

**AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
IM. BRONISŁAWA CZECHA
W KRAKOWIE**



Jakub Spieszny

**OBJĘTOŚĆ, INTENSYWNOŚĆ ORAZ ZŁOŻONOŚĆ
KOORDYNACYJNA ĆWICZEŃ STOSOWANYCH
W TRENINGU PIŁKI RĘCZNEJ JAKO CZYNNIKI
WPŁYWAJĄCE NA SKUTECZNOŚĆ GRY**

Praca doktorska

**Promotor:
prof. dr hab. Vladimir Lyakh**

KRAKÓW 2023

SPIS TREŚCI

WSTĘP	3
1. PRZEGLĄD LITERATURY PRZEDMIOTU ORAZ UZASADNIENIE WYBORU PROBLEMATYKI BADAWCZEJ	4
1.1. Charakterystyka wysiłku meczowego oraz znaczenie przygotowania sprawnościowego w piłce ręcznej	4
1.2. Znaczenie koordynacyjnych zdolności motorycznych i ich wpływ na przygotowanie techniczno-taktyczne piłkarzy ręcznych	9
1.3. Obciążenia treningowe w grach zespołowych	18
2. CEL PRACY ORAZ PYTANIA BADAWCZE	27
3. MATERIAŁ I METODY	28
3.1. Charakterystyka badanych grup oraz organizacja badań	28
3.2. Zakres badań	29
3.3. Metody statystycznego opracowania materiału	30
4. WYNIKI	32
4.1. Porównanie czasu wykonania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej	32
4.2. Porównanie intensywności ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej	37
4.2.1. Zróznicowanie intensywności ćwiczeń w treningu poszczególnych drużyn	38
4.2.2. Intensywność ćwiczeń a poziom sportowy zawodników	41
4.2.3. Intensywność ćwiczeń a specjalizacja w grze	45
4.3. Porównanie obciążeń ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej	49
4.3.1. Zróznicowanie obciążeń ćwiczeń w treningu poszczególnych drużyn	50
4.3.2. Obciążenie ćwiczeń a poziom sportowy zawodników	54
5. DYSKUSJA	59
WNIOSKI	68
PIŚMIENNICTWO	69
ANEKS	88
SPIS RYCIN	90
SPIS TABEL	91
STRESZCZENIE	93
SUMMARY	96

WSTĘP

Piłka ręczna jest dynamicznie rozwijającą się dyscypliną sportową. Wprowadzane na przestrzeni lat zmiany w przepisach gry wpłynęły na zwiększenie efektywnego czasu gry, średniej liczby bramek zdobywanych w meczu, liczby akcji w ataku i obronie. Dla przykładu wprowadzenie „szybkiego wznowienia” całkowicie zmieniło taktykę gry, ponieważ drużyna atakująca już w trakcie rzutu na bramkę jednego z zawodników musi organizować obronę. Bowiem czas potrzebny najlepszym na świecie drużynom do rozpoczęcia gry po straconej bramce to około 3,8 sekundy (Jarząbek 2016).

Również popularyzacja piłki ręcznej, coraz lepsze wykształcenie kadr trenerskich, dostępność nowych środków kontroli i nowych metod planowania treningu sportowego oddziałuje na podniesienie poziomu sportowego oraz coraz lepsze przygotowanie motoryczne, techniczne i taktyczne zawodników. Wymienione czynniki wpłynęły na zwiększenie dynamiki gry i utrzymania jej aż do końca meczu, wzrostu akcji w obronie i ataku do średnio 60 w meczu, wzrostu liczby akcji szybkich do 30%, znaczącego skrócenia czasu rozgrywania akcji w ataku (Jarząbek 2016). Spowodowało to zmiany w taktyce gry: rozgrywanie ataku szybkiego nie tylko w pierwsze i drugie, ale również w trzecie tempo oraz zaniechanie fazy przygotowawczej w ataku pozycyjnym. Częściej wykorzystywane są aktywne rodzaje obron, wymagające od obrońców antycypacji, lepszej współpracy, większej mobilności i umiejętności gry indywidualnej. Obrony takie zmuszają atakujących do gry na ograniczonej przestrzeni i umiejętności szybkiego dostosowania się do działań przeciwnika. Wyższy poziom sprawności fizycznej oraz lepsze indywidualne wykształcenie techniczno-taktyczne wpływają na ewolucję niekonwencjonalnych rzutów i zwodów.

Wymienione wyżej trendy rozwojowe piłki ręcznej sprawiają, że konieczna jest analiza wymagań meczowych i odpowiednie dostosowanie do nich procesu treningowego. Znaczący jest też problem wyboru kryteriów, poprzez które można określać i systematyzować obciążenia treningowe w zespołowych grach sportowych, w tym w piłce ręcznej.

1. PRZEGLĄD LITERATURY PRZEDMIOTU ORAZ UZASADNIENIE WYBORU PROBLEMATYKI BADAWCZEJ

1.1. Charakterystyka wysiłku meczowego oraz znaczenie przygotowania sprawnościowego w piłce ręcznej

Piłka ręczna siedmioosobowa jest zespołową grą sportową rozgrywaną na Igrzyskach Olimpijskich nieprzerwanie od 1972 roku. Według danych International Handball Federation (IHF)¹, na całym świecie dyscyplinę tę uprawia około 19 milionów osób. Reprezentują oni około 795 000 drużyn, które są zrzeszone w 209 federacjach krajowych. Natomiast światową federację piłki ręcznej – International Handball Federation (IHF), współtworzy 5 federacji kontynentalnych.

Ewolucja przepisów gry w piłkę ręczną (np.: możliwość wznowienia gry po straconej bramce bez konieczności czekania na powrót przeciwników na swoją połowę boiska; wprowadzenie limitu, najpierw sześciu, a następnie czterech podań po sygnalizacji gry pasywnej wprowadzenie koła do wznowienia gry po stracie bramki, co umożliwia też wznowienie gry w biegu bez konieczności zatrzymania się) oraz podniesienie poziomu sportowego, znacząco wpłynęły na parametry takie jak efektywny czas gry oraz liczba i czas trwania akcji (Bompa i wsp 2013). Dystans jaki pokonują zawodnicy podczas meczu to średnio $4,44 \pm 0,70$ km (Póvoas i wsp. 2014). Wpływ na jego zróżnicowanie ma specjalizacja boiskowa. Z badań Póvoas'a i wsp. (2014) wynika, że szczypiorniści występujący na pozycji rozgrywającego przebiegają największy dystans w trakcie meczu, który wynosi $4,96 \text{ km} \pm 0,64 \text{ km}$, zawodnicy skrzydłowi pokonują dystans $4,23 \text{ km} \pm 0,52 \text{ km}$, natomiast zawodnicy obrotowi $3,91 \text{ km} \pm 0,51 \text{ km}$. Powyższa analiza dowodzi, że odległość przebyta w pierwszej ($1838 \text{ m} \pm 235 \text{ m}$) i drugiej połowie meczu ($1789 \text{ m} \pm 232 \text{ m}$) nie różni się znacząco. Jednak dystans przebyty sprintem w drugiej połowie zmniejsza się o 16,2% względem pierwszych 30 minut spotkania (Michalsik i wsp. 2013). Niezwykle istotnym faktem jest wspomniana różnica dystansu pokonywanego sprintem pomiędzy pierwszą i drugą częścią spotkania, ponieważ jak dowodzą Mohr i wsp. (2003) wyższy poziom sportowy zawodników wpływa na większy dystans pokonywany sprintem. Dlatego uzasadniona wydaje się być teza, że spadek intensywności pomiędzy pierwszą a drugą częścią meczu świadczy

¹ <https://www.ihf.info/marketing-homepage> – oficjalna strona IHF (data dostępu: 15.05.2023)

o wciąż niewystarczającym poziomie przygotowania motorycznego, czego rezultatem jest brak możliwości utrzymania wysokiego tempa gry w drugiej połowie zawodów.

Karcher i Buchheit (2014) podają, że podczas gry zawodnicy pokonują od 53 ± 7 do 90 ± 9 metrów w ciągu jednej minuty meczu. Warto zaznaczyć, że w około 80% całkowitego czasu spotkania piłkarze ręczni wykonują ruchy, które polegają na staniu ($43 \pm 9,27\%$) lub chodzeniu ($35 \pm 6,94\%$), podczas gdy sprinty ($0,4 \pm 0,31\%$) stanowią jedynie niewielki odsetek ich aktywności (Póvoas i wsp. 2012). Przy czym w trakcie meczu wykonują oni około 30–40 krótkich przyspieszeń i zatrzymań na dystansie do 3 metrów. Ponadto wykonują podobną liczbę szybkich zmian kierunku poruszania się, a rzadziej dłuższe sprinty na odcinkach 10- i 30-metrowych. W rezultacie, jedynie 1–3% ogólnego czasu trwania meczu można przypisać sprintom i biegowi na krótkie dystansie (Michalsik i wsp. 2011a, 2011b). Podobne rezultaty uzyskano w badaniach 18-letnich piłkarzy ręcznych, którzy w trakcie analizowanych spotkań przemieszczali się z dużą intensywnością na dystansie $170 \text{ m} \pm 24 \text{ m}$, osiągając maksymalną prędkość na odcinku $86 \text{ m} \pm 12 \text{ m}$ (Chelly i wsp. 2011).

W trakcie rywalizacji sportowej, gracze są poddawani znaczącym wysiłkom wytrzymałościowym, w których źródłem energii są procesy tlenowe oraz beztlenowe (Jastrzębski 2004, Ostojic i wsp. 2006, Tessitore i wsp. 2006, Rampinini i wsp. 2007, Di Salvo i wsp. 2009, Buchheit i wsp. 2013, Stevens i wsp. 2016). Dlatego z punktu widzenia fizjologii wysiłku pozwala to zaklasyfikować piłkę ręczną jako dyscyplinę sportową, w której przeważają wysiłki charakteryzujące się mieszanym wykorzystaniem metabolizmu aerobowego i anaerobowego (Halicka-Ambroziak 1982, Czerwiński 1996, Jastrzębski 2004). Wysoki poziom wytrzymałości tlenowej umożliwia sportowcom rozwinięcie sporej intensywności w trakcie zawodów oraz jej utrzymanie przez dłuższy okres. Ponadto sportowcy, którzy charakteryzują się wysokim poziomem wytrzymałości tlenowej, cechują się lepszą tolerancją na narastające zmęczenie oraz szybszą regeneracją organizmu w trakcie rywalizacji i po jej zakończeniu (Jaskólski i Jaskólska 2005, Chmura i wsp. 2008). Warto zaznaczyć, że energia beztlenowa stanowi kluczowy czynnik wpływający na krótkotrwałe i eksplozywne aktywności fizyczne, a w trakcie meczów piłki ręcznej zawodnicy wielokrotnie są zmuszeni do generowania znacznej siły w bardzo ograniczonym czasie.

W większości zespołowych gier sportowych wytrzymałość przejawia się zdolnością do wykonywania powtarzalnych, maksymalnych wysiłków o charakterze krótkotrwałym, których intensywność wynosi od 60% do 80–90% maksymalnych

możliwości wysiłkowych, przy jednoczesnym zachowaniu skuteczności działań i wysokiej odporności na zmęczenie (Chmura i wsp. 2015). Poziom wytrzymałości jest uwarunkowany wieloma czynnikami, z wydolnością fizyczną jako fundamentem określającym potencjał organizmu. Sam poziom wytrzymałości zależy od umiejętności technicznych oraz cech wolicjonalnych, takich jak motywacja, siła woli, tolerancja na zmęczenie i pozytywne podejście do wysiłku (Chmura 2016). Różne gry zespołowe stawiają zróżnicowane wymagania dotyczące zdolności wytrzymałościowych. Niemniej jednak osiągnięcie wysokiego poziomu tej zdolności jest możliwe dzięki efektywnej współpracy układów krążenia i oddechowego (Wisloff i wsp. 1998, Jastrzębski 2012).

Aby osiągnąć sukces w wielu zespołowych grach sportowych, w tym w piłce ręcznej, niezbędna jest zdolność do rozwijania maksymalnej siły, mocy i szybkości (Michnik i wsp. 2012, Silva i wsp. 2015, Loturco i wsp. 2015, 2017). W trakcie meczu, zwłaszcza podczas wykonywania różnorodnych działań, takich jak przyspieszenia, zatrzymania, zmiany kierunku ruchu i skoki, moc i siła mięśni odgrywają kluczową rolę (Hoff i Helgerud 2004, Thorlund i wsp. 2009, Šimonek i wsp. 2017, Popowczak i wsp. 2019, Krzysztofik i wsp. 2023). Warto zaznaczyć, że czas odgrywa kluczową rolę w rozwijaniu mocy. Szczególnie w ruchach trwających krócej niż 250 milisekund. Natomiast w przypadku ruchów trwających dłużej, większe znaczenie ma siła maksymalna (Gołaś i Zajac 2016).

Gra w piłkę ręczną wymaga od zawodników szybkiego podejmowania decyzji dotyczących wykonywania zadań techniczno-taktycznych. Wraz z rozwojem tej dyscypliny zmieniły się wymagania dotyczące jakości i ilości działań, co jeszcze bardziej podkreśla znaczenie zdolności podejmowania właściwych decyzji w trakcie gry. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia, zwłaszcza w kontekście ataku, ponieważ efektywność działań drużyny zależy od poprawnych decyzji podejmowanych przez jej członków. Jednakże jest to zadanie trudne, ponieważ zmianie uległy również metody działania obrońców. Obserwuje się również znaczną aktywizację działań obronnych. W taktyce związanej z grą w defensywie przeważają działania mające na celu zdobycie piłki w jak najkrótszym czasie. Sposoby zdobycia piłki zostały precyzyjnie zdefiniowane i obejmują wiele taktycznych zasad i założeń związanych z ich realizacją. Niektóre z tych zasad koncentrują się na destrukcji, podczas gdy inne, wręcz przeciwnie, zachęcają do ciągłej gry przeciwnika bez jego faulowania. Oczywiście pod warunkiem wywarcia konkretnej presji, mającej na celu zmuszenie zespołu atakującego do gry pasywnej lub wywołanie jego błędu.

Wzrosła liczba działań specjalistycznych, takich jak podania, rzuty, gra w zwarcie i zwody (Chelly i wsp. 2011). Wysoki poziom przygotowania motorycznego oraz umiejętności technicznych zawodników kształtuje charakter rywalizacji w obecnej piłce ręcznej. Dominują krótkie akcje trwające od 10 do 20 sekund. W trakcie zawodów często występują powtarzalne, intensywne wysiłki o różnym czasie trwania, co sprawia, że około 30–35% czasu gry przypada na obszar wysiłku beztlenowego. Techniki używane w grze, takie jak podania, rzuty, rozpoczęcie akcji, zmiany kierunku biegu, oraz odpowiednie działania techniczno-taktyczne, na przykład wyjście do piłki czy indywidualne działania obronne, często wymagają od zawodnika błyskawicznego rozwinięcia znacznej mocy w krótkim okresie czasu. Efektywne wykorzystanie techniki w kontekście rywalizacji sportowej niewątpliwie zależy od poziomu mocy anaerobowej zawodnika (Norkowski 2002, Thorlund i wsp. 2008, Czerwiński 2014, Prieto i wsp. 2015).

Obecnie obserwuje się rosnące zainteresowanie treningiem zdolności szybkościowych w piłce ręcznej (Di Salvo i wsp. 2009, Medeiros i wsp. 2014, Michalsik i wsp. 2015b, Popowczak i wsp. 2019). Zdolności szybkościowe są determinowane przez predyspozycje energetyczne, ale także informacyjne. Wykazują one silne powiązanie między potencjałem energetycznym a jakością neurosensorycznych procesów regulacyjnych. Można więc je zaliczyć do zdolności kompleksowych (hybrydowych) razem ze zwinnością oraz gibkością (Raczek 2010).

Szybkość jest przejawem motorycznym polegającym na wykonaniu ruchów całego ciała lub jego części w jak najkrótszym czasie (Cojocar i Cojocar 2019). Są to wysiłki wykonywane z maksymalną intensywnością przy stosunkowo niewielkim oporze zewnętrznym, który nie powoduje obniżenia prędkości ruchu (Zatoń i Jarzębska 2010, Zatoń i wsp. 2011, Jastrzębski i Wudniak 2013). Zdolności szybkościowe opierają się na współpracy między współczulnym i pozawspółczulnym układem nerwowym oraz strukturami mięśni, charakterystyką układów enzymatycznych i stopniem wyspecjalizowanego treningu ruchowego. Zdolność ta składa się z trzech względnie niezależnych komponentów: czasu reakcji (szybkość reagowania), czasu ruchu prostego (szybkość ruchu) i częstotliwości ruchu.

