carlock J, Cardinale M, Newton R. Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(6):1037-1043. doi:10.1249/01.mss.0000171621.45134.10
373. Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of Direction Speed: Toward a Strength Training Approach with Accentuated Eccentric Muscle Actions. *Sport Med*. 2018;48(8):1773-1779. doi:10.1007/s40279-018-0907-3
374. Hartmann H, Wirth K, Klusemann M, Dalic J, Matuschek C, Schmidtbleicher D. Influence of squatting depth on jumping performance. *J Strength Cond Res*. 2012;26(12):3243-3261. doi:10.1519/JSC.0b013e31824ede62
375. Brahim S, Waqqash E, Chan M. Acute effect of dynamic stretching versus combined static dynamic stretching on speed performance among male Sukma Sarawak 2016 sprinters. *J Sains Sukan dan Pendidik Jasman*. 2020;9(1):1-8.
376. Zmijewski P, Lipinska P, Czajkowska A, Mróz A, Kapuściński P, Mazurek K. Acute Effects of a Static vs. a Dynamic Stretching Warm-up on Repeated-Sprint Performance in Female Handball Players. *J Hum Kinet*. 2020;72(1):161-172. doi:10.2478/hukin-2019-0043
377. Alipasali F, Papadopoulou SD, Gissis I, et al. The effect of static and dynamic stretching exercises on sprint ability of recreational male volleyball players. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(16):1-10. doi:10.3390/ijerph16162835
378. Trojanowska I. Stretching dynamiczny a wzorce ruchowe kończyn górnych i zakres ruchów zespołu stawów obręczy barkowej u osób trenujących kickboxing. Published online 2021.
379. Spiteri T, Cochrane J, Hart N, Haff G, Nimphius S. Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *Eur J Sport Sci*. 2013;13(6):646-652. doi:10.1080/17461391.2013.774053
380. Mccaw S, Biomechanics M, Mccaw S. A kinematic comparison of novice , intermediate , and elite ice skaters. 2016;(1):637-643.
381. Robbins SM, Renaud PJ, Pearsall DJ. Principal component analysis identifies differences in ice hockey skating stride between high- and low-calibre players. *Sport Biomech*. 2021;20(2):131-149. doi:10.1080/14763141.2018.1524510
382. Neptune RR, Sasaki K. Ankle plantar flexor force production is an important determinant of the preferred walk-to-run transition speed. *J Exp Biol*. 2005;208(5):799-808. doi:10.1242/jeb.01435

383. Woodward J, Parker A, Macdonald R. Signs and Symptoms of Hernia Sport. *Int J Sport Phys*. 2012;7(1):85-100.
384. Wilcox CRJ, Osgood CT, White HSF, Vince R V. Investigating strength and range of motion of the hip complex in ice hockey athletes. *J Sport Rehabil*. 2015;24(3):300-306. doi:10.1123/jsr.2014-0175
385. Švantner R, Brunn D, Líška D, Sýkora J, Pupiš M. The effect of eccentric hamstring strength on the change of direction speed of professional ice hockey players. *J Hum Sport Exerc*. 2021;16(Proc2):353-360. doi:10.14198/jhse.2021.16.Proc2.19
386. Casper S, Pang E, Christy D. The Effects of Thoracolumbar Manipulation on Gluteus Maximus Force Production. <https://www.logan.edu/mm/files/LRC/Senior-Research/2012-Apr-05.pdf>.
387. Jeon I, Jang J. Comparison of prone hip extension exercise and prone hip extension exercise after iliopsoas stretching on lumbopelvic control and gluteus maximus activity in subjects with short iliopsoas. *J KEMA*. 2017;1(1):19-25. doi:10.29273/jkema.2017.1.1.19
388. Contreras B, Cronin J, Schoenfeld B. Barbell hip thrust. *Strength Cond J*. 2011;33(5):58-61. doi:10.1519/SSC.0b013e31822fa09d
389. De Lacey J, Brughelli ME, McGuigan MR, Hansen KT. Strength, speed and power characteristics of elite rugby league players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(8):2372-2375. doi:10.1519/JSC.0000000000000397
390. Beardsley C, Contreras B. The increasing role of the hip extensor musculature with heavier compound lower-body movements and more explosive sport actions. *Strength Cond J*. 2014;36(2):49-55. doi:10.1519/SSC.0000000000000047
391. Contreras B, Cronin J, Schoenfeld B, Nates R, Sonmez G. Are all hip extension exercises created equal? *Strength Cond J*. 2013;35(2):17-22. doi:10.1519/SSC.0b013e318289fffd
392. Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, et al. Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res*. 2017;31(4):999-1008. doi:10.1519/JSC.0000000000001510
393. Buchheit M, Samozino P, Glynn JA, et al. Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *J Sports Sci*. 2014;32(20):1906-1913. doi:10.1080/02640414.2014.965191
394. Morin JB, Edouard P, Samozino P. Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(9):1680-1688. doi:10.1249/mss.0b013e318216ea37
395. Randell AD, Cronin JB, Keogh JWL, Gill ND. Transference of strength and power adaptation to sports performance-horizontal and vertical force production. *Strength Cond J*. 2010;32(4):100-106. doi:10.1519/SSC.0b013e3181e91eec
396. Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, Cronin J. A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyographic activity in the back squat and barbell hip thrust exercises. *J Appl Biomech*. 2015;31(6):452-458. doi:10.1123/jab.2014-0301
397. Brughelli M, Cronin J, Chaouachi A. Effects of running velocity on running kinetics and kinematics. *J Strength Cond Res*. 2011;25(4):933-939. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c64308

398. Andersen V, Fimland MS, Mo DA, et al. Electromyographic comparison of barbell deadlift, hex bar deadlift, and hip thrust exercises: A cross-over study. *J Strength Cond Res.* 2018;32(3):587-593. doi:10.1519/jsc.0000000000001826
399. Nygaard Falch H, Guldteig Rædergård H, van den Tillaar R. Effect of Different Physical Training Forms on Change of Direction Ability: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sport Med - Open.* 2019;53(5):2-37. doi:10.1186/s40798-019-0223-y
400. Helgerud J, Engen L, Wisløff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(11):1925-1931. doi:10.1097/00005768-200111000-00019
401. Potach, David Chu D. Program Design and Technique for Speed and Agility Training. *Essentials Strength Train Cond.* 2016;63(3):213-216.
402. Šimonek J, Horička P, Hianik J. The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *J Hum Sport Exerc.* 2017;12(1):73-82. doi:10.14198/jhse.2017.121.06
403. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Mechanical determinants of faster change of direction speed performance in male athletes. *J Strength Cond Res.* 2017;31(2):696-705. doi:10.1519/JSC.0000000000001535
404. Keller S, Koob A, Corak D, von Schöning V, Born DP. How to improve change-of-direction speed in junior team sport athletes-horizontal, vertical, maximal, or explosive strength training? *J strength Cond Res.* 2020;34(2):473-482. doi:10.1519/JSC.0000000000002814
405. Wilson JM, Flanagan EP. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: A brief review. *J Strength Cond Res.* 2008;22(5):1705-1715. doi:10.1519/JSC.0b013e31817ae4a7
406. Behm DG, Young JD, Whitten JH, et al. Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* 2017;30(8):423-430. doi:10.3389/fphys.2017.00423
407. Inaba Y, Yoshioka S, Iida Y, Hay DC, Fukashiro S. A Biomechanical study of side steps at different distances. *J Appl Biomech.* 2013;29(3):336-345. doi:10.1123/jab.29.3.336
408. Montgomery DL, Nobes K, Pearsall DJ, Turcotte RA. Task analysis (hitting, shooting, passing, and skating) of professional hockey players. *ASTM Spec Tech Publ.* 2004;1446:288-295. doi:10.1520/stp11626s
409. Brocherie F, Girard O, Millet GP. Updated analysis of changes in locomotor activities across periods in an international ice hockey game. *Biol Sport.* 2018;35(3):261-267. doi:10.5114/biol sport.2018.77826
410. Hojka V, Stastny P, Rehak T, et al. A systematic review of the main factors that determine agility in sport using structural equation modeling. *J Hum Kinet.* 2016;52:115-123. doi:10.1515/hukin-2015-0199
411. Gonzalo-Skok O, Tous-Fajardo J, Suarez-Arrones L, Arjol-Serrano JL, Casajús JA, Mendez-Villanueva A. Single-leg power output and between-limbs imbalances in team-sport players: Unilateral versus bilateral combined resistance training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(1):106-114. doi:10.1123/ijsp.2015-0743