Zdolności szybkościowe, zgodnie z badaniami Raczka i wsp. (2003) oraz Talaghir i wsp. (2019), wykazują największe uwarunkowania genetyczne w porównaniu do innych zdolności motorycznych. Szybkość jest silnie zdeterminowana przez talent oraz predyspozycje do podejmowania intensywnych wysiłków o krótkim czasie trwania

i maksymalnej intensywności. Wykazano, że nawet dłużej, intensywny program treningowy nie jest w stanie wyrównać deficytu szybkości u niektórych zawodników. Jak podkreśla Chmura (2016), na poziom szybkości lokomocyjnej wpływają zarówno czynniki wewnętrzne, jak i zewnętrzne. Kluczowe czynniki to: wysoka zawartość szybkokurczliwych włókien mięśniowych typu FT, szybkość skracania mięśni, siła mięśniowa, elastyczność mięśni i ścięgien, moc, aktywność enzymów, zdolność procesów energetycznych, koordynacja ruchowa, koncentracja podczas wykonywania ćwiczeń oraz technika wykonywanego ruchu.

W grach sportowych w tym w piłce ręcznej szybkość jest jedną z kluczowych zdolności motorycznych, która wpływa na ostateczny wynik rozgrywanego meczu (Cunningham i wsp. 2013, Chmura 2016). Co więcej, gry zespołowe charakteryzują się różnokierunkową szybkością. Gracze wykonują bowiem różnorodne ruchy podczas meczu, poruszając się w przód, w tył, na boki, wykonując obroty, gwałtowne zatrzymania i przyspieszenia, a także dynamiczne skoki podczas rzutów (Popowczak i wsp. 2016, Kozina i wsp. 2018). Ponadto specyfika poszczególnych dyscyplin sportowych, taka jak rozmiary boiska, rodzaj nawierzchni czy czas gry, wymaga indywidualnego przygotowania motorycznego pod kątem zdolności szybkościowych zawodników biorących udział w różnych grach zespołowych, w tym w piłce ręcznej (Chmura 2016). Prędkość pierwszych kroków („szybkość wyjścia”) oraz zdolność do szybkiego zwiększania prędkości (przyspieszenie) odgrywają kluczową rolę w osiągnięciu pozytywnego wyniku (Dellal i wsp. 2010, Duk i wsp. 2011, Cazan i wsp. 2013, Papadakis i wsp. 2017). López-Segovia i wsp. (2011), Faude i wsp. (2012) oraz Popowczak i wsp. (2019) podkreślają również znaczenie fazy przyspieszania dla zawodników uczestniczących w grach zespołowych. Szybkość lokomocyjna w największym stopniu zależy od szybkości reakcji oraz siły i mocy głównych grup mięśniowych (Marques i wsp. 2011, Sekulic i wsp. 2013, Pereira i wsp. 2018).

Podczas rywalizacji, gracze osiągają zróżnicowane poziomy intensywności wysiłku. Obejmuje to zarówno krótkotrwałe, maksymalne lub bliskie maksymalnym wysiłki, takie jak sprinty, starty do piłek i wyskoki, jak i te o umiarkowanej lub niskiej intensywności, takie jak trucht lub okresy odpoczynku w marszu (Chmura 2006).

Do oceny intensywności gry najczęstsze zastosowanie ma pomiar częstości skurczów serca (Nikolaidis 2014). W trakcie meczów różnych zespołowych gier sportowych w tym piłki ręcznej, intensywność wysiłku mieści się w zakresie 80–90% HRmax (Matthew i Delextrat 2009, Póvoas i wsp. 2012, Randers i wsp. 2014, Sporiš

i wsp. 2014, Vencúrik i wsp. 2015). Jednakże warto zwrócić uwagę, że analiza częstości skurczów serca wykazuje duże zróżnicowanie, co z pewnością jest uzależnione od profilu intensywności wysiłku meczowego, pozycji zajmowanej przez zawodnika, poziomu wyszkolenia oraz typu motorycznego zawodnika (Di Salvo i wsp. 2013). Jak wskazuje Chmura (2016), zawodnicy o profilu szybkościowym wykazują wyższe wartości częstości skurczów serca (od 144 do 198 sk./min) w porównaniu do zawodników o profilu wytrzymałościowym (od 139 do 178 sk./min).

Proces treningowy w piłce ręcznej musi więc być w dużej mierze skoncentrowany na rozwijaniu zdolności szybkościowych. Stanowią one nieodłączny element przygotowania zawodników i wpływają na efektywność prowadzonych działań podczas gry (Jarząbek (2013, 2016). Dlatego tak ważna jest dokładna analiza aktywności graczy w trakcie meczów, aby dostosować proces szkolenia do specyficznych potrzeb każdego z nich. Pozwoli to również rozwijać innowacyjne rozwiązania techniczno-taktyczne i implementować je w efektywny sposób, również w końcowych fazach meczu, w trakcie których występuje duża presja i wysokie zmęczenie.

1.2. Znaczenie koordynacyjnych zdolności motorycznych i ich wpływ na przygotowanie techniczno-taktyczne piłkarzy ręcznych

Akcje wykonywane w trakcie gry w piłkę ręczną mają dynamiczny charakter oraz wykazują znaczną złożoność struktury ruchów. Dlatego tak ważne jest by zawodnik był odpowiednio przygotowany i mógł działać z odpowiednią szybkością, reagować precyzyjnie na zaistniałą sytuację, dostosować się do dynamicznie zmieniających warunków gry i działać z jak największą efektywnością.

Efektywność każdej działalności ruchowej człowieka jest warunkowana przez poziom koordynacji ruchowej. Jest ona wyjątkowo ważna w sporcie wyczynowym, bowiem jej poziom w dużej mierze decyduje o poziomie sportowym zawodnika (Żak i Spieszny 2002, Juravle 2013, Palomo-Nieto i wsp. 2015, Sadowski i wsp. 2015, Boichuk i wsp. 2018a, 2018b, Batez i wsp. 2019, Przednowek i wsp. 2019). Koordynacja ruchowa jest niezwykle istotna w zespołowych grach sportowych, w których zdolność dostosowania się, błyskawiczne reakcje na działania przeciwnika oraz umiejętna współpraca z partnerami w znaczący sposób wpływają na wynik sportowy (Ljach i wsp. 2011, Sadowski i wsp. 2014, Pion i wsp. 2015, Kolev 2017, Boichuk i wsp. 2018a, 2019b).

Koordinacja to zharmonizowane i uporządkowane współdziałanie lub również uzgodnienie wzajemnego działania (Raczek 2010). Šimonek (2014) określa ją jako współpracę centralnego systemu nerwowego i mięśni szkieletowych, mającą na celu wykonanie procesu motorycznego ukierunkowanego na osiągnięcie zamierzonego celu. Poziom koordynacji ruchowej jest uwarunkowany przede wszystkim przez efektywność procesów kontroli ruchu w połączeniu ze sprawnością układu nerwowo-mięśniowego, oraz z poziomem sprawności procesów analizy (Šimonek 2014).

Obecnie koordynacja ruchowa postrzegana jest jako wiele zdolności czyli osobnych elementów, które wpływają na poziom dokładności, aktualności czasowej i precyzji aktów ruchowych w zmieniających się warunkach środowiska (Szopa i wsp. 2000, Raczek 2010). Badacze zwracają uwagę na utrudnienia związane z dokładnym określeniem i wyodrębnieniem zdolności koordynacyjnych. Jest to problematyczne ponieważ opierają się one na sprawności pracy centralnego układu nerwowego oraz narządów zmysłów (Szopa i wsp. 2000). Niejasny podział zdolności koordynacyjnych oraz trudności z wyróżnieniem najbardziej przydatnych spośród nich dla zespołowych gier sportowych sprawia, że niektórzy autorzy (Bakhit i Hamed 2010, Malacko i Stanković 2011, Miroljub i Uglješa 2011, Spasovska 2011) sugerują, aby nie wyróżniać specyficznych przejawów konkretnych zdolności koordynacyjnych i postrzegać koordynacyjne zdolności motoryczne jako koordynację całego ciała. Do oceny poziomu koordynacji ruchowej proponują oni kompleksowe testy oceny koordynacyjnych zdolności motorycznych.

Koordynacyjne zdolności motoryczne odpowiadają za sterowanie ruchem i bez ich odpowiedniego poziomu nie da się w odpowiedni sposób wykorzystać potencjalnych możliwości kondycyjnych. Dopiero połączone ze sobą, tworzą fundament umożliwiający osiągnięcie sukcesów sportowych (Markiewicz i Starosta 2014).

Wysoki poziom koordynacji ruchowej zawodnika pozwala mu na skuteczną synchronizację i uporządkowanie składowych ruchowych w celu wykonania odpowiedniego aktu ruchowego w konkretnej sytuacji (Raczek 2010). Umożliwia to sprawną realizację skomplikowanych ruchów oraz konwersję jednych ruchów na inne. Ma to ogromny wpływ na szybkość i dokładność nauczania i doskonalenia techniki sportowej oraz dostosowanie techniki do zmiennych warunków gry.

Działania występujące w trakcie gry w piłkę ręczną mają bardzo skomplikowaną strukturę co wynika z konieczności precyzji i szybkości wykonania z równoczesną presją czasu i przeciwnika. Dlatego bardzo istotne jest kompleksowe i planowe kształtowanie

koordynacyjnych zdolności motorycznych mających pozytywny wpływ na szybsze i lepsze opanowywanie umiejętności techniczno-taktycznych w treningu zespołowych gier sportowych w tym piłki ręcznej (Chagas i wsp. 2017). Niezwykle istotne dla optymalizacji procesu szkolenia sportowego w zespołowych grach sportowych jest przestrzeganie modelu progresywnego rozwoju (Ljach i Sadowski 2019). Czyli na maksymalizacji obciążeń koordynacyjnych jednak zgodnie z zaleceniami dla danego etapu szkolenia co pozwoli na progresywny a nie intensywny rozwój gracza (Sozański 1986). W zgodzie z tym modelem rozwoju zawodnika w ontogenezie na początkowych etapach treningu koordynacyjnego trenerzy powinni stosować środki o charakterze wszechstronnym, co pozwoli na zdobywanie różnorodnych umiejętności ruchowych (Raczek 1999, 2000, Jaakkola i wsp. 2017). Dodatkowo pozytywnie oddziałuje to na proces nauki i doskonalenia umiejętności technicznych i techniczno-taktycznych na dalszych etapach szkolenia sportowego, włącznie z etapem mistrzowskim (Pion i wsp. 2015, Willwéber i Čillík 2017).

Chociaż nadal istnieją wyzwania związane z klasyfikacją zdolności koordynacyjnych motorycznych, to autorzy są zgodni co do potrzeby zróżnicowanej charakterystyki, diagnozy i stymulacji w obszarze koordynacyjnych zdolności motorycznych. Najczęściej przyjmowanym podziałem koordynacyjnych zdolności motorycznych jest przedstawiony przez Raczka (2010), który wyodrębnia – zgodnie z teorią Hirtza (1985) – siedem przejawów koordynacyjnych zdolności motorycznych wymienionych poniżej.

Orientacja czasowo-przestrzenna to kombinacja sprawności funkcji oraz predyspozycji układu nerwowego (ośrodkowego i centralnego) determinujących efektywne i szybkie sterowanie ruchem oraz regulacje jego przebiegu w przestrzeni (Hirtz i Wellnitz 1985, Waśkiewicz 2002, Starosta 2003, Mynarski i Żywicka 2004, Drid i wsp. 2010, Małacko i Stanković 2011, Spasovska 2011). Zdolność orientacji czasowo-przestrzennej pozwala precyzyjnie określić położenie ciała względem punktu odniesienia i wykonać ruchy w zamierzonym kierunku (Ljach 2003, Raczek i wsp. 2003, Shady i Mahmoud 2013, Žamba i Holienka 2014). Ponadto odgrywa ważną przy ocenie odległości lub dystansu w stosunku do danego przedmiotu (Wawrzyniak i wsp. 2015).

W grach zespołowych, orientacja czasowo-przestrzenna ma wpływ na szybkość reakcji, dokładność wykonywanych ruchów oraz zdolność do współpracy z innymi graczami. Zawodnicy muszą błyskawicznie dostosowywać swoje położenie do zmieniających się sytuacji, partnerów, rywali i piłki (Raczek i wsp. 2003). Wysoki

poziom orientacji czasowo-przestrzennej jest kluczowy w grach zespołowych, gdzie precyzja i tempo gry mają ogromne znaczenie. Zawodnicy muszą być w stanie perfekcyjnie wykonywać rzuty, podania w biegu lub w zwarciu z przeciwnikiem, zachowując płynność i skoordynowanie z resztą zespołu (Boichuk i wsp. 2018a, 2018b, Palao i Valades 2016).

Zdolność sprzężenia ruchów to umiejętność łączenia ruchów różnych części ciała, co obejmuje aspekty przestrzenne, czasowe i dynamiczne (Osiński 2018). Ważne dla tej zdolności są informacje wzrokowe i kinestetyczne, a także zdolność przewidywania (Raczek i wsp. 2003, Mynarski i Żywicka 2004). Raczek (2010) określa ją jako celową organizację ruchów, umożliwiającą płynne łączenie parametrów czasowych, przestrzennych i dynamicznych. W koordynacyjnie złożonych czynnościach sprawnościowych, powszechnie występujących w piłce ręcznej i innych grach zespołowych, sprzężenie ruchów jest niezbędne, aby efektywnie współpracować z partnerami, przy uwzględnieniu ciągłej zmiany położenia rywali i piłki (Boichuk i wsp. 2017, 2019a, Bădescu 2018, Guignard i wsp. 2019).

Sprzężenie ruchów manifestuje się w różnych aspektach gry, od rzutów do bramki, przez podania i chwyt piłki, aż do zwodów i innych elementów technicznych. Wyższy poziom sprzężenia ruchów poprawia zarówno efektywność ruchu, jak i technikę oraz pozwala na zmaksymalizowanie wykorzystanie potencjału energetycznego w trakcie gry (Pion i wsp. 2015, Bykova i wsp. 2017, Rovniy i wsp. 2018).

Zdolność szybkiej reakcji motorycznej polega na natychmiastowej reakcji ciała na bodźce sensoryczne, takie jak wzrokowe, słuchowe, kinestetyczne i dotykowe (Mańkowska i wsp. 2015, Frýbort i wsp. 2016, Parlic i wsp. 2018). Czas reakcji jest sumą czasu przetwarzania informacji sensorycznych i czasu, jaki mięśnie potrzebują na wykonanie odpowiedniego ruchu (Raczek i wsp. 2003, Mann i wsp. 2007, Raczek 2010, Mann i wsp. 2007, Kozina i wsp. 2017, Krawczyk i wsp. 2018, Shelton i Kumar 2010, Jain i wsp. 2015). Skuteczność działania zawodnika w grze determinowana jest szybkością reakcji na zaistniałą sytuację. Może to być reakcja prosta, która będzie precyzyjnym i celowym wykonaniem ruchu w odpowiedzi na pojedynczy sygnał (Horníková i wsp. 2019). Jednak odpowiedzią na pojedynczy sygnał może być reakcja z wyborem (Zemková 2011). Możemy mówić o tym rodzaju reakcji w sytuacji gdy osoba musi błyskawicznie rozpoznać dany sygnał i wybrać odpowiednią odpowiedź poprzez np. zastosowanie właściwej techniki ruchu. Natomiast reakcję na złożone sytuacje, wymagającą reagowania na wiele sygnałów, określa się jako reakcję motoryczną

kompleksową lub złożoną. Charakteryzuje się ona zdolnością do właściwej oceny napływających sygnałów, umożliwiając błyskawiczne reagowanie i optymalną odpowiedź ruchową (Kozina i wsp. 2017).

Szybka reakcja motoryczna odgrywa kluczową rolę w zespołowych grach sportowych, gdzie wpływa na zdolność graczy do przewidywania ruchów przeciwników i reagowania na zmieniające się warunki gry (Fujii i wsp. 2014, Šimonek i wsp. 2017, Kelling i Corso 2018). Rozpoznawanie zdolności do szybkiej reakcji jest kluczowe, ponieważ ta umiejętność ściśle wiąże się z poprawą osiągnięć sportowych, także w grach zespołowych (Schorer i wsp. 2013, Montgomery i wsp. 2015, Moore i wsp. 2017, Laffer i wsp. 2019). Wielu badaczy sugeruje powiązania między skutecznością działań a umiejętnością antycypacji ruchów, podejmowaniem decyzji oraz adekwatną i błyskawiczną odpowiedzią ruchową (Abernethy i wsp. 2012, González-Víllora i wsp. 2015, Kolev 2017, Kelling i Corso 2018, Laffer i wsp. 2019). Kluczowe jest także spostrzeżenie i szybkość przetwarzania informacji, które determinują sposób i kierunek reakcji (Roca i wsp., 2013). Badania wykazują, że lepiej radzą sobie z tym doświadczeni gracze, którzy potrafią skupić się na istotnych elementach gry, przewidując zachowanie partnerów, rywali i lot piłki oraz reagując błyskawicznie na zmienne sytuacje (Moore i wsp. 2017).

Zdolność dostosowania motorycznego umożliwia wdrażanie optymalnych programów działań ruchowych oraz ewentualnych korekty i przestawienia się w przypadku pojawienia się zmiany sytuacji (Raczek i wsp. 2003, Raczek 2010). Zadanie zawodnika polega na dokonywaniu drobnych poprawek czasowo-przestrzennych i siłowych parametrów struktury ruchu w odpowiedzi na niewielkie lub przewidywalne zmiany szybkości poruszania się, toru lotu piłki, pozycji partnerów i przeciwników, odległości od pola bramkowego, bramki itp., jednocześnie zachowując wcześniej zaplanowaną realizację zadania ruchowego (Struzik i wsp. 2014). Duże zmiany mogą wpływać na zakłócenia przeprowadzenia działań, co może prowadzić do przerwania aktywności ruchowej, restrukturyzacji ruchów i wprowadzenia zupełnie nowego programu ruchowego (Mynarski i Żywicka 2004). Z tych powodów zdolność dostosowania motorycznego jest również opisywana jako umiejętność przestawiania lub przebudowy ruchów. Ogromny wpływ na poziom tej zdolności ma duży zasób doświadczeń boiskowych, który pozwala zawodnikowi na szybszą i trafniejszą ocenę oraz wdrożenie bardziej adekwatnej reakcji motorycznej (Kelling i Corso 2018).

Zdolność do realizacji ruchów o wysokiej częstotliwości definiuje potencjał wykonania maksymalnej liczby ruchów przez całe ciało lub jego segmenty bez ograniczeń czasowych (Raczek i wsp. 2003). Analizowana jest często jako kluczowy element przejawiania się zdolności szybkościowych człowieka, co umieszcza ją na pograniczu zdolności koordynacyjnych i kondycyjnych (Waśkiewicz 2002, Raczek i wsp. 2003). Możliwość realizacji ruchów z maksymalną częstotliwością zależy głównie od sprawności procesów nerwowych. Co sprowadza się do efektywnego i skutecznego działania ośrodków nerwowych, odpowiadających za pobudzanie antagonistycznych grup mięśniowych, co pozwala na dynamiczne przejście między stanem pobudzenia a hamowania, i odwrotnie (Głowacki i wsp. 2006, Mynarski i Żywicka 2004).

Zdolność do różnicowania kinestetycznego odpowiada za wysoką precyzję i ekonomię wykonania zarówno całego ruchu, jak i poszczególnych jego faz (Raczek 2010, Bańkosz 2012, Harmaciński i wsp. 2016). Przyjęcie oraz ocena i przetworzenie informacji o kątowej pozycji w stawach, stanie napięcia mięśni i prędkości wykonywanych ruchów stanowią istotę zdolności różnicowania kinestetycznego (Bańkosz i wsp. 2016). Bazą tej zdolności jest dokładne postrzeganie parametrów siły, czasu i przestrzeni podczas wykonywania czynności ruchowej w celu optymalnego rozwiązania całego zadania ruchowego (Bańkosz i Błach 2007, Rejman i wsp. 2012, Struzik i wsp. 2014). Zdolność do różnicowania kinestetycznego jest głównie warunkowana informacjami płynącymi z proprioreceptorów, a więc ze środowiska wewnętrznego, jednak wspomagają ją również bodźce zewnętrzne, głównie receptory wzrokowe i słuchowe (Raczek i wsp. 2003).

Zdolność zachowania równowagi – nawet podczas najprostszych czynności ruchowych konieczne jest utrzymanie stabilności ciała (Maszczyk i wsp. 2018). Zdolność ta umożliwia utrzymanie stabilnej postawy ciała, dodatkowo jest konieczna do zachowania oraz odzyskania stabilności po wykonanej czynności ruchowej (Raczek 2010, Özdal i wsp. 2019). Według Viseux'a i wsp. (2019) należy rozróżnić równowagę statyczną i dynamiczną. Raczek i wsp. (2003) wyróżniają balansowanie przedmiotami lub na nich jako kolejną oddzielną formę równowagi. Podczas różnorodnych statycznych i dynamicznych aktywności ruchowych analizatory sensoryczne, w tym dotykowe, kinestetyczne, wzrokowe oraz przedsionkowe, pozwalają nam odczuć pozycje naszego ciała (Paillard i wsp. 2006, Gerbino i wsp. 2007, Viseux i wsp. 2019). Te analizatory przekazują sygnały, które aktywują układ nerwowo-mięśniowy, co ma na celu przywrócenie równowagi (Bressel i wsp. 2007, Metikos i wsp. 2014). Według

Sundstrup'a i wsp. (2010) charakter (statyczny lub dynamiczny) wykonywanej czynności ruchowej determinuje rodzaj analizatorów które zostaną zaangażowane w kontrole danej czynności. Chociaż zdolność do utrzymania równowagi oraz jej odzyskania nie jest dominującą zdolnością koordynacyjną w piłce ręcznej, to jednak jest bardzo ważna biorąc pod uwagę zadania wykonywane podczas gry i treningów (Attenborough i wsp. 2016). Umożliwia bowiem uzyskanie stabilności podczas lądowania po wykonaniu wyskoku i kontrolę postawy ciała podczas wykonywania różnorodnych działań podczas gry – np.: zwody, rzuty, wyskoki czy zmiany kierunku i tempa biegu, a w obronie blok oraz doskok i odskok do przeciwnika (Halil i wsp. 2009, Sundstrup i wsp. 2010, Kachanathu i wsp. 2013).

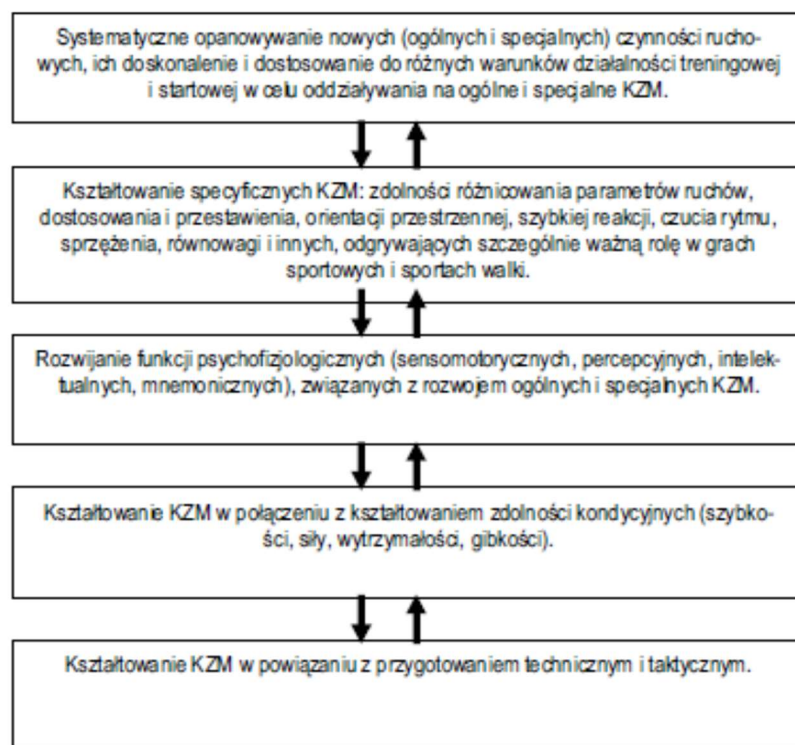
Jak twierdzi Blume (1981) zróżnicowane relacje strukturalne zachodzące między zdolnościami koordynacyjnymi manifestują się w trzech kompleksach zdolności koordynacyjnych, obejmujących procesy uczenia się motorycznego, sterowania i regulacji ruchów, a także adaptacji motorycznej. Wszystkie zdolności koordynacyjne mają związek z kompleksem zdolności uczenia się motorycznego, natomiast te które powiązane są z wykorzystaniem ruchów standardowych korelują z kompleksem sterowania ruchami, a te które ustalają zdolności do modyfikacji ruchów w zależności od zmienności warunków i sytuacji utożsamiane są z kompleksem adaptacji motorycznej (Żak i Klocek 2008).

Według Bompy i wsp. (2013) rozwijanie zdolności koordynacyjnych może przebiegać na różne sposoby, jednak ćwiczenia kształtujące koordynację powinny cechować się racjonalnością działania w dynamicznym otoczeniu zewnętrznym charakteryzującym się zmiennymi warunkami, złożonością precyzyjnością ruchów oraz aktualnością czasową. W treningu, przy doborze i konstrukcji ćwiczeń kształtujących koordynacyjne zdolności motoryczne koniecznym jest zastosowanie różnorodności i zmienności warunków zewnętrznych ich wykonania (Schmidt i Lee 2005, Delas i wsp. 2008). Bez spełnienia tego wymogu stymulacja ośrodkowego układu nerwowego będzie zbyt niska aby doszło do jego adaptacji.

Raczek (1999, 2000) przedstawił model treningu koordynacyjnego uwzględniający, w którym środki o charakterze wszechstronnym dominują we wczesnych fazach szkolenia i wraz z dorastaniem zawodnika ich procentowy udział maleje na rzecz środków o charakterze specjalnym. Ostatni, czwarty etap to zintegrowane usprawnienie koordynacyjne, polegające głównie na doskonaleniu oraz optymalnym połączeniu wszystkich aspektów sprawności koordynacyjnej, warunkujących najwyższe

osiągnięcia sportowe w danej specjalizacji, przy uwzględnieniu możliwości indywidualnych. Ponadto do zadań tego etapu należy poszukiwanie indywidualnych strategii działań oraz doskonalenie samoorganizujących się indywidualnych strategii działania.

Według proponowanej przez Ljacha, Sadowskiego i Witkowskiego (2011) struktury rzeczowej i czasowej treningu koordynacyjnych zdolności motorycznych na różnych etapach rozwoju osobniczego graczy zespołowych gier sportowych, czas przeznaczony na ogólne przygotowanie koordynacyjne maleje wraz z wiekiem (z 25% w wieku 8–10 do 5% w wieku 17–18 lat, natomiast udział procentowy specjalistycznego przygotowania koordynacyjnego rośnie).



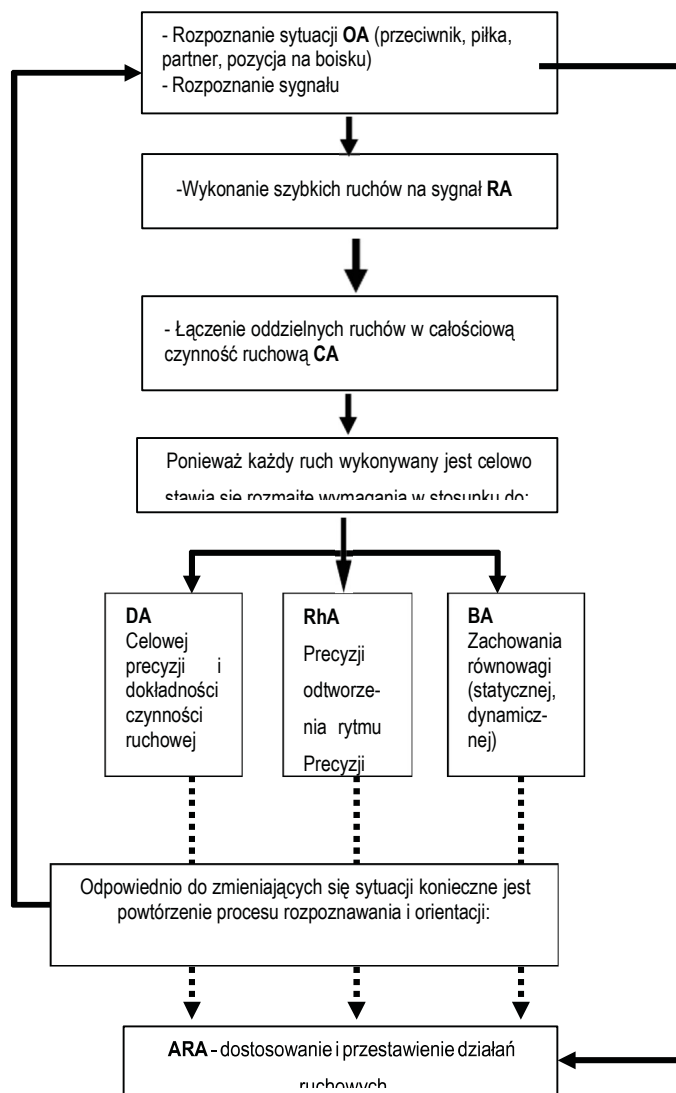
Ryc. 1. Zadania przygotowania koordynacyjnego w grach zespołowych (Ljach 1995)

Autorzy przedstawili również zadania przygotowania koordynacyjnego w grach zespołowych, koncepcje treningu i warianty treningu koordynacyjnych zdolności motorycznych (ryc. 1 i 2). Zaprezentowali także strategie wykorzystywane do realizacji zadań koordynacyjnych podczas treningu koszykówki, łącząc je z innymi aktywnościami. Często trening koordynacyjny był powiązany z aspektami przygotowania technicznego, rozgrzewką lub ćwiczeniami o charakterze kondycyjnym.

Skuteczne wykonanie zadania ruchowego według trój etapowego wzorca przetwarzania informacji (Schmidt i Wrisberga 2009) zależy w dużym stopniu od trzech

kluczowych umiejętności. Pierwsza z nich to rozpoznawanie bodźca (postrzeganie), następnie decydowanie o wyborze sposobu odpowiedzi (decyzja), a ostatecznie programowanie właściwej reakcji ruchowej (działanie).

Ponad 60% błędów w meczach piłki nożnej w kategoriach młodzieżowych wynika z niewłaściwej oceny sytuacji, braku jej zrozumienia oraz podejmowania złych decyzji (Wein 2013). Jak sugeruje Szwarc (2008) z tego powodu skuteczność podejmowanych decyzji, czy to indywidualnych, grupowych, czy zespołowych, w znacznym stopniu wpływa na osiągnięte rezultaty w sporcie. Wynika z tego, że rozwijanie zdolności koordynacyjnych stanowi integralną część treningu, wpływającą na jakość decyzji podejmowanych przez zawodników podczas gry, co z kolei istotnie wpływa na ostateczny wynik sportowy.



Objaśnienia: OA - zdolność orientacji; RA - zdolność reakcji; CA - zdolność łączenia; DA - różnicowanie; RhA - zdolność rytmu; BA - równowaga; ARA - zdolność dostosowania i przestawienia.

Ryc. 2. Kolejność w treningu zdolności koordynacyjnych (Hartmann 1999)

Warto również uwzględnić związki między poziomem umiejętności technicznych a poziomem koordynacyjnych zdolności motorycznych graczy. Jako ilustracja może posłużyć zdolność przewidywania działań przeciwnika podczas gry defensywnej lub podejmowanie odpowiednich wyborów w reakcji na błędy przeciwnika w trakcie gry ofensywnej. Według Kannekens'a i wsp. (2011) oraz Wang'a i wsp. (2013) wyższy poziom koordynacyjnych zdolności motorycznych i związana z tym automatyzacja działań technicznych umożliwia zawodnikowi koncentrowanie się w większym zakresie na realizacji założonych celów taktycznych.

1.3. Obciążenia treningowe w grach zespołowych

Przez wiele lat przygotowanie motoryczne w dyscyplinach zespołowych miało charakter o wiele bardziej ogólny (Clemente i Rocha 2013). Już od dawna wskazywano na potrzebę bardziej precyzyjnego podziału na trzy główne sfery przygotowania motorycznego: ogólną, ukierunkowaną oraz specjalną, co znajduje odzwierciedlenie w badaniach Chmury i wsp. (2008), Forsmana i wsp. (2016a, 216b), a także Bakera i wsp. (2019). Przez długie lata zarówno trenerzy, jak i zawodnicy czerpali inspirację z praktyk i doświadczeń zdobywanych w treningu lekkoatletyki, co jest szczegółowo omówione w pracy Bompuy i wsp. (2013). W związku z tym, wytrzymałość rozwijano przede wszystkim przez wykonywanie biegów ciągłych. Z kolei zdolności szybkościowe i umiejętność skakania u zawodników z dyscyplin takich jak piłka ręczna, koszykówka, piłka nożna czy siatkówka rozwijano, stosując techniki oraz metody znane z treningów sprinterów i skoczków lekkoatletycznych (Bompa i wsp. 2013). Obecnie takie podejście uważane jest za błędne i niekompletne, ponieważ piłka ręczna stawia przed zawodnikami wyzwania, które są specyficzne dla tej dyscypliny sportu. Współcześnie podkreśla się potrzebę uwzględnienia w największym zakresie specyfiki trenowanej dyscypliny sportowej w planowaniu i realizacji zadań szkoleniowych (Norton i wsp. 1999, Woods i wsp. 2017). Trening powinien więc być bardziej spersonalizowany oraz dostosowany do potrzeb zawodników występujących na różnych pozycjach i spełniających rozmaite role na boisku.