412. Eliassen W, Saeterbakken AH, Van den Tillaar R. Comparison of bilateral and unilateral squat exercises on barbell kinematics and muscle activation. *Int J Sports Phys Ther*. 2018;13(5):871-881. doi:10.26603/ijsp20180871
413. Núñez FJ, Santalla A, Carrasquilla I, Asian JA, Reina JI, Suarez-Arrones LJ. The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One*. 2018;13(3):1-13. doi:10.1371/journal.pone.0193841
414. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sport Med*. 2011;41(3):221-232. doi:10.2165/11538560-000000000-00000
415. Lockie GR, Schultz BA, Callaghan JS, Jeffriess DM. The effects of traditional and enforced stopping speed and agility training on multidirectional speed and athletic function. *J Strength Cond Res*. 2014;28(6):1538-1551.
416. Jukić I, Milanović D, Šimek S. The effects of proprioceptive training on jumping and agility performance. *Kinesiology*. 2007;39(2):131-141.
417. Kean CO, Behm DG, Young WB. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *J Sport Sci Med*. 2006;5(1):138-148.
418. Lephart S, Smoliga J, Myers J, Sell T, Tsai Y. An eight-week golf specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics and golf performance in recreational golfers. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):860-869. doi:10.1519/00124278-200708000-00036
419. Gupta S, Baron J, Bieniec A, Swinarew A, Stanula A. Relationship between vertical jump tests and ice-skating performance in junior Polish ice hockey players. *Biol Sport*. Published online 2023:225-232. doi:10.5114/biolSport.2023.112972
420. Farlinger CM, Fowles JR. The effect of sequence of skating-specific training on skating performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3(2):185-198. doi:10.1123/ijsp.3.2.185
421. Lockie RG, Callaghan SJ, Jordan CA, et al. Certain actions from the Functional Movement Screen do not provide an indication of dynamic stability. *J Hum Kinet*. 2015;47(1):19-29. doi:10.1515/hukin-2015-0058
422. Allen C, Jonathan Anning U, Doug Berninger D, et al. The need for speed- improving sprinting performance in football players. *NSCA Coach Spec Football Issue*. 2018;5(4):14-24.
423. Gruber M, Gollhofer A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92(1):98-105. doi:10.1007/s00421-004-1080-y
424. Alexander RMN. Tendon elasticity and muscle function. *Comp Biochem Physiol - A Mol Integr Physiol*. 2002;133(4):1001-1011. doi:10.1016/S1095-6433(02)00143-5
425. Malisoux L, Francaux M, Nielens H, Theisen D. Stretch-shortening cycle exercises: An effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *J Appl Physiol*. 2006;100(3):771-779. doi:10.1152/jappphysiol.01027.2005
426. Toumi H, Best TM, Martin A, Poumarat G. Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(9):1580-1588. doi:10.1249/01.MSS.0000139896.73157.21

427. Lee C, Lee S, Yoo J. The effect of a complex training program on skating abilities in ice hockey players. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(4):533-537. doi:10.1589/jpts.26.533
428. Asadi A, Saez De Villarreal E, Arazi H. The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players. *J Strength Cond Res*. 2015;29(7):1870-1875. doi:10.1519/JSC.0000000000000832
429. Aura O, Komi V. Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise. *Int J Sports Med*. 1986;7(3):137-143. doi:10.1055/s-2008-1025751
430. Aura O, Komi P. Effects of muscle fiber distribution on the mechanical efficiency of human locomotion. *Int J Sport Med*. 1987;8(1):30-37. doi:10.1055/s-2008-1025701
431. Lieber RL, Fridén J. Functional and Clinical Significance. *Muscle Nerve*. 2000;23(11):1647-1666.
432. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sport Med*. 2010;40(10):859-895. doi:10.2165/11318370-000000000-00000