Rozwinięcie technologii komputerowych, globalnych systemów lokalizacyjnych (GPS) oraz środków audiowizualnych zrewolucjonizowało możliwość monitorowania i analizy różnych aspektów związanych z treningiem i z grą (Muñoz-Lopez i wsp. 2017, Pueo i wsp. 2017, Ryan i wsp. 2017). Dzięki tym technologicznym innowacjom, możliwe jest teraz pełne rejestrowanie i analizowanie wielu aspektów walki sportowej, co

dostarcza cennych informacji. Zbierane dane pozwalają na śledzenie dystansu pokonywanego przez każdego zawodnika w trakcie meczu, monitorowanie liczby przyspieszeń w kluczowych momentach rozgrywki oraz dokładne określenie parametrów fizjologicznych, takich jak częstość skurczów serca i intensywność wysiłku.

Przy użyciu zaawansowanych narzędzi i technologii można ocenić, jakie wysiłki są podejmowane podczas meczu i jakie obciążenia fizyczne występują u poszczególnych zawodników. Pozwala to na dokładne dostosowanie treningów i taktyki gry do indywidualnych potrzeb każdego sportowca, co jest kluczowe w dążeniu do osiągnięcia mistrzostwa na najwyższym poziomie.

Obciążenie treningowe, znane również jako obciążenie wysiłkowe, odnoszą się do ilości pracy wykonywanej przez zawodnika podczas określonego rodzaju ćwiczeń, jednostek treningowych lub cykli treningowych. To w tej sferze koncentrują się różnorodne reakcje i procesy zachodzące w organizmie, w ramach poszczególnych funkcji i narządów, które biorą udział w dostarczeniu odpowiednich zasobów energetycznych oraz w utrzymaniu homeostazy organizmu podczas wysiłku (Sozański i Śledziwski 1995).

Mimo pojawienia się nowych narzędzi analitycznych oraz coraz dokładniejszych technik pomiarowych, pytanie o to, jak najlepiej opisać i dostosować trening, pozostaje otwarte. Szczególnie w kontekście konieczności uwzględnienia indywidualnych różnic między zawodnikami pojawia się pytanie o możliwość wypracowania jednolitego i uniwersalnego podejścia do tego zagadnienia (Muñoz 2017).

Od dawna znana i uznawana koncepcja analizy obciążeń treningowych dzieli je na dwa główne rodzaje: obciążenia zewnętrzne i obciążenia wewnętrzne (Zaciorski 1966). Obciążenia zewnętrzne związane są z ilością pracy oraz jej intensywnością. Obciążenia te można mierzyć, bazując na takich parametrach jak: czas trwania ćwiczeń, długość przerw wypoczynkowych, rodzaj wypoczynku, liczba powtórzeń, pokonany dystans czy liczba wykonanych powtórzeń. Są to obiektywne wskaźniki, które można zmierzyć i udokumentować po zakończonym treningu. Natomiast miarą obciążeń wewnętrznych są indywidualne reakcje organizmu na wysiłek. W tym przypadku mierzy się takie parametry jak koszt energetyczny wysiłku, częstość skurczów serca, częstość oddechów oraz poziom zakwaszenia organizmu (Sozański 1992, Sozański i Zaporozanow 1993). Niniejsza charakterystyka obciążeń treningowych jest stosowana do monitorowania treningu sportowego, co pozwala na lepsze zrozumienie reakcji organizmu na wysiłek. Obejmuje ona zarówno aspekty ilościowe, takie jak objętość pracy, jak i jakościowe, takie

jak wpływ na systemy fizjologiczne i stopień zaangażowania psychicznego zawodnika podczas treningu. Ta wielowymiarowa koncepcja obciążeń treningowych jest kluczowa w procesie doskonalenia strategii treningowych i dostosowania treningu do indywidualnych potrzeb zawodnika. Dzięki monitorowaniu obciążeń, można zapewnić odpowiednią kontrolę nad procesem treningowym i zoptymalizować przygotowania sportowców. W miarę jak rozwijają się nowoczesne technologie i narzędzia pomiarowe, poszerzamy naszą wiedzę na temat wpływu obciążeń treningowych na wydajność sportowców, co pozwala na bardziej efektywne i precyzyjne planowanie treningu na drodze do osiągnięcia mistrzostwa.

Analizując konkretne ćwiczenia, możemy stwierdzić, że objętość treningu odnosi się do ilościowej składowej pracy, którą sportowiec wykonuje, wyrażonej poprzez czas, odległość, masę, liczbę powtórzeń, itp. Natomiast intensywność treningu to jego jakościowa strona, określana jako stosunek mocy generowanej przez sportowca do jego maksymalnej możliwej mocy osiągalnej w danym ćwiczeniu. Warto podkreślić, że zarówno intensywność, jak i objętość stanowią zewnętrzne aspekty obciążenia treningowego (Ważny 1982).

W procesie szkoleniowym, analiza obciążeń treningowych stanowi nieodzowny element doskonalenia, umożliwiający skuteczną kontrolę nad przebiegiem treningu, zgodnie z założonym planem (Fidelus 1974). Niepodważalne jest znaczenie przeprowadzania analizy treningu sportowego. Jednakże dopiero posiadanie odpowiedniej dokumentacji umożliwia odpowiednią analizę i porównanie procesu treningowego. Warto podkreślić, że parametry ilościowe (objętość) oraz jakościowe (intensywność) treningu nie występują jako odrębne i niezależne elementy, ale oddziałują na organizm sportowca w sposób złożony. Stan wytrenowania zawodnika jest kształtowany nie tylko przez charakterystyki obciążeń, ale również przez różnorodne interakcje zachodzące między zawodnikiem a warunkami środowiskowymi (Ważny 2000)

W sporcie wyczynowym coraz bardziej znaczącą rolę przypisuje się określeniu obciążeń psychicznych. Narasta wyzwanie związane z precyzyjnym pomiarem tego rodzaju obciążeń, ze względu na subiektywny charakter ocen zawodników, który wydaje się być niewystarczający. Prawidłowa kwantyfikacja obciążenia fizycznego, bodźców fizjologicznych i obciążeń psychicznych związanych z treningiem pozostaje nadal niezwykle trudna do osiągnięcia, a obecnie nie istnieją powszechnie akceptowane

standardy i procedury umożliwiające precyzyjny pomiar tych zjawisk (Lambert i Borresen 2010).

W analizie treningu przyjmuje się określone założenia, które mają na celu precyzyjne i standaryzowane określenie środków treningowych. Celem jest maksymalne zbliżenie analizy do rzeczywistej pracy wykonanej podczas treningu. Ważne jest jednak zrozumienie, że nawet w przypadku najlepszych metod zbierania danych dotyczących obciążeń treningowych, wiele z tych danych jest opartych na oszacowaniach. Klasyfikacja obciążeń opiera się na oddziaływaniach kształtujących specyficzne mechanizmy przemian energetycznych, a ta klasyfikacja stała się możliwa dzięki badaniom przeprowadzonym już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku przez Zaciorskiego i Kulika (za Sozańskim 1986) oraz Wołkova i Koriagina (1977). Przedstawili oni koncepcję oceny wpływu wykonanej pracy na energetyczną gospodarkę ustroju. Na podstawie wyników badań obejmujących parametry fizjologiczne i biochemiczne, wykazali, że poziom korelacji między badanymi wskaźnikami a częstością skurczów serca (HR) pozwala na skuteczną klasyfikację obciążeń w określonych strefach energetycznych, zarówno przed jak i po zakończonym wysiłku.

Koncepcję opartą na klasyfikacji obciążeń według obszarów energetycznych i rodzaju wykonywanej pracy przedstawił także Ważny (1982). Oprócz kryterium energetycznego, podzielił on obciążenia na trzy główne kategorie: wszechstronne, ukierunkowane i specjalne, które określił jako obszary informacyjne. Sozański (1986) wprowadził dalszą modyfikację tego podejścia, uwzględniając poziom tętna zarówno przed rozpoczęciem, jak i po zakończeniu pracy oraz czas trwania wysiłku. Ta nowa koncepcja zakładała pięć zakresów intensywności wysiłku: podtrzymujący, tlenowy, mieszany, beztlenowy-kwasomlekowy i beztlenowo-niekwasomlekowy. Dodatkowo, z przyczyn metodycznych, wprowadzono szósty zakres intensywności, obejmujący ćwiczenia mające na celu nasilenie przemian anabolicznych, co szczególnie dotyczy ćwiczeń siłowych (Sozański 1992).

Rzadko podejmowaną w literaturze kwestią wydaje się być relacja między obciążeniem treningowym a ryzykiem kontuzji. Ta problematyka wiąże się z wieloma czynnikami, takimi jak obciążenia wewnętrzne i zewnętrzne, charakter treningu, specyfika dyscypliny, okres treningowy, wiek, stopień zaawansowania, doświadczenie, miejsce, czas oraz wiele innych. Wszystkie te czynniki wpływają na to, jak trening wpłynie na zdrowie i wydajność zawodnika. Choć wynik sportowy jest zazwyczaj priorytetem, unikanie przetrenowania i kontuzji jest kluczowym elementem osiągnięcia

sukcesu (Pind i Mäestu 2017). Ze względu na charakter gry tematyka ta wydaje się niezwykle ważna w treningu piłki ręcznej (Hadjisavvas i wsp. 2022, Vila i wsp. 2022).

Współcześnie, w kontekście aktualnej wiedzy i dostępnych technik oraz narzędzi, wydaje się, że jednym z najwiarygodniejszych parametrów kompleksowej oceny treningu są obciążenia treningowe. To właśnie one odzwierciedlają wszystkie elementy treningu i odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu gotowości zawodnika. Przy analizie obciążeń treningowych uwzględniamy szeroki zakres parametrów związanych z pracą wykonywaną przez zawodnika. Rejestracja tych danych jest fundamentalna dla sportowców, trenerów i badaczy. Skuteczność zarządzania treningiem jest w dużej mierze uzależniona od dokładności dokumentacji, w tym struktury i istotnych elementów treningu (Rygula 2000). Monitorowanie realizacji tych obciążeń ma kluczowe znaczenie dla dogłębnej analizy oraz wyciągania trafnych wniosków.

Niezwykle ważne jest, że ilościowy zapis treningu, często stosowany przez zawodników i trenerów, stanowi jedynie fragment pełnej informacji o treningu. Mówi on o "ile", ale nie dostarcza informacji "jak". Wartość objętości treningu, choć istotna, jest tylko częścią zagadnienia, nie dając pełnej odpowiedzi na kluczowe pytania. Wartość ta musi być oceniana w kontekście jej intensywności, ponieważ to, jak intensywnie jest wykonywany trening, ma ogromne znaczenie. Nawet identyczne ćwiczenia mogą być realizowane w różnych strefach intensywności, co prowadzi do indukowania zróżnicowanych procesów adaptacyjnych w organizmie. Odpowiedź na to pytanie "jak?" jest więc kluczowa, ponieważ powtórzenie treningu w tej samej objętości nie gwarantuje poprawy wyników, jeśli nie uwzględni się jego intensywności (Hart 1993a, 1993b).

Obciążenia treningowe i ich analiza otwierają również możliwość poszukiwania najefektywniejszych rozwiązań, pozwalających na dostosowanie technologii treningu do zamierzonego celu jakim jest osiągnięcie najwyższej formy sportowej. Możliwość tworzenia treningu opartego na informacjach o wykonanych obciążeniach jest nieoceniona. Nie ma wątpliwości, że znaczenie obciążeń treningowych oraz ich naukowej analizy jest fundamentalne w kontekście poprawy efektywności treningu (Sozański i wsp. 2015). Poszukiwanie i rozwijanie najbardziej efektywnych strategii oraz stała dążność do optymalizacji procesu szkolenia to jedno z ważniejszych zadań teorii i metodyki treningu sportowego. Jednak niektóre z proponowanych metod pomiarów obciążeń treningowych, szczególnie te oparte na wskaźnikach fizjologicznych czy biochemicznych ze względu na swoją złożoność lub konieczność przeprowadzenia ich w laboratorium mogą nie spełniać kryterium przystępności. Dlatego metoda wybrana do analizy obciążeń

w codziennej pracy szkoleniowej musi być możliwa do zastosowania w realnych warunkach treningu, bez zakłócania samego procesu treningowego (Adamczyk 2019).

Opieranie się wyłącznie na informacjach zgromadzonych przez trenera podczas zajęć zdaje się niewystarczające w kontekście planowania treningu sportowego. Warto zauważyć, że istnieje rozbieżność między założeniami trenera a rzeczywistymi odczuciami zawodników. Skuteczny proces kierowania treningiem musi uwzględniać przepływ informacji między tymi dwiema stronami, tworząc układ zamknięty. Feedback od zawodników stanowi istotny element, który powinien być brany pod uwagę przy planowaniu obciążeń treningowych.

Przy omawianiu obciążeń wewnętrznych warto zwrócić uwagę, że wiele powszechnie stosowanych technik oceny opiera się na różnych jednostkach, co stanowi wyzwanie w procesie interpretacji wyników. Jednym z popularnych podejść jest korzystanie z RPE (*rating of perceived exertion*), co oznacza subiektywną skalę oceny percepcji intensywności wysiłku fizycznego. Jednym z często wykorzystywanych narzędzi w tym kontekście jest skala Borga (Evans 1999). W ramach tej skali, osoba poddana wysiłkowi ocenia stopień jego intensywności w oparciu o skalę 20-stopniową. Wartością ułatwiającą interpretację jest fakt, że u młodszych osób wskaźnik ten mnożony przez 10 powinien przybliżać częstotliwość skurczów serca. Niemniej jednak, ze względu na wygodę i popularność wśród użytkowników, często wykorzystuje się uproszczoną wersję skali Borga, ograniczoną do 10 punktów (Reaburn 2009).

Należy jednak pamiętać, że subiektywne oceny, takie jak RPE, powinny być stosowane z rozwagą, zwłaszcza w przypadku młodszych i mniej doświadczonych zawodników, którzy mogą mieć trudności z dokładną oceną własnych reakcji. W kontekście treningu, RPE powinno być również powiązane z charakterystyką wykonywanej pracy, uwzględniając rodzaj, objętość i intensywność.

W kontekście poszukiwań narzędzi do oceny obciążeń, warto rozważać różnorodne parametry fizjologiczne i nie ograniczać się jedynie do pomiarów częstości skurczów serca (HR). Chociaż HR jest istotnym parametrem do oceny intensywności wysiłku oraz monitorowania efektywności treningu i procesu regeneracji, to jednak istnieją dodatkowe wskaźniki, które mogą dostarczyć wartościowych informacji. Oprócz oceny na podstawie częstości skurczów serca, wykorzystuje się również do analizy stopnia obciążenia treningowego $\%VO_{2max}$. Jednak metoda ta wymaga wcześniejszych pomiarów, najlepiej przeprowadzanych w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. VO_{2max} , będący zmiennym parametrem, szczególnie u mniej doświadczonych sportowców,

wymaga ciągłego monitorowania postępów i dostosowywania obciążeń zgodnie z wynikami (Adamczyk 2019).

Kluczową rolę w monitorowaniu wielkości obciążenia treningowego odgrywają także parametry biochemiczne a wśród nich pomiar stężenia mlecznu we krwi. Ten wskaźnik dostarcza ważnych informacji o intensywności prowadzonego treningu oraz reakcji organizmu na wysiłek (Beneke 2003, Laskowski i wsp. 2012). Akumulacja kwasu mlekowego wykazuje bowiem związek z rodzajem wykonywanych ćwiczeń, ich czasem trwania oraz intensywnością (Kristensen i wsp. 2005). Pomiar ten jest inwazyjny (Weltman i wsp. 1998), ale dzięki nowoczesnym aparatom pomiarowym jest łatwy do przeprowadzenia. Tym samym daje możliwość bieżącej kontroli i optymalizacji pracy szkoleniowej (Bentley i wsp. 2007).

Nowoczesne technologie, miniaturyzacja sprzętu i zaawansowane oprogramowanie otwierają nowe perspektywy w analizie treningu. Obecnie, w systemach takich jak Global Positioning System pokładane są duże nadzieje na innowacje w zakresie monitoringu wysiłku treningowego i startowego. System GPS może być wykorzystywany do monitorowania prędkości i długości kroków, generowania tzw. „heatmap” na boisku, objętości, intensywności i stosowanych obciążeń. Tym samym umożliwia ocenę stanu wytrenowania i poziomu zmęczenia. Mierzy pokonany dystans w różnych strefach intensywności, liczbę przyspieszeń i zahamowań realizowanych przez zawodnika podczas gry lub treningu, służy też prowadzeniu analiz działań indywidualnych i zespołowych (Aughey 2011).

Coraz powszechniej stosowane są urządzenia wyposażone w akcelerometry, które pozwalają na pomiar mocy. Przykłady takich urządzeń to na przykład Garmin Vector czy Beast Sensor. Zyskują one na popularności w kontekście przedłużonej kontroli efektów treningu jak również w kontroli bieżącej. Pomiar mocy jest istotnym parametrem służącym do diagnozowania stanu funkcjonalnego sportowca i jego gotowości do pracy po poprzednim obciążeniu treningowym.

Przyszłość przyniesie zapewne dalszy rozwój technologii, który prowadzić będzie do ułatwienia pracy zarówno zawodnikom, jak i trenerom. Niemniej nadal pozostaje wiele wyzwań, takich jak nieinwazyjne pomiary krwi, ocena odpowiedzi organizmu na obciążenie fizyczne, szacowanie wydatku energetycznego, ocena jakości snu i skuteczność procesów regeneracji. Wciąż brakuje uniwersalnego wskaźnika, który jednoznacznie określiłby sprawność fizyczną, poziom obciążenia treningowego, zmęczenie, ryzyko kontuzji oraz stopień wytrenowania.

Po dokładnej analizie dostępnej literatury można stwierdzić, że najobszerniej opracowane i zbadane aspekty obciążenia w grach zespołowych koncentrują się na wielkości obciążenia, obejmującej zarówno objętość, jak i intensywność treningu oraz obszar informacyjny dotyczący danego środka treningowego. Niestety, aspekt związany ze złożonością koordynacyjną ćwiczeń jest często pomijany w badaniach, a stan wiedzy w tej dziedzinie pozostawia wiele do życzenia. Od lat zwracano uwagę na fakt, że tematyka ta ma ogromne znaczenie, szczególnie w przypadku gier zespołowych (Godik 1980, 1995, Raczek 1989, 1991, Ljach i wsp. 1995, Ljach i Sadowski 2019 i inni). Zignorowanie tego zagadnienia może znacząco wpłynąć na nieprawidłowe projektowanie procesu treningowego i w rezultacie obniżyć osiągnięte wyniki.

Jednym z kluczowych wyzwań naukowych i metodycznych w tym kontekście jest konieczność absolutnej obiektywizacji kryteriów, które pozwolą na uporządkowanie i hierarchizację różnych środków treningowych. Kryteria te powinny uwzględniać złożoność koordynacyjną ćwiczeń w połączeniu z ich intensywnością i objętością. Analiza planów treningowych zespołów na różnych poziomach rywalizacji, biorąc pod uwagę złożoność koordynacyjną, objętość i intensywność ćwiczeń, wydaje się być niezwykle istotna.

Żeby móc to uczynić konieczne jest opracowanie metody oceny złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningu ćwiczeń. Najczęstsze zastosowanie ma wizualna ocena stopnia złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningu sportowym ćwiczeń oraz zadań ruchowych wykonywanych podczas startów w zawodach. W tym celu należy zastosować skalę oceny ich stopnia złożoności. Pierwsze propozycje takich ocen pojawiły się w latach 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku, a ich autorzy opracowali trzy stopnie złożoności koordynacyjnej ćwiczeń: wysoką (podwyższoną), średnią i niską (Matwiejew 1977, Godik 1980, Raczek 1989, 1991). W późniejszych badaniach szersze zastosowanie znalazła skala pięciopunktowa, przy czym jej zastosowanie wymagało dokładnego przypisania ćwiczeniom odpowiedniej liczby punktów – od 1 do 5, czyli od najmniejszej do największej złożoności koordynacyjnej (Ljach i wsp. 1995, 1998, Sadowski 2003, Gierczuk 2004, Ljach i Witkowski 2011). Przy tworzeniu tego rodzaju skali należy dla potrzeb klasyfikacji poszczególnych ćwiczeń dokonać charakterystyki wykonywanego zadania ruchowego określając jego: precyzję, szybkość i aktualność czasową, ekonomię, celowość wykonania oraz stabilność i inicjatywność, a także zmienność sytuacji, liczbę zawodników, liczbę obrońców itp. (Ljach i Sadowski 2019).

Opracowanie sposobu oceny złożoności koordynacyjnej ćwiczeń w połączeniu z określeniem ich objętości i intensywności pozwoli na skuteczne planowanie pracy treningowej w omawianym zakresie, a przez to może wpłynąć na podniesienie efektywności szkolenia sportowego. Kontrola obciążeń treningowych i startowych z uwzględnieniem złożoności koordynacyjnej stosowanych środków treningowych wydaje się być warunkiem koniecznym w planowaniu głównie treningu technicznego, ale również treningu sprawności fizycznej w zespołowych grach sportowych, chociażby ze względu na występującą w nich złożoną strukturę ruchu. Jak twierdzą Ljach i Sadowski (2019) trening koordynacyjny podobnie jak inne rodzaje przygotowania sportowego, powinny stanowić podsystem w systemie szkolenia sportowego z charakterystyczną strukturą czasową i rzeczową.

2. CEL PRACY ORAZ PYTANIA BADAWCZE

Jak wynika z przedstawionej analizy literatury istnieje potrzeba uwzględnienia koordynacyjnej złożoności stosowanych obciążeń treningowych w planowaniu i realizacji poszczególnych cykli szkoleniowych. Aby to było możliwe w piłce ręcznej, konieczne jest skonstruowanie odpowiednich metod oceny złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningu ćwiczeń oraz sposobów oceny ich intensywności.

Z tych względów, w niniejszej pracy przyjęto następujące cele:

Cel poznawczy:

- Ustalenie zależności pomiędzy objętością i intensywnością ćwiczeń o różnym stopniu złożoności koordynacyjnej a poziomem sportowym i efektywnością gry piłkarzy ręcznych.

Cele praktyczne:

- Opracowanie arkusza umożliwiającego sklasyfikowanie środków treningowych w aspekcie ich złożoności koordynacyjnej dla potrzeb piłki ręcznej.
- Opracowanie metody oceny intensywności ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej.

Tak sformułowane cele pracy sprowadzono do odpowiedzi na poniższe pytania badawcze:

1. Jaka była złożoność koordynacyjna, intensywność oraz obciążenia treningowe ćwiczeń stosowanych w treningu zespołów piłki ręcznej występujących w różnych klasach rozgrywkowych?
2. Jak kształtowała się zależność między intensywnością ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej oraz poziomem sportowym, efektywnością gry i specjalizacją w grze badanych piłkarzy ręcznych?
3. Jak kształtowała się zależność między obciążeniem treningowym w mikrocyklu startowym a poziomem sportowym badanych piłkarzy ręcznych?
4. Czy zastosowany w badaniach sposób klasyfikacji środków treningowych ze względu na ich złożoność koordynacyjną oraz metoda oceny ich intensywności może być wykorzystana dla potrzeb planowania i kontroli pracy szkoleniowej w piłce ręcznej?

3. MATERIAŁ I METODY

3.1. Charakterystyka badanych grup oraz organizacja badań

Ogółem badaniom poddano 62. piłkarzy ręcznych występujących w 4 klubach prezentujących zróżnicowany poziom sportowy: KS AGH Kraków (I liga), AZS UJK Kielce (I liga), MOSiR Bochnia (II liga), KS AGH II Kraków (II liga). Z pomiarów wyłączeni zostali bramkarze ze względu na odmienny trening, który realizują zawodnicy grający na tej pozycji. Spośród badanych zawodników z pola gry analizie poddano wyniki pomiarów 49 graczy, bowiem 13 piłkarzy ręcznych nie posiadało kompletnych badań. Z powodu kontuzji lub innych zdarzeń losowych związanych np. z okresem w jakim prowadzone były badania (pandemia Covid-19) nie wzięli oni udziału we wszystkich treningach w analizowanym mikrocyklu okresu startowego.

Wszyscy piłkarze ręczni uczestniczący w badaniach byli zawodnikami z wieloletnim, choć zróżnicowanym ze względu na wiek, stażem sportowym. Dokładną charakterystykę badanych przedstawiono w tabeli 1.

Badane zespoły w sezonie 2021/2022 brały udział w rozgrywkach I i II ligi ogólnopolskiej, co w strukturze rozgrywek Związku Piłki Ręcznej w Polsce stanowiło odpowiednio trzecią i czwartą klasę rozgrywkową. AZS UJK Kielce i KS AGH Kraków zajęły odpowiednio 3 i 6 miejsce w analizowanym sezonie w grupie D I ligi i prezentowały zbliżony do siebie, ale znacząco wyższy niż badane drugoligowe drużyny poziom sportowy. Zespół KS AGH II Kraków zakończył rozgrywki grupy 4. II ligi na drugim miejscu, wyraźnie wyprzedzając w ligowej tabeli MOSiR Bochnia, który na zakończenie rozgrywek zajął 10 miejsce.

Badania realizowano w pierwszej rundzie okresu startowego sezonu 2021/2022 na przełomie września i października 2021 roku. Dokładanej analizie poddano mikrocykl startowy każdej z badanych drużyn. Budowa mikrocyklu w okresie startowym była zbliżona we wszystkich badanych zespołach. Był to mikrocykl tygodniowy, w którym rozgrywano jeden mecz w sobotę. Pierwszoligowe zespoły z Krakowa i Kielc realizowały cztery 90-minutowe specjalistyczne jednostki treningowe, a drużyny drugoligowe z Krakowa i Bochni uczestniczyły w trzech realizowanych na hali sportowej jednostkach treningowych tygodniowo. Dodatkowo zawodnicy każdego z zespołów uczestniczyli w jednym treningu na siłowni w tygodniu. We wszystkich klubach treningi specjalistyczne były zbliżone do siebie pod względem struktury i czasu trwania jednostki.

Tabela 1. Liczebność oraz charakterystyka badanej grupy z uwzględnieniem podziału na zespoły i pozycje gry ($\bar{x} \pm SD$)

Zespół	Pozycja na boisku	Liczba badanych	Wiek [lata]	Staż treningowy [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa Ciała [kg]
UJK KIELCE	<i>Rozgrywający</i>	3	22,3 ± 2,52	13 ± 4	190,3± 5,51	92,7±10,26
	<i>Skrzydłowi</i>	6	22,3±1,51	11,3±1,75	180,7±6,15	76,8±7,86
	<i>Obrotowi</i>	2	21,5±2,12	12±2,83	193±4,24	91,5±9,19
	RAZEM	11	22,2±1,72	11,9±2,47	185,5±7,69	83,8±11,18
AGH I KRAKÓW	<i>Rozgrywający</i>	7	23,3±3,77	13,3±3,69	186,1±1,96	82,9±3,04
	<i>Skrzydłowi</i>	4	22,7±5,51	12,3±6,11	178±7,55	75±15
	<i>Obrotowi</i>	3	23±5,29	13±5,20	183±7,94	89,3±1,15
	RAZEM	14	23,1±4,08	13±4,17	183,7±5,64	82,6±7,98
AGH II KRAKÓW	<i>Rozgrywający</i>	7	22,3±4,46	12±4,83	186,7±6,99	88,3±8,79
	<i>Skrzydłowi</i>	4	19,5±1,29	8,5±2,38	180,3±7,41	77±5,72
	<i>Obrotowi</i>	2	18,5±2,12	9,5±2,12	174,5±0,71	81,5±12,02
	RAZEM	13	21±3,58	10,5±4,03	182,8±7,8	83,8±9,32
MOSIR BOCHNIA	<i>Rozgrywający</i>	6	19,5±1,64	8,5±1,38	182,3±6,65	72±5,4
	<i>Skrzydłowi</i>	4	18,8±1,5	7,8±2,22	177,3±3,2	65,3±6,08
	<i>Obrotowi</i>	1	18	5	175	65
	RAZEM	11	19,1±1,51	7,9±1,87	179,8±5,83	68,9±6,19
ŁĄCZNIE		49	21,4±3,32	11±3,79	183±6,87	80,1±10,5

3.2. Zakres badań

Zakres badań obejmował:

1. Pomiar częstotliwości skurczów serca za pomocą zestawu Polar Team 2.

Każdy z zawodników podczas analizowanych treningów miał założony na klatce piersiowej nadajnik polar, który przekazywał dane za pomocą łącza Bluetooth do komputera. Tym samym powsta zapis zmian w czasie treningu częstotliwości uderzeń serca każdego z zawodników. Dodatkowo każdy trening był rejestrowany na kamerze cyfrowej, co umożliwiało określenie czasu rozpoczęcia i zakończenia każdego ćwiczenia. Dzięki zestawieniu tak uzyskanych danych możliwe było określenie średniej wartości częstotliwości skurczów serca uzyskanej przez zawodnika w danym ćwiczeniu.

2. Określono złożoność koordynacyjną ćwiczeń za pomocą opracowanego arkusza obserwacji (patrz Aneks). Arkusz jest formą wizualnej oceny złożoności koordynacyjnej. Został dostosowany do specyfiki dyscypliny, czyli piłki ręcznej. Przy jego opracowywaniu wzorowano się na propozycjach, które przedstawili Ljach i wsp. 1995, 1998, Sadowski 2003, Gierczuk 2004, Ljach i Witkowski 2011. Arkusz

obserwacji złożoności koordynacyjnej ćwiczeń zawiera pięciopunktową skalę od 1 do 5 – określającą typ ćwiczenia. Do oceny stopnia złożoności koordynacyjnej ćwiczeń w zespołowych grach sportowych w tym w piłce ręcznej wykorzystuje się takie charakterystyki jak: precyzja, szybkość i aktualność czasowa ekonomia, celowość wykonania oraz stabilność i inicjatywność, a także zmienność sytuacji, liczba zawodników, liczba obrońców itp. (Ljach i Sadowski 2019).

3.3. Metody statystycznego opracowania materiału

Obliczenia wskaźników intensywności i obciążenia podczas ćwiczeń - autorskie formuły obliczeniowe:

1. Indeks intensywności (Id.HR) obliczony według wzoru:

$$\text{Indeks HR} = (\text{HR}-25) / 25 \quad (\text{formuła 1})$$

Dzięki takiemu przekształceniu wartości tętna (HR) uzyskano następujące informacje:

- liczba całkowita (od 1 do 6) informuje o zakresie tętna (jak w zestawieniu poniżej),
- liczba ułamkowa informuje o odległości od granic zakresu - zwiększenie wartości tętna (HR) o jeden odpowiada przyrost wskaźnika (Id.HR) o wielkość 0,04.

Zestawienie zakresów tętna, przy zastosowaniu 6-cio stopniowej skali obciążeń treningowych (wg Kozłowski i Nazar 1995 oraz Tipton 2006):

Zakres HR oraz część całkowita Indeksu HR	tętno [HR]
1	mniejsze niż 75
2	75 do 99
3	100 do 124
4	125 do 149
5	150 do 174
6	175 i wyższe

2. Obciążenie podczas ćwiczenia obliczono w następujący sposób:

$$\text{Obciążenie [Id.Hr*min]} = \text{Indeks HR} * \text{czas ćwiczenia [min]} \quad (\text{formuła 2})$$

Wskaźnik tętna (formuła 1) pomnożono przez czas (w minutach) trwania ćwiczenia określonego "typu" (o określonej złożoności koordynacyjnej).

Parametry statystyki opisowej:

- dla czasów treningu i poszczególnych rodzajów ćwiczeń koordynacyjnych (typów ćwiczeń) obliczono sumy całkowite oraz wartości odsetkowe tych sum;
- aby oszacować ogólną wielkość obciążenia obliczono wielkości średnie przypadające na jednego zawodnika podczas pojedynczej jednostki treningowej w każdym typie ćwiczeń oraz wartości odsetkowe tych średnich;

- dla zmiennej o rozkładzie normalnym (Indeks intensywności – Id.HR) obliczono: średnią arytmetyczną (Średnia) i odchylenie standardowe (SD);
- dla zmiennej o rozkładzie nienormalnym ("Obciążenie") dodatkowo obliczono: medianę (Mediana), wielkości minimalną i maksymalną (Min, Max) oraz kwartyle dolny i górny (Kwart.dol., Kawrt.gór.).

Analiza porównawcza:

- różnice czasu wykonywania ćwiczeń poszczególnych typów oraz różnice przeciętnego obciążenia – na jednego zawodnika – obliczono testem porównania liczebności Chi2;
- różnice średnich arytmetycznych zmiennej "Indeks HR" testowano wieloczynnikową analizą MANOVA dla porównań niezależnych oraz testami post-hoc (NIR); czynniki grupujące w tej analizie oznaczono następująco:
 - Typ ćwiczenia (5 poziomów czynnika: od Typ 1. do Typ. 5),
 - Drużyna (4 poziomy: 1A, 1B, 2A, 2B),
 - Liga - klasa sportowa zespołu (2 poziomy: 1. Liga, 2. Liga),
 - Poziom sportowy zawodnika (2 poziomy: Podstawowi, Rezerwowi),
 - Specjalizacja (3 poziomy: Rozrywający, Obrotowi, Skrzydłowi);
- różnice w wielkościach zmiennej "Obciążenie" oszacowano nieparametrycznym testem rang U Manna-Whitneya, który jest najskuteczniejszą nieparametryczną alternatywą dla testu t dla prób niezależnych. W tej analizie porównywano dane w następujących zbiorach:
 - Liga - klasa sportowa zespołu (1. Liga, 2. Liga),
 - Poziom sportowy zawodnika (Podstawowi, Rezerwowi).

We wszystkich analizach porównawczych, jako znaczący przyjęto 95% poziom prawdopodobieństwa dla odrzucenia H_0 ($p < 0,05$).