Streszczenie

Wstęp: Specyfika każdej dyscypliny wymaga przyjmowania określonych pozycji i trwania w nich, pracy określonych grup mięśniowych o różnej intensywności, co ma wpływ na kształtowanie się postawy ciała sportowców. Uczestnictwo młodych zawodników w sporcie wyczynowym sprzyja powstawaniu zmian przeciążeniowych już w okresie dojrzewania. Może to powodować zaburzenia pewnej stabilności osiowej generując złe nawyki i kompensacje w ciele, doprowadzając do pojawienia się patologicznego modelu ograniczeń funkcjonalnych. Hokej na lodzie jest szybką i dynamiczną grą zespołową o wysokim ryzyku kontuzji. Podczas jazdy występują szybkie zwroty, przyspieszenia, gwałtowne hamowania i walka ciałem, generując wtedy duże siły obciążające układ mięśniowo-szkieletowy.

Treningi dla dzieci i młodzieży powinny być wszechstronne i ukierunkowane na kształtowanie podstawowych wzorców ruchowych oraz umiejętności ergonomicznego wysiłku. Wdrożenie odpowiedniej periodyzacji treningowej, uwzględniając indywidualizację wśród zawodników jest trudnym zadaniem dla trenerów i nauczycieli, ale sprzyja optymalnemu rozwojowi młodego organizmu. Uzupełnienie treningów sportowych o treningi funkcjonalne, przygotowania motorycznego, prowadzone przez wyspecjalizowanych fizjoterapeutów i trenerów to metoda stosunkowo nowa w grach zespołowych w Polsce. Boyle opisuje trening funkcjonalny jako grupę ćwiczeń o konkretnych celach korekcyjnych, które uczą sportowców jak kontrolować własne ciało we wszystkich płaszczyznach ruchu i przygotować ich do właściwego funkcjonowania w warunkach meczowych, ograniczając ryzyko urazu. Trening funkcjonalny ma na celu kształtować prawidłowe wzorce ruchowe będące fundamentem motoryki człowieka, pozwalając na optymalne wykorzystanie ich w kształtowaniu umiejętnościach motoryki specjalnej wymaganej w konkretnej dyscyplinie sportu. Do oceny stanu funkcjonalnego zawodnika stosuje się testy, które polegają na wykonywaniu ćwiczeń wymagających połączenia mobilności, stabilności, koordynacji ruchowej i siły. Pozwala to na zidentyfikowanie ewentualnych ograniczeń funkcjonalnych i asymetrii. Znajdując podczas testowania najsłabsze ogniwo określa się wstępnie kierunek i kolejność pracy z zawodnikami.

Systematyczny i prawidłowo przeprowadzony trening funkcjonalny umożliwi wykształcenie optymalnej stabilizacji posturalnej, dając w efekcie bazę do optymalnego działania całego aparatu ruchu. Wydaje się więc odpowiednie wprowadzenie jednostki treningowej

nastawionej na poprawę jakości ruchu i regenerację funkcjonalną w tak dynamicznej dyscyplinie sportu, jaką jest hokej na lodzie. Trening funkcjonalny ma już coraz szersze zastosowanie w różnych dyscyplinach sportowych. W literaturze naukowej spotyka się też prace, w których sprawdzone są realny efekty przeprowadzanego treningu funkcjonalnego w różnych dyscyplinach sportowych, w tym w grach zespołowych i jego wpływ na wybrane elementy sprawności specjalnej.

Cel pracy: Celem pracy jest ocena efektów wprowadzonego treningu funkcjonalnego na wyniki testów FMS i Y-Balance oraz na wybrane elementy sprawności specjalnej na lodzie. Na podstawie wstępnych wyników testu FMS i Y- Balance wdrożono 12-tygodniowy trening funkcjonalny mający na celu poprawę ewentualnych ograniczeń ruchowych. Z uwagi na niewielką ilość badań przedstawiających wpływ treningów poza lodem na sprawność specjalną na lodzie, analiza wyników tych badań i wniosków może stanowić uzupełnienie niszy badawczej i zoptymalizować programy szkolenia motorycznego w hokeju na lodzie w Polsce.

Uczestnicy badań: Badaniami objęto 43 hokeistów w wieku 15-17 lat uczących się i trenujących w I i II klasie w hokejowej szkole Mistrzostwa Sportowego Polskiego Związku Hokeja na Lodzie w Katowicach. Badania zostały przeprowadzone dwukrotnie, tj. przed rozpoczęciem i po zakończeniu programu treningu funkcjonalnego, który trwał 12 tygodni. Zawodnicy zostali losowo podzieleni na dwie grupy: Eksperymentalną (E), która uczestniczyła w programie treningu funkcjonalnego i Kontrolną (K).

Metody: Narzędziem badawczym do określenia masy oraz składu ciała była waga Tanita BC418 MA. Wysokość ciała została zmierzona antropometrem. Do oceny funkcjonalnej użyto testu FMS (functional movement screen) i testu równowagi dynamicznej Y-Balance.

Do przeprowadzenia testów sprawności specjalnej na lodzie został wykorzystany system pomiarowy Smart Speed (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia).

Przeprowadzono 4 testy z bazy testów IIHF (International Ice Hockey Federation) oceniających wybrane elementy sprawności specjalnej na lodzie.

Wyniki: Wyniki wstępne wskazały na występowanie zauważalnych ograniczeń ruchowych i asymetrii u hokeistów, które widoczne były w większości testów FMS. Najmniej punktów badani otrzymali w 4 testach: stabilność rotacyjna tułowia, przejście nad płotkiem, wyrok w linii, przysiad głęboki.

W przypadku wyników testu FMS, porównanie I i II pomiaru w grupie eksperymentalnej wskazało na siedem istotnych statystycznie różnic. Po zastosowaniu treningu funkcjonalnego istotnie poprawił się wyniki głębokiego przysiadu, przejścia nad płotkiem, wykroku w linii, ruchomości obręczy barkowej, stabilności rotacyjnej, sumy punktów oraz liczby asymetrii.

Analiza wyników testu Y-Balance w grupie eksperymentalnej wskazała na istotną statystycznie poprawę wyników w II pomiarze względem I w następujących zmiennych: różnica w cm między zasięgami w kierunku tylnobocznym prawym i lewym, wynik całościowy Composite YBT prawy i lewy, znormalizowany wynik % (wzgl. dł. kd) dla kier. przedniego prawego i lewego, tylnobocznego oraz tylnoprzódkowego prawego.

W drugim pomiarze istotnie poprawiły się też czasy przejazdu przodem na dystansie 15m i 30 m oraz zwinności w grupie eksperymentalnej.

W grupie kontrolnej istotnie pogorszyły wyniki drugiego pomiaru względem pierwszego dla zmiennych : test przejścia nad płotkiem, liczba asymetrii w teście FMS; wynik całościowy Composite YBT prawy i lewy, znormalizowany wynik % (wzgl. dł. KD) dla kier. tylnobocznego i tylnoprzódkowego prawego. Istotnie pogorszył się też czas przejazdu na dystansie 5 m tyłem .

Wnioski: Zastosowany trening funkcjonalny wpłynął na istotną poprawę oceny testów funkcjonalnych oraz przełożył się na poprawę elementów sprawności specjalnej na lodzie. Badanie te stanowią uzupełnienie niszy badawczej, mogą też być pomocnym sprawdzonym systemem innowacji aktualnych programów stosowanych w młodzieżowych klubach hokejowych.