Obliczeń dokonano przy zastosowaniu programu Statistika 6.0 oraz arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel.

4. WYNIKI

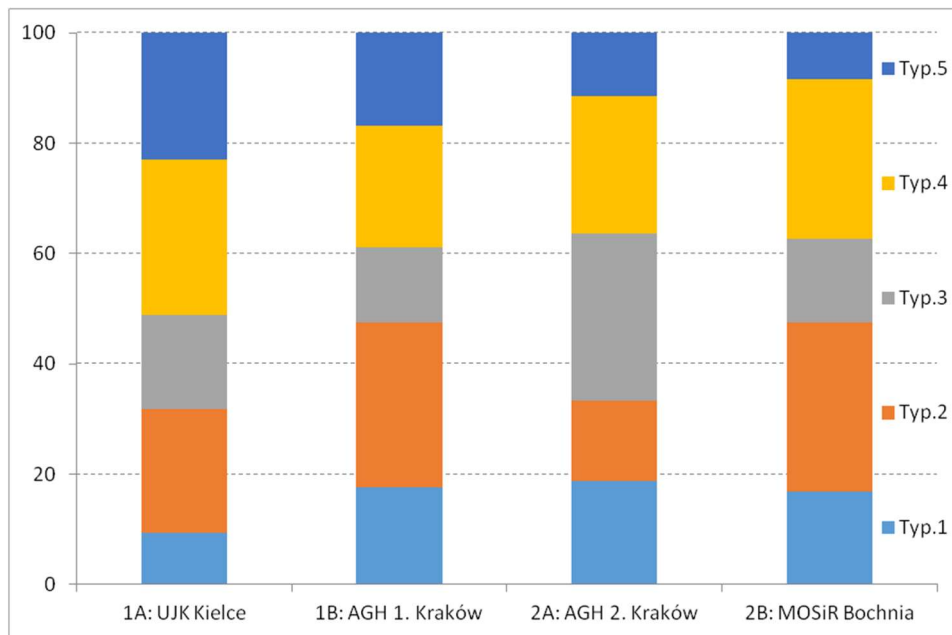
4.1. Porównanie czasu wykonania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej

Czas przeznaczony na efektywną pracę treningową (wykonania ćwiczeń) był różny dla każdej z drużyn w zależności od jej poziomu sportowego (1 i 2 liga). Różnice te są wyraźne w przypadku zespołów reprezentujących inny poziom rozgrywkowy, co wynika przede wszystkim z liczby treningów realizowanych przez drużyny z pierwszej i drugiej ligi w mikrocyklu startowym (tab. 2). Zauważyć należy też różnice pomiędzy zespołami uczestniczącymi w rozgrywkach na tym samym poziomie. Te są szczególnie widoczne gdy weźmiemy pod uwagę średni efektywny czas ćwiczeń podczas jednostki treningowej, który dla poszczególnych drużyn wynosił: UJK Kielce – 71,75 min, AGH 1. Kraków – 61 min, AGH 2. Kraków – 55 min, MOSiR Bochnia – 59,6 min.

Tabela 2. Podsumowania czasu ćwiczeń

	Czas						%				
	ogółem [min]	ćw. Typ 1 [min]	ćw. Typ 2 [min]	ćw. Typ 3 [min]	ćw. Typ 4 [min]	ćw. Typ 5 [min]	ćw. Typ 1 [%]	ćw. Typ 2 [%]	ćw. Typ 3 [%]	ćw. Typ 4 [%]	ćw. Typ 5 [%]
Drużyna											
1A: UJK Kielce	287	27	64	49	81	66	9,4	22,3	17,1	28,2	23,0
1B: AGH 1. Kraków	244	43	73	33	54	41	17,6	29,9	13,5	22,1	16,8
2A: AGH 2. Kraków	165	31	24	50	41	27	18,8	14,5	30,3	24,8	16,4
2B: MOSiR Bochnia	179	30	55	27	52	15	16,8	30,7	15,1	29,1	8,4
Klasa rozgrywkowa											
1. liga	531	70	137	82	135	107	13,2	25,8	15,4	25,4	20,2
2. liga	344	61	79	77	93	42	17,7	23,0	22,4	27,0	12,2

W tabeli 2 zestawiono także zsumowane wartości czasu trwania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej podczas treningów poszczególnych drużyn (typ ćw.). Ponieważ nie można bezpośrednio porównywać tych danych, choćby ze względu na różny czas przeznaczony na trening w porównywanych zespołach, zdecydowano się na analizę proporcji udziału ćwiczeń określonego typu (złożoności koordynacyjnej) w efektywnym czasie treningowym (ryc. 3).



Ryc. 3. Porównanie Drużyn; sumy czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń wyrażone w proporcjach odsetkowych

W tabelach 3 i 4 porównano istotność różnic sum czasu trwania ćwiczeń poszczególnych typów (sumy dla wszystkich treningów) dla dwóch drużyn pierwszej oraz drugiej ligi. Porównano proporcję ilościową: czas trwania ćwiczenia określonego typu z sumą czasu trwania wszystkich pozostałych ćwiczeń np.: czas ćwiczenia Typ1 zestawiono z sumą czasów Typ2 + Typ3 + Typ4 + Typ5 według wzoru: $Czas(Pozost.) = SumaCzasu - Czas(Typ1)$.

Jak wynika z porównania proporcji czasu przeznaczanego na ćwiczenia poszczególnych typów w drużynach pierwszoligowych istotne statystycznie różnice dotyczyły czasu ćwiczeń o najniższej złożoności koordynacyjnej – typu 1 i typu 2 (tab. 2). W obu przypadkach o wiele więcej czasu w mikrocyklu startowym przeznaczano na te ćwiczenia podczas treningów zespołu AGH niż drużyny UJK Kielce.

Natomiast w mikrocyklu startowym drużyn drugoligowych znaczące i istotne statystycznie różnice dotyczyły udziału w ogólnym czasie treningowym ćwiczeń o złożoności koordynacyjnej typu 2, 3 i 5 (tab. 4). Przy czym udział ćwiczeń typu 2 w efektywnym czasie treningowym był znacząco większy u drużyny z Bochni, a typu 3 i 5 w treningu drugoligowego zespołu AGH.

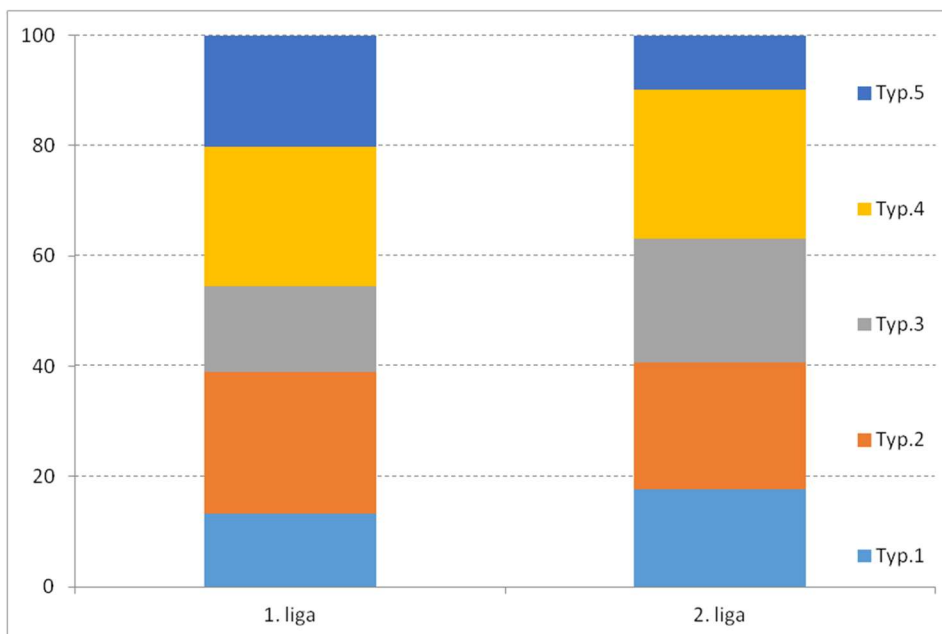
Tabela 3. Drużyny 1-ligowe, 1A oraz 1B; istotność różnic czasu wykonywania ćwiczeń poszczególnych typów

Drużyna	Czas ćwiczeń [min]	Odsetki	p	Chi2
	Typ 1.	Pozost.	%Typ 1.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	27	260	9%	91%
1B: AGH 1. Kraków	43	201	18%	82%
Liczebności oczekiwane	38	249		
	32	212	0,01	7,78
	Typ 2.	Pozost.	%Typ 2.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	64	223	22%	78%
1B: AGH 1. Kraków	73	171	30%	70%
Liczebności oczekiwane	74	213		
	63	181	0,05	4,00
	Typ 3.	Pozost.	%Typ 3.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	49	238	17%	83%
1B: AGH 1. Kraków	33	211	14%	86%
Liczebności oczekiwane	44	243		
	38	206	0,26	1,27
	Typ 4.	Pozost.	%Typ 4.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	81	206	28%	72%
1B: AGH 1. Kraków	54	190	22%	78%
Liczebności oczekiwane	73	214		
	62	182	0,11	2,58
	Typ 5.	Pozost.	%Typ 5.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	66	221	23%	77%
1B: AGH 1. Kraków	41	203	17%	83%
Liczebności oczekiwane	58	229		
	49	195	0,08	3,14

Tabela 4. Drużyny 2-ligowe, 2A oraz 2B; istotność różnic czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń

Drużyna	Czas ćwiczeń [min]		Odsetki		p	Chi2
	Typ 1.	Pozost.	%Typ 1.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	31	134	19%	81%		
2B: MOSiR Bochnia	30	149	17%	83%		
Liczebności oczekiwane	29	136			0,62	0,24
	32	147				
	Typ 2.	Pozost.	%Typ 2.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	24	141	15%	85%		
2B: MOSiR Bochnia	55	124	31%	69%		
Liczebności oczekiwane	38	127			0,00	12,71
	41	138				
	Typ 3.	Pozost.	%Typ 3.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	50	115	30%	70%		
2B: MOSiR Bochnia	27	152	15%	85%		
Liczebności oczekiwane	37	128			0,00	11,45
	40	139				
	Typ 4.	Pozost.	%Typ 4.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	41	124	25%	75%		
2B: MOSiR Bochnia	52	127	29%	71%		
Liczebności oczekiwane	45	120			0,38	0,77
	48	131				
	Typ 5.	Pozost.	%Typ 5.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	27	138	16%	84%		
2B: MOSiR Bochnia	15	164	8%	92%		
Liczebności oczekiwane	20	145			0,02	5,11
	22	157				

Dokonano także porównania zsumowanych wartości czasu trwania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w poszczególnych ligach – sumę czasów w drużynach 1A i 1B (1. Liga) porównano z sumą czasów w drużynach 2A i 2B (2. Liga) (ryc. 4, tab. 5). Największe i istotne statystycznie różnice pomiędzy drużynami reprezentującymi różny poziom sportowy dotyczyły czasu przeznaczanego w treningu na ćwiczenia o złożoności koordynacyjnej typu 3 i 5. Zawodnicy pierwszoligowi więcej czasu poświęcali na wykonywanie ćwiczeń o najwyższej złożoności koordynacyjnej. Natomiast w treningu drugoligowców proporcjonalnie więcej czasu przeznaczano na ćwiczenia o średniej (typ 3) i niskiej złożoności koordynacyjnej (typ 1 – brak istotności statystycznej).



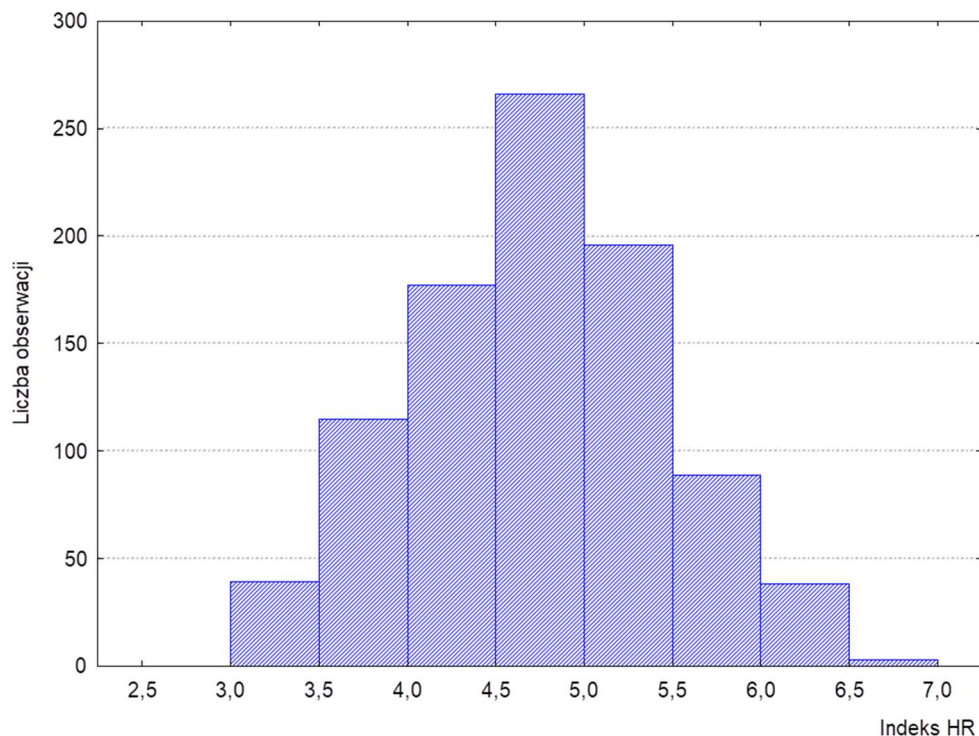
Ryc. 4. Porównanie Lig; sumy czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń wyrażone w proporcjach odsetkowych

Tabela 5. Klasa rozgrywkowa; istotność różnic czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń wyrażone w proporcjach odsetkowych

Klasa rozgrywkowa	Czas ćwiczeń [min]	Odsetki	p	Chi2
	Typ 1.	Pozost.	%Typ 1.	%Pozost.
1. Liga	70	461	13%	87%
2. Liga	61	283	18%	82%
Liczebności oczekiwane	79	452		
	52	292	0,07	3,39
	Typ 2.	Pozost.	%Typ 2.	%Pozost.
1. Liga	137	394	26%	74%
2. Liga	79	265	23%	77%
Liczebności oczekiwane	131	400		
	85	259	0,34	0,90
	Typ 3.	Pozost.	%Typ 3.	%Pozost.
1. Liga	82	449	15%	85%
2. Liga	77	267	22%	78%
Liczebności oczekiwane	96	435		
	63	281	0,01	6,76
	Typ 4.	Pozost.	%Typ 4.	%Pozost.
1. Liga	135	396	25%	75%
2. Liga	93	251	27%	73%
Liczebności oczekiwane	138	393		
	90	254	0,60	0,28
	Typ 5.	Pozost.	%Typ 5.	%Pozost.
1. Liga	107	424	20%	80%
2. Liga	42	302	12%	88%
Liczebności oczekiwane	90	441		
	59	285	0,00	9,32

4.2. Porównanie intensywności ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej

W celu dokonania oceny intensywności ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej obliczono dla każdego z badanych Indeks HR (formuła 1). Zmienna ta wykazała rozkład normalny, co oceniono przy zastosowaniu testów: Kołmogorowa-Smirnowa, Lillieforsa, Shapiro-Wilka (ryc. 5, tab. 6). Dlatego w dalszych analizach różnice średnich arytmetycznych testowano wieloczynnikową analizą MANOWA oraz testami post-hoc.