Słowa kluczowe: hokej na lodzie, FMS, Y-balance, trening funkcjonalny, sprawność specjalna

Summary

Introduction: The specificity of each discipline requires the adoption of certain positions and duration in them, the work of specific muscle groups of varying intensity, which has an impact on the shaping of the body posture of athletes. The participation of young players in competitive sports favors the development of overload changes already in adolescence. This can disturb a certain axial stability, generating bad habits and compensations in the body, leading to the appearance of a pathological model of functional limitations. Ice hockey is a fast and dynamic team game with a high risk of injury. While skating there are quick turns, accelerations, sharp braking and body fights so it generates large forces overloading the musculoskeletal system. Trainings for children and adolescents should be comprehensive and focused on shaping the correct body posture and basic movement patterns as well as the skills of ergonomic effort. The implementation of appropriate training periodization, taking into account the individualization among players, is a difficult task for coaches but it is conducive to the optimal development of a young athlete. Supplementing sports training with functional training, motor preparation conducted by specialized physiotherapists and SC coaches is a relatively new method in team sports in Poland. Boyle describes functional training as a group of exercises with specific correction goals that teach athletes how to control their own bodies in all levels of movement and prepare them for proper functioning in match conditions, reducing the risk of injury. Functional training aims to shape the correct movement patterns that are the foundation of human motor skills, allowing for optimal use of them in shaping the special motor skills required in a specific sport discipline. To assess the functional state of a competitor, specific tests are used, which consist in performing exercises that require a combination of mobility, stability, motor coordination and strength. This allows possible functional limitations and asymmetries to be identified. By finding the weakest link during testing, the direction and sequence of work with players is initially determined. Systematic and properly conducted functional training enables the development of optimal postural stabilization, resulting in the basis for the optimal operation of the entire motor apparatus. Therefore, it seems appropriate to introduce a training unit focused on improving the quality of movement and functional regeneration in such a dynamic sport as ice hockey. Functional training is becoming more and more widely used in various sports. In the scientific literature, there are also works in which the real

effects of functional training in various sports disciplines, including team games, and its impact on selected elements of special skills in a given discipline are tested.

Aim of the study: The aim of the study is to evaluate the effects of the introduced functional training on the results of FMS and Y-Balance tests and on selected special skills on ice like speed and agility. Based on the preliminary results of the FMS and Y-Balance tests, a 12-week functional training was implemented to improve movement limitations. Due to the small amount of research showing the impact of non-ice training on special performance on ice, the analysis of the results of these studies and conclusions may complement the research niche and optimize ice hockey coaching programs in Poland.

Methods: The research involved 43 hockey players aged 15-17, studying and training in the 1st and 2nd grade at the Polish Ice Hockey Federation Sports school in Katowice. The tests were carried out twice: before and after the end of 12 weeks of functional training program. Players were randomly divided into two groups: Experimental (E), which participated in the functional training program, and Control (K). The Tanita BC418 MA scale was the research tool to determine body weight and body composition. Body height was measured with an anthropometer. For functional assessment, the FMS (functional movement screen) test and the Y-Balance dynamic balance test were used. The Smart Speed measurement system (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia) was used to carry out the tests on ice. Four tests were carried out from the IIHF (International Ice Hockey Federation) test database to assess selected elements of special fitness skills on ice (Speed forward, backward and agility).

Results: The preliminary results indicated the presence of noticeable movement limitations and asymmetry in hockey players, which were visible in most of the FMS tests. Players received the lowest points in 4 tests: rotational stability, hurdle step, in line lunge, deep squat. The FMS test results after 12-week of functional training in the experimental group showed seven statistically significant differences. After functional training, the results of deep squat, hurdle step, in line lunge, mobility of the shoulder, rotational stability, sum of points and the number of asymmetries improved significantly. The analysis of the Y-Balance test results in the experimental group showed a statistically significant improvement in the results in the following variables: difference in cm between the right and left posterolateral

ranges, the right and left Composite YBT, normalized % result for right and left anterior and right posterolateral and posteromedial . The 15m and 30m distance forward speed and agility in the experimental group also improved significantly. In the control group, the results of the second measurement in relation to the first one for the following variables significantly worsened: the hurdle step test, the number of asymmetries in the FMS test; right and left YBT Composite score, normalized % score for posterolateral and posteromedial right. The 5 m backward speed test also deteriorated significantly.

Conclusions: The applied functional training significantly improved the evaluation of functional tests and translated into the improvement of the elements of special on ice skills. This research complements the research niche, and may also be a helpful proven system for innovating current youth hockey club programs.

Keywords: ice hockey, FMS, Y-balance, functional training, Speed, agility

Spis rysunków i fotografii

Rys. 1 Piramida zdolności motorycznych zawodnika

Rys. 2 Zestaw testów funkcjonalnych FMS (treningfunkcjonalny.com.pl)

Rys. 3 Przysiad głęboki (deep squat) Ocena od górry za 3,2,1 punkty
(<https://fitnessandhealthpromotion.ca/exercise>)

Rys. 4 Przeniesieni nogi nad płotkiem.(Hurdle step) Skala punktacji 3,2,1
(<https://fitnessandhealthpromotion.ca/exercise>)

Rys. 5 Wykrok w linii (In-Line-Lunge) punktacja w sakli 3,2,1,

Rys. 6 Ruchomość obręczy barkowej (Shoulder Mobility) , punktacja wykonania testu 1-3 i test prowokacyjny (<https://fitnessandhealthpromotion.ca/exercise>)

Rys. 7 Aktywne uniesienie wyprostowanej nogi (active Straight Leg Raise) oraz od góry przyznawana punktacja za 3,2,1

Rys.8a Pompka w podporze (Trunk Stability Push Up) wraz z punktowanymi w skali 1-3 ustawieniami pozycji wyjściowych(źródło: <https://fitnessandhealthpromotion.ca/exercise>)

Rys. 8b Test prowokacyjny do testu Pompka w podporze. Aktywny przeprost odcinka lędźwiowego kręgosłupa w leżeniu przodem. Ocena 0/1

Rys. 9a Stabilność rotacyjna, (Rotational Stability) ocena za 3 pkt

Rys. 9b Stabilność rotacyjna Ocena B-2pkt, A-1 pkt.

Rys. 9c prowokacyjny test do testu stabilności rotacyjnej

Rys. 10. protokół oceny FMS (functionalmovementsystem)

Rys. 11 Przyrzqd do przeprowadzenia testu Y-Balance (www.functionalmovement.com)

Rys. 11a, 11b, 11c Kierunki testowania w teście Y-Balance (www.functionalmovement.com)

Rys. 12 Protokół oceny Test Y-Balance (www.functionalmovement.com)

Rys. 13 Test ścienny Degi

Rys. 14 Test Thomasa

Rys. 15a Test 1. Szybka jazda przodem

Rys. 15b Test 2. Szybka jazda tyłem

Rys. 15c Test 3. Test zwinności Jazda przód – tył

Rys. 15d Test 4. Szybka jazda po wirażu Fastest Lap

Fot.1 *Test Patricka*

Fot. 2 *Test zgięcia grzbietowego stawu skokowego*

Fot. 3 *System fotokomórek SmartSpeed (www.fusionsport.com/smartspeed-timing-gates-system)*

Fot. 4 *Rozluźnianie mięśniowo powięziowe przy pomocy rollera piankowego i piłeczki*

Fot. 5 *Przykładowe ćwiczenia oddechowe*

Fot. 6a *Mobilizacje kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej na podstawie programu Graya Cooka, ćwiczeń hatha jogi, technik manualnych stosowanych w fizjoterapii*

Fot. 6b *Mobilizacje kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej, ciąg dalszy*

Fot. 6c *Mobilizacje kręgosłupa piersiowego i obręczy barkowej*

Fot. 7 *Mobilizacje w kierunku, rozluźnienia torebki stawowej, retrakcji barków, aktywacji stożka rotatorów*

Fot. 8 *Mobilizacje odcinka kręgosłupa lędźwiowego i grupy mięśni kulszowo-goleniowych*

Fot. 9a *Mobilizacje stawu biodrowego z gumą oporową*

Fot. 9b *Mobilizacje stawu biodrowego*

Fot. 9c *Mobilizacje stawu biodrowego*

Fot. 10 *Mobilizacje stawie stawu skokowego*

Fot. 11 *Ćwiczenia stabilizacji statycznej i dynamicznej. Aktywacja mięśni głębokich*

Fot. 12a *Ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie. Ćwiczenia skierowane na akcent ruchu stawów kończyn górnych. Wzorce: rotacji (Lifting, chopping)*

Fot. 12b *Ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie. Ćwiczenia skierowane na akcent ruchu stawów kończyn górnych. Wzorce: rotacji . Integracja wzorców*

Fot. 12c *Ćwiczenia aktywujące mięśnie głębokie. Ćwiczenia skierowane na akcent ruchu stawów kończyn górnych. Wzorce: przyciągania (akcent na ruch górnej części ciała)*

Fot. 12d Ćwiczenia stabilizacji z akcentem na ruchy stawów kończyn dolnych

Fot. 13 Ćwiczenia wzmacniające grupę kulszowo-goleniową. Wzorzec zawias w biodrze (hip hinge)

Fot. 14a Ćwiczenia równoważne

Fot. 14b Ćwiczenia równoważne(sprinter Press)

Fot. 15a Wybrane ćwiczenia lekkoatletyczne (stretching dynamiczny, skipy, ćwiczenia techniki biegu przy ścianie „Wall drills”)

Fot. 15b Wybrane ćwiczenia lekkoatletyczne (stretching dynamiczny, skipy, półskipy , wieloskoki)

Fot. 15c Wybrane ćwiczenia lekkoatletyczne (skipy, skoki boczne, ćwiczenia pod dynamiczną zmianę kierunku

Fot. 16 Ćwiczenia plyometryczne

Ryc. 1 Wyniki wstępne testu FMS dla wszystkich badanych

Spis tabel

Tabela 1 *Skrócony program treningowy*

Tabela 2 *Wiek oraz podstawowe parametry somatyczne badanych i ich porównanie w grupie kontrolnej (K) i eksperymentalnej (E)*

Tabela 3 *Wyniki testów sprawności specjalnej na lodzie uzyskane w pierwszym i drugim pomiarze w grupie eksperymentalnej*

Tabela 4 *Wyniki testów sprawności specjalnej na lodzie uzyskane w pierwszym i drugim pomiarze w grupie kontrolnej*

Tabela 5 *Różnice pomiędzy wynikami z I i II pomiaru (Δ) testów sprawności specjalnej na lodzie w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K)*

Tabela 6 *Wyniki testów FMS uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie eksperymentalnej*

Tabela 7 *Wyniki testów FMS uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie kontrolnej*

Tabela 8 *Różnice pomiędzy wynikami z I i II pomiaru (Δ) w testach FMS w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K)*

Tabela 9 *Wyniki testów Y-balance uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie eksperymentalnej*

Tabela 10 *Wyniki testów Y-balance uzyskane w pierwszym (I) i drugim (II) pomiarze w grupie kontrolnej*

Tabela 11 *Różnice pomiędzy wynikami z I i II pomiaru (Δ) w teście Y-Balance w grupie eksperymentalnej (E) i kontrolnej (K)*

Tabela 12 *Korelacje wyników FMS z wynikami testów sprawności specjalnej uzyskane w II pomiarze u wszystkich badanych (n=43)*

Tabela 13 *Korelacje różnic (Δ) pomiędzy pomiarami FMS i testami sprawności specjalnej na lodzie u wszystkich badanych (n=43)*

Tabela 14 *Korelacje wyników końcowych Composite z wynikami testów sprawności specjalnej uzyskane w II pomiarze*

Tabela 15. Korelacje różnic (Δ) pomiędzy pomiarami Composite Y-balance i sprawności specjalnej na lodzie