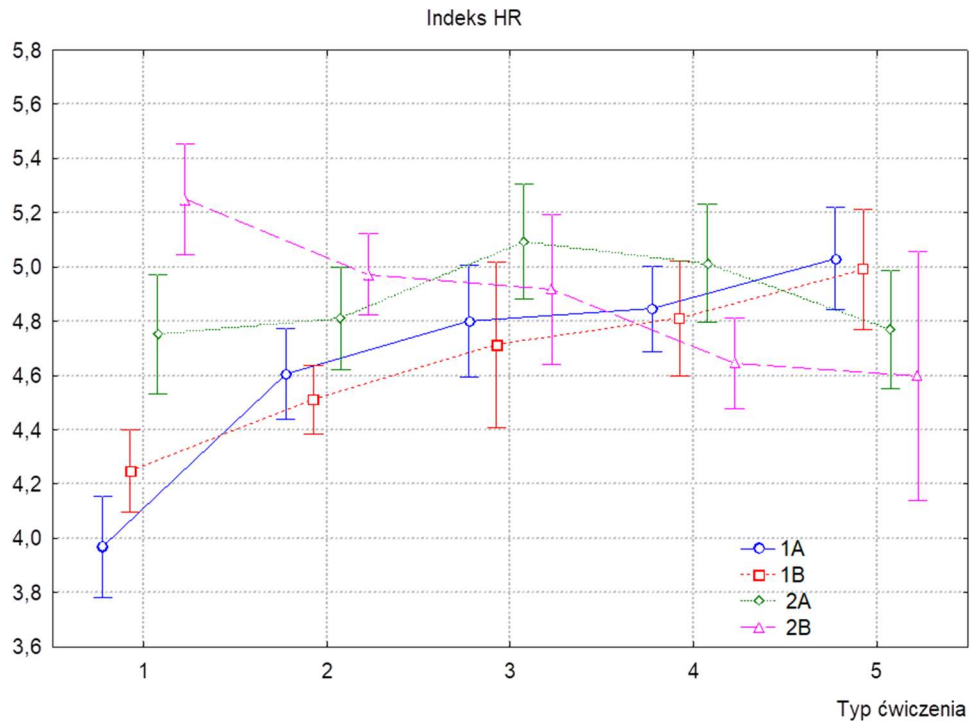
Ryc. 5. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Indeks HR"; liczebność w poszczególnych przedziałach

Tabela 6. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Indeks HR"; liczebność i wielkości odsetkowe w poszczególnych przedziałach;
Kołmogorow-Smirnow $d=0,0172$, $p>0,20$; Lilliefors $p>0,20$; Shapiro-Wilk $W=0,99573$, $p=0,012$

Przedziały Indeks HR	Liczebność	% Liczebność	% Skumul.
2,5 < x ≤ 3,0	0	0	0
3,0 < x ≤ 3,5	39	4,2	4,2
3,5 < x ≤ 4,0	115	12,5	16,7
4,0 < x ≤ 4,5	177	19,2	35,9
4,5 < x ≤ 5,0	266	28,8	64,7
5,0 < x ≤ 5,5	196	21,2	85,9
5,5 < x ≤ 6,0	89	9,6	95,6
6,0 < x ≤ 6,5	38	4,1	99,7
6,5 < x ≤ 7,0	3	0,3	100,0

4.2.1. Zróżnicowanie intensywności ćwiczeń w treningu poszczególnych drużyn

Jak widać na rycinie 6 wartości średnie Indeksu HR obliczone dla poszczególnych drużyn i stopnia złożoności koordynacyjnej ćwiczeń niekiedy wyraźnie odbiegają od siebie. Potwierdzają to wyniki analizy MANOVA, które wykazały istotne statystycznie zróżnicowanie ze względu na drużynę i typ ćwiczenia (tab. 7).



Ryc. 6. Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe w grupach wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"

Tabela 7. MANOVA; ogólna ocena istotność zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR"; grupowanie wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"

Czynnik	SS	MS	F	p
Wyraz wolny	15342,80	15342,80	35222,72	0,00
Drużyna	9,53	3,18	7,30	0,00
Typ ćwiczenia	10,82	2,71	6,21	0,00
Drużyna*Typ ćw.	42,62	3,55	8,15	0,00

Bardziej szczegółowych informacji dostarczają rezultaty testów post-hoc. W tym wypadku Indeks HR wykazał istotne statystycznie różnice międzygrupowe pomiędzy drużynami pierwszo a drugoligowymi (tab. 8). Wynikało to głównie ze znacznych różnic intensywności wykonania ćwiczeń o najniższej złożoności koordynacyjnej (typ 1 i 2) – wyższej u drużyn reprezentujących niższy poziom sportowy (ryc. 6). Ponadto zauważyć należy, że zespoły pierwszoligowe wykonywały ćwiczenia o średniej złożoności

koordynacyjnej (typ 3) z dużo większą intensywnością niż miało to miejsce podczas treningów drugiej drużyny AGH (2A) – różnice istotne statystycznie.

Tabela 8. MANOVA - testy post-hoc; szczegółowa weryfikacja istotności zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR"; grupowanie wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"

Drużyna	1A	1B	2A	Tyćw.	1	2	3	4
1B	0,10			2	0,00			
2A	0,00	0,00		3	0,00	0,01		
2B	0,00	0,00	0,70	4	0,00	0,07	0,22	
				5	0,00	0,00	0,86	0,15

1. Liga		1A					1B				
Drużyna	Tyćw.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	
1A	2	0,00									
	3	0,00	0,15								
	4	0,00	0,04	0,73							
	5	0,00	0,00	0,11	0,14						
	1	0,02									
1B	2		0,39				0,01				
	3			0,64			0,01	0,23			
	4				0,79		0,00	0,02	0,61		
	5					0,79	0,00	0,00	0,15	0,24	
	1										

2. Liga		2A					2B				
Drużyna	Tyćw.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	
2A	2	0,69									
	3	0,03	0,05								
	4	0,09	0,16	0,61							
	5	0,91	0,78	0,04	0,12						
	1	0,00									
2B	2		0,18				0,03				
	3			0,32			0,06	0,74			
	4				0,01		0,00	0,00	0,10		
	5					0,51	0,01	0,13	0,24	0,84	
	1										

1. Liga a 2. Liga		1A					1B				
Drużyna	Tyćw.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2A	1	0,00					0,00				
	2		0,11					0,01			
	3			0,05					0,04		
	4				0,22					0,19	
	5					0,08					0,16
2B	1	0,00					0,00				
	2		0,00					0,00			
	3			0,50					0,33		
	4				0,09					0,23	
	5					0,09					0,13

Legenda oznaczeń:

- 0,05 statystyczna istotność zróżnicowania na poziomie $p < 0,05$
- porównania wewnątrz-grupowe - dla tej samej drużyny
- 1. typ ćwiczeń; porównania między-grupowe - dla różnych drużyn
- 2. typ ćwiczeń; porównania między-grupowe - dla różnych drużyn
- 3. typ ćwiczeń; porównania między-grupowe - dla różnych drużyn
- 4. typ ćwiczeń; porównania między-grupowe - dla różnych drużyn
- 5. typ ćwiczeń; porównania między-grupowe - dla różnych drużyn

Ogólnie nie odnotowano istotnych statystycznie związków w zakresie Indeksu HR w przypadku porównania ze sobą drużyn reprezentujących tą samą kategorię

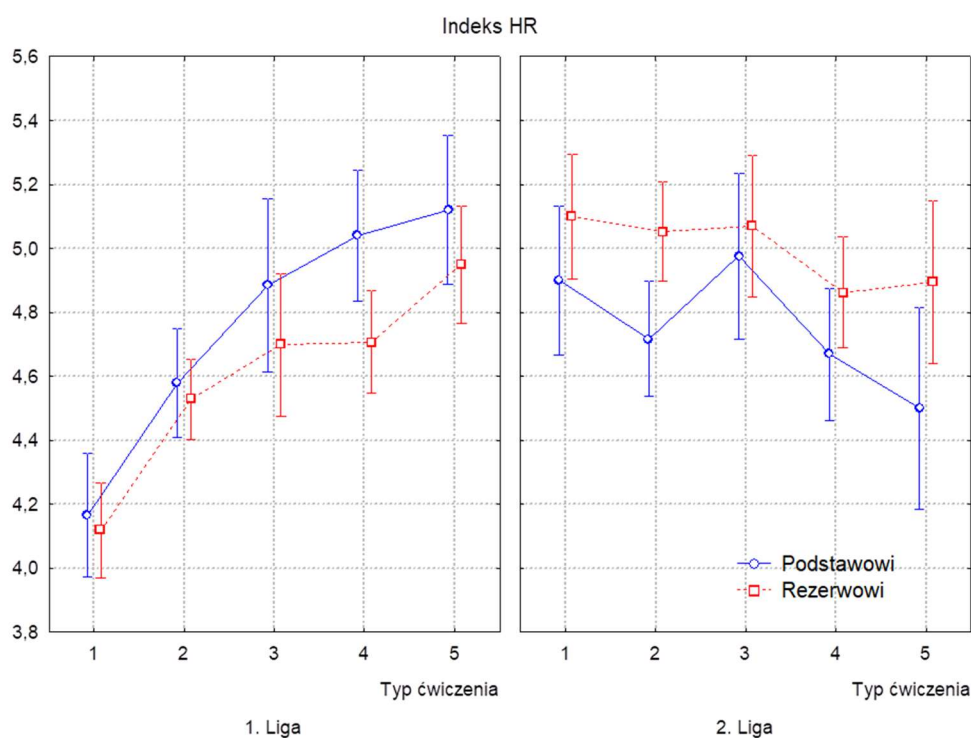
rozgrywkową. Szczegółowa analiza wykazała jednak istotne różnice dotyczące intensywności realizowania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej. U drużyn pierwszoligowych dotyczyły one tylko ćwiczeń o najniższej złożoności koordynacyjnej – zespół UJK Kielce (1A) wykonywał je z większą intensywnością niż pierwsza drużyna AGH (1B) (tab. 8, ryc. 6). Natomiast u drużyn drugoligowych istotne statystycznie różnice dotyczyły Indeksu HR ćwiczeń typu 1 i typu 4. W pierwszym przypadku z większą intensywnością wykonywała je drużyna MOSiR Bochnia (2B), a w drugim zespół AGH 2. (2A).

Tabela 9. Statystyki opisowe zmiennej "Indeks HR"; grupowanie wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"

Czynnik grupujący		N	Średnia	SD	
Ogółem		923	4,73	0,72	
Drużyna					
	1A	263	4,65	0,72	
	1B	266	4,56	0,73	
	2A	190	4,89	0,69	
	2B	204	4,91	0,66	
Typ ćw.					
	1	196	4,47	0,83	
	2	286	4,70	0,68	
	3	116	4,90	0,63	
	4	201	4,81	0,69	
	5	124	4,92	0,61	
Drużyna*Typ. ćw.					
1. liga	1A	1	49	3,97	0,61
	1A	2	60	4,61	0,66
	1A	3	39	4,80	0,59
	1A	4	68	4,85	0,68
	1A	5	47	5,03	0,57
	1B	1	72	4,25	0,60
	1B	2	104	4,51	0,67
	1B	3	18	4,71	0,77
	1B	4	38	4,81	0,79
	1B	5	34	4,99	0,77
2. liga	2A	1	35	4,75	0,78
	2A	2	48	4,81	0,74
	2A	3	37	5,09	0,59
	2A	4	35	5,02	0,79
	2A	5	35	4,77	0,45
	2B	1	40	5,25	0,86
	2B	2	74	4,97	0,59
	2B	3	22	4,92	0,56
	2B	4	60	4,65	0,52
	2B	5	8	4,60	0,54

4.2.2. Intensywność ćwiczeń a poziom sportowy zawodników

Chcąc dokonać bardziej wnikliwej analizy intensywności wykonania ćwiczeń koordynacyjnych przez zawodników reprezentujących różny poziom sportowy dokonano podziału badanych piłkarzy ręcznych na graczy „podstawowych” i „rezerwowych” w obrębie każdej drużyny. Zawodnicy wybierani przez trenera do pierwszego składu (podstawowi) charakteryzują się wyższą skutecznością i efektywnością gry na swoich pozycjach od zawodników rezerwowych. Tym samym reprezentują oni wyższy poziom sportowy. Jak wykazała analiza MANOVA istotne statystycznie różnice w zakresie intensywności wykonywanych ćwiczeń wystąpiły w zakresie porównania obu lig, poziomu sportowego zawodników oraz typów ćwiczeń (tab. 10).



Ryc. 7. Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe zmiennej "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy; grupowanie wg czynników: "Liga" (1. Liga, 2. Liga) oraz "Poziom zawodnika" (Podstawowi, Rezerwowi)

Tabela 10. MANOVA; ogólna ocena istotność zróżnicowania zmiennej "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy; grupowanie wg czynników: "Liga" (1. liga, 2. liga) oraz "Poziom zawodnika" (Podstawowi, Rezerwowi)

Czynnik	SS	MS	F	p
Wyraz wolny	17354,37	17354,37	39721,55	0,00
Liga	7,21	7,21	16,50	0,00
Poziom zawodn.	0,35	0,35	0,81	0,37
Liga*Poziom	7,62	7,62	17,45	0,00
Liga*Typ ćw.	32,29	8,07	18,48	0,00
Poziom*Typ ćw.	1,65	0,41	0,95	0,44
Liga*Poz.*Typ	0,74	0,19	0,42	0,79

Testy post-hoc wykazały istotne statystycznie różnice wielkości zmiennej „Indeks HR” pomiędzy graczami podstawowymi a rezerwowymi tak w grupie zawodników pierwszoligowych jak również drugoligowych (tab. 11). W pierwszym przypadku, jak wykazała szczegółowa weryfikacja analizowanej zmiennej, istotne statystycznie zróżnicowanie dotyczyło jedynie ćwiczeń typu 4., a w przypadku graczy drugoligowych ćwiczeń typu 2. Co ciekawe wśród zawodników pierwszoligowych to gracze podstawowi wykonywali wszystkie ćwiczenia z większą intensywnością od graczy rezerwowych, a u drugoligowców było odwrotnie – wyższy średni indeks HR w każdym typie ćwiczeń uzyskali gracze rezerwowi (ryc. 7, tab. 12).

Odnotowano także istotne statystycznie różnice w zakresie intensywności wykonywania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej pomiędzy graczami rezerwowymi z drużyn pierwszoligowych a rezerwowymi z zespołów drugoligowych (tab. 11). Jak wykazała bardziej szczegółowa analiza – uwzględniająca podział na typ ćwiczeń – istotne statystycznie różnice dotyczyły w tym przypadku ćwiczeń o najniższej złożoności koordynacyjnej (typ 1 i 2), które z dużo większą średnią intensywnością wykonywali zawodnicy drugoligowi (ryc. 7, tab. 12).

Ogólnie nie stwierdzono statystycznie znaczących różnic w intensywności wykonania ćwiczeń pomiędzy zawodnikami podstawowych składów drużyn pierwszoligowych a drugoligowych. Zauważyć jednak należy, że istotne statystycznie różnice wystąpiły w zakresie realizacji poszczególnych typów ćwiczeń (tab. 11) – typ 1 (wyższe wartości indeksu HR u graczy drugoligowych) oraz typ 4 i 5 (większe wartości indeksu HR u graczy pierwszoligowych) (ryc. 7, tab. 12).

Tabela 11. MANOVA - testy post-hoc; szczegółowa weryfikacja istotności zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy zawodników; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Poziom zawodnika"

Liga		1. Liga	1. Liga	2. Liga
Poziom		Podst.	Rezer.	Podst.
1. Liga	Rezerwowi		0,01	
2. Liga	Podstawowi	0,40		
2. Liga	Rezerwowi		0,00	0,00

1. Liga		Podstawowi					Rezerwowi			
Poziom	Typ ćw.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Podstawowi										
	2	0,00								
	3	0,00	0,06							
	4	0,00	0,00	0,36						
	5	0,00	0,00	0,19	0,62					
Rezerwowi										
	1	0,71								
	2		0,64				0,00			
	3			0,30			0,00	0,19		
	4				0,01		0,00	0,08	0,95	
	5					0,26	0,00	0,00	0,09	0,05

2. Liga		Podstawowi					Rezerwowi			
Poziom	Typ ćw.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Podstawowi										
	2	0,22								
	3	0,67	0,11							
	4	0,15	0,73	0,07						
	5	0,04	0,24	0,02	0,38					
Rezerwowi										
	1	0,20								
	2		0,01				0,71			
	3			0,59			0,84	0,90		
	4				0,16		0,07	0,11	0,15	
	5					0,06	0,21	0,30	0,31	0,84

Liga		1. Liga					2. Liga			
Poziom	Typ ćw.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1. Liga										
	2	0,00								
	3	0,00	0,03							
	4	0,00	0,00	0,58						
	5	0,00	0,00	0,03	0,06					
2. Liga										
	1	0,00								
	2		0,00				0,26			
	3			0,04			0,92	0,25		
	4				0,59		0,02	0,16	0,02	
	5					0,03	0,03	0,14	0,03	0,71

1. Liga a 2. Liga		Poziom				
Poziom	Typ ćw.	1	2	3	4	5
Podstawowi						
	1	0,00				
	2		0,27			
	3			0,63		
	4				0,01	
	5					0,00
Rezerwowi						
	1	0,00				
	2		0,00			
	3			0,30		
	4				0,19	
	5					0,20

Legenda oznaczeń:

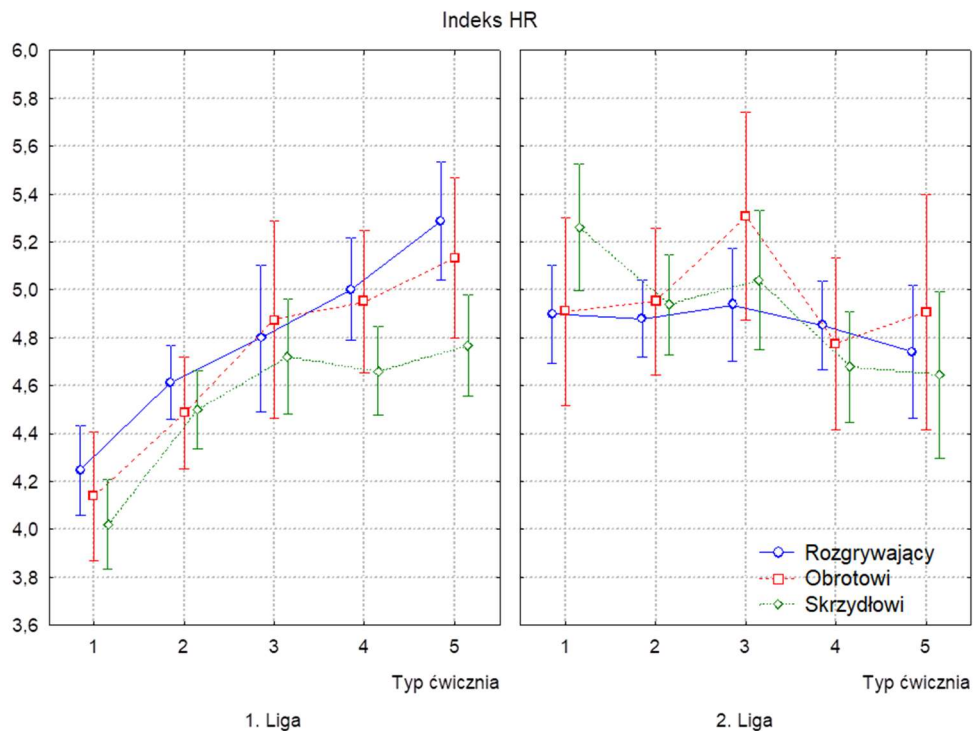
- 0,05** statystyczna istotność zróżnicowania na poziomie $p < 0,05$
- porównania dla tej samej klasy rozgrywkowej (Liga)
- 1. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
- 2. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
- 3. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
- 4. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
- 5. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)

Tabela 12. Statystyki opisowe zmiennej "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy zawodników; grupowanie wg czynników: "Liga" (1. liga, 2. liga) oraz "Poziom zawodnika" (Podstawowi, Rezerwowi)

Czynnik grupujący		N	Średnia	SD	
Ogółem		923	4,73	0,72	
Liga					
1. Liga		529	4,61	0,73	
2. Liga		394	4,90	0,68	
Poziom zawodn.					
Podst.		362	4,72	0,72	
Rezerw		561	4,73	0,72	
Liga*Poz. zawodn.					
1. Liga	Podst.	198	4,70	0,77	
	Rezerw	331	4,55	0,69	
2. Liga	Podst.	164	4,76	0,66	
	Rezerw	230	5,00	0,67	
Liga*Typ ćwiczenia					
1. Liga		1	121	4,14	0,62
		2	164	4,55	0,66
		3	57	4,77	0,65
		4	106	4,83	0,72
		5	81	5,02	0,66
2. Liga		1	75	5,02	0,85
		2	122	4,91	0,66
		3	59	5,03	0,58
		4	95	4,78	0,65
		5	43	4,74	0,47
Poziom zawodnika*Typ ćwiczenia					
Podst.		1	76	4,46	0,79
		2	111	4,64	0,72
		3	48	4,93	0,62
		4	79	4,86	0,67
		5	48	4,90	0,68
Rezerw		1	120	4,48	0,87
		2	175	4,74	0,66
		3	68	4,88	0,63
		4	122	4,78	0,70
		5	76	4,93	0,57
Liga*Poziom zawodnika*Typ ćwiczenia					
1. Liga	Podst.	1	45	4,16	0,59
		2	59	4,58	0,72
		3	23	4,88	0,76
		4	40	5,04	0,71
		5	31	5,12	0,70
	Rezerw	1	76	4,12	0,64
		2	105	4,53	0,63
		3	34	4,70	0,56
		4	66	4,71	0,70
		5	50	4,95	0,63
2. Liga	Podst.	1	31	4,90	0,84
		2	52	4,72	0,72
		3	25	4,98	0,48
		4	39	4,67	0,58
		5	17	4,50	0,40
	Rezerw	1	44	5,10	0,86
		2	70	5,05	0,57
		3	34	5,07	0,65
		4	56	4,86	0,69
		5	26	4,89	0,44

4.2.3. Intensywność ćwiczeń a specjalizacja w grze

Poniżej dokonano analizy intensywności wykonania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w grupach zawodników wydzielonych ze względu na pozycję gry – czyli skrzydłowych, rozgrywających i obrotowych (ryc. 8). Analiza MANOVA wykazała istotne statystycznie zróżnicowanie zmiennej „Indeks HR” w zależności od specjalizacji w grze ze względu na ligę, w której występował zespół (tab. 13).



Ryc. 8. Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe zmiennej "Indeks HR" w zależności od specjalizacji gry; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"

Tabela 13. MANOVA; ogólna ocena istotność zróżnicowania zmiennej "Indeks HR" w zależności od specjalizacji gry; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"

Czynnik	SS	MS	F	p
Wyraz wolny	14783,22	14783,22	33711,81	0,00
Specjalizacja	2,13	1,06	2,42	0,09
Liga*Spec.	3,78	1,89	4,31	0,01
Spec.*Typ ćw.	4,70	0,59	1,34	0,22
Liga*Spec.*Typ ćw.	1,87	0,23	0,53	0,83

Jak wykazały testy post-hoc istotne statystycznie różnice w zakresie intensywności wykonania ćwiczeń wystąpiły między pierwszoligowymi zawodnikami skrzydłowymi a rozgrywającymi (tab. 14). Wpływ na to miała przede wszystkim intensywność ćwiczeń o najwyższej złożoności koordynacyjnej (typu 4 i 5), które zawodnicy rozgrywający wykonywali z dużo większą intensywnością niż skrzydłowi (ryc. 8, tab. 15). Natomiast

u drugoligowców nie odnotowano znaczących różnic między grupami zawodników wydzielonymi ze względu na specjalizację w grze.

Bardzo wyraźnie i istotne statystycznie różnice wystąpiły w przypadku porównania piłkarzy ręcznych grających na tych samych pozycjach w pierwszej i drugiej lidze (tab. 14). Drugoligowi rozgrywający, obrotowi i skrzydłowi wykonywali ćwiczenia o niskiej złożoności koordynacyjnej ze znacznie większą intensywnością niż pierwszoligowi gracze tej samej specjalizacji. Ponadto istotne statystycznie różnice pomiędzy zawodnikami rozgrywającymi reprezentującymi różne klasy rozgrywkowe wystąpiły w zakresie intensywności wykonania ćwiczeń o najwyższej złożoności koordynacyjnej (typ 5), przy czym to pierwszoligowcy wykonywali ten rodzaj ćwiczeń ze znacznie większą intensywnością (ryc. 8, tab. 15).

Tabela 14. MANOVA - testy post-hoc; szczegółowa weryfikacja istotności różnicowania zmiennej: "Indeks HR" ze względu na specjalizację zawodników; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"

Liga	1. Liga			2. Liga		
	Spec.	Rozgr.	Obrot.	Skrzyd.	Rozgr.	Obrot.
1. Liga						
	Obrot.	0,37				
	Skrzyd.	0,00	0,11			
2. Liga						
	Rozgr.	0,01				
	Obrot.		0,00		0,39	
	Skrzyd.			0,00	0,52	0,73

1. Liga

Specjalizacja	Typ ćw.	Rozgrywający					Obrotowi					Skrzydłowi							
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4				
Rozgrywający	2	0,00																	
	3	0,00	0,29																
	4	0,00	0,00	0,28															
	5	0,00	0,00	0,01	0,09														
Obrotowi	1	0,52																	
	2		0,37				0,06												
	3			0,76			0,00	0,11											
	4				0,78		0,00	0,02	0,77										
	5					0,46	0,00	0,00	0,34	0,43									
Skrzydłowi	1	0,09					0,49												
	2		0,32					0,93					0,00						
	3			0,70					0,52				0,00	0,13					
	4				0,02					0,11			0,00	0,19	0,70				
	5					0,00					0,07		0,00	0,05	0,78	0,47			

2. Liga

Specjalizacja	Typ ćw.	Rozgrywający					Obrotowi					Skrzydłowi								
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4					
Rozgrywający	2	0,88																		
	3	0,81	0,69																	
	4	0,73	0,82	0,57																
	5	0,37	0,40	0,29	0,52															
Obrotowi	1	0,96																		
	2		0,68				0,87													
	3			0,14			0,18	0,19												
	4				0,71		0,62	0,46	0,06											
	5					0,57	0,99	0,88	0,23	0,67										
Skrzydłowi	1	0,03					0,14													
	2		0,66					0,94					0,06							
	3			0,58					0,32			0,27	0,57							
	4				0,25					0,65		0,00	0,10	0,05						
	5					0,67					0,39	0,01	0,16	0,09	0,88					

1. Liga a 2. Liga

Specjalizacja	Typ ćw.	1	2	3	4	5
Rozgrywający	1	0,00				
	2		0,02			
	3			0,48		
	4				0,29	
	5					0,00
Obrotowi	1	0,00				
	2		0,02			
	3			0,16		
	4				0,46	
	5					0,46
Skrzydłowi	1	0,00				
	2		0,00			
	3			0,10		
	4				0,92	
	5					0,56

Legenda oznaczeń:
0,05 statystyczna istotność różnicowania na poziomie $p < 0,05$
 porównania dla tej samej specjalizacji i klasy rozgrywkowej (Liga)
 1. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
 2. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
 3. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
 4. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)
 5. typ ćwiczeń; porównania dla różnych klas rozgrywkowych (Liga)

Tabela 15. Statystyki opisowe zmiennej "Indeks HR" w zależności od specjalizacji zawodnika; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"

Czynnik grupujący	Liga	Spec.	Typ ćw.	N	Średnia	SD
Ogółem				923	4,73	0,72
Specjalizacja						
		Rozgr.		409	4,79	0,72
		Obrot.		156	4,75	0,79
		Skrzyd.		358	4,65	0,68
Liga*Specjalizacja						
1. Liga	Rozgr.			202	4,71	0,73
	Obrot.			98	4,63	0,82
	Skrzyd.			229	4,51	0,67
2. Liga	Rozgr.			207	4,87	0,70
	Obrot.			58	4,95	0,69
	Skrzyd.			129	4,92	0,62
Specjalizacja*Typ ćwiczenia						
	Rozgr.	1		89	4,54	0,79
		2		135	4,74	0,67
		3		48	4,89	0,72
		4		87	4,92	0,69
		5		50	5,05	0,65
	Obrot.	1		34	4,39	0,81
		2		49	4,66	0,76
		3		19	5,08	0,59
		4		32	4,88	0,82
		5		22	5,06	0,67
	Skrzyd.	1		73	4,43	0,90
		2		102	4,67	0,67
		3		49	4,85	0,54
		4		82	4,67	0,60
		5		52	4,73	0,51
Liga*Specjalizacja*Typ ćwiczenia						
1. Liga	Rozgr.	1		49	4,25	0,58
		2		70	4,61	0,61
		3		18	4,80	0,82
		4		37	5,00	0,71
		5		28	5,29	0,66
	Obrot.	1		23	4,14	0,70
		2		31	4,49	0,77
		3		10	4,88	0,64
		4		19	4,95	0,83
		5		15	5,13	0,73
	Skrzyd.	1		49	4,02	0,60
		2		63	4,50	0,67
		3		29	4,72	0,54
		4		50	4,66	0,65
		5		38	4,77	0,55
2. Liga	Rozgr.	1		40	4,90	0,87
		2		65	4,88	0,71
		3		30	4,94	0,66
		4		50	4,85	0,67
		5		22	4,74	0,50
	Obrot.	1		11	4,91	0,79
		2		18	4,95	0,66
		3		9	5,31	0,46
		4		13	4,78	0,84
		5		7	4,91	0,56
	Skrzyd.	1		24	5,26	0,84
		2		39	4,94	0,58
		3		20	5,04	0,49
		4		32	4,68	0,52
		5		14	4,65	0,37

4.3. Porównanie obciążeń ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej

Obciążenie w określonym ćwiczeniu jest iloczynem indeksu intensywności (Id.HR) i czasu trwania ćwiczenia (w minutach). Przy czym indeks HR – jak opisano w rozdziale trzecim (Materiał i Metody) – został określony na podstawie 6-cio stopniowej skali obciążeń treningowych (Kozłowski i Nazar 1995, Tipton 2006) z wykorzystaniem matematycznego przelicznika (*formuła 1*) umożliwiającego precyzyjniejszą ocenę zakresu intensywności poszczególnych ćwiczeń.

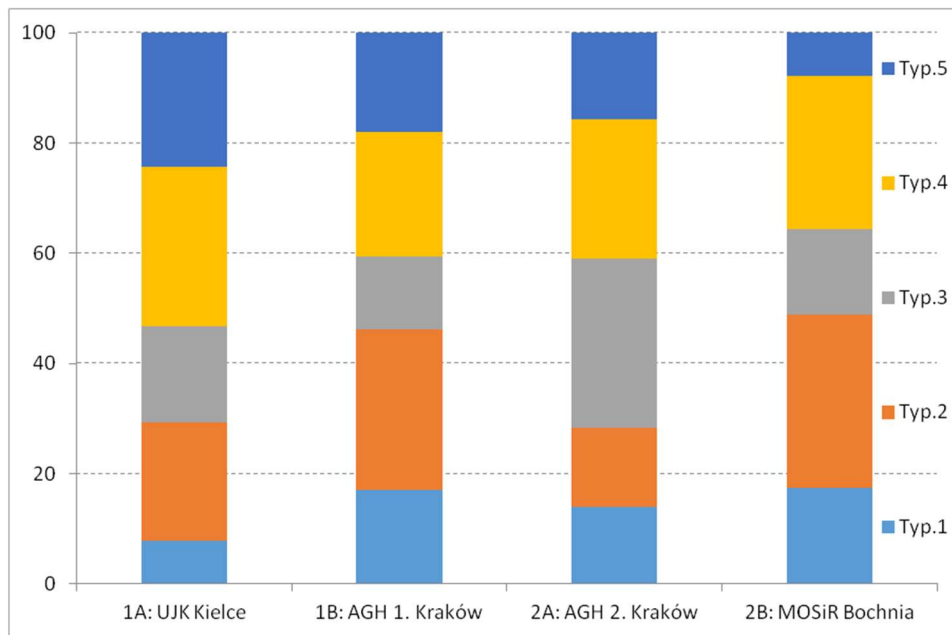
Przyjęto następujący sposób obliczenia obciążenia treningowego [Id.HR*min] przypadającego na jednego zawodnika:

- 1) podczas pojedynczego treningu, każdemu zawodnikowi obliczono obciążenie w poszczególnych typach ćwiczeń (złożoność koordynacyjna ćwiczenia od 1 do 5);
- 2) obciążenia te zsumowano dla każdego z typów ćwiczenia;
- 3) tak wyliczone sumy obciążenia (w osobnych typach ćwiczeń) podzielono przez liczbę zawodników biorących udział w tym treningu;
- 4) następnie wartości te (sumy na zawodnika) zsumowano w kategoriach „Drużyna” (wszystkie treningi pojedynczej drużyny) oraz „Liga” (np. wszystkie treningi zespołów pierwszej ligi).

Tabela 16. Sumaryczne obciążenia w przeliczeniu na zawodnika

Obciążenia	Ogółem	ćw. Typ 1	ćw. Typ 2	ćw. Typ 3	ćw. Typ 4	ćw. Typ 5	% ćw. Typ 1	% ćw. Typ 2	% ćw. Typ 3	% ćw. Typ 4	% ćw. Typ 5
Zespół											
1A: UJK Kielce	1361	107	293	235	394	332	7,9	21,5	17,3	28,9	24,4
1B: AGH 1. Kraków	1113	190	323	149	250	201	17,1	29,0	13,4	22,5	18,1
2A: AGH 2. Kraków	815	114	117	250	206	130	14,0	14,4	30,7	25,3	16,0
2B: MOSiR Bochnia	866	151	272	134	242	69	17,4	31,4	15,5	27,9	8,0
Klasa rozgrywkowa											
1. liga	2474	297	616	384	644	533	12,0	24,9	15,5	26,0	21,5
2. liga	1681	265	389	384	448	199	15,8	23,1	22,8	26,7	11,8

Jak wynika z analizy tabeli 16 i ryciny 9 wraz ze wzrostem poziomu sportowego zawodników wzrastał procentowy udział obciążeń ćwiczeniami o najwyższej złożoności koordynacyjnej. Z kolei w przypadku ćwiczeń o najniższej złożoności można zauważyć odwrotną zależność – jedyna różnica dotyczy większego udziału obciążeń ćwiczeń typu 1 w treningu pierwszego zespołu AGH niż w drugiej drużynie tego klubu. Natomiast w przypadku pozostałych typów ćwiczeń (2, 3 i 4) rozkłady procentowego udziału obciążeń w poszczególnych zespołach są bardzo zróżnicowane.



Ryc. 9. Obciążenia w poszczególnych drużynach w przeliczeniu na jednego zawodnika wyrażone w proporcjach odsetkowych

4.3.1. Zróżnicowanie obciążeń ćwiczeń w treningu poszczególnych drużyn

W tabelach 17 i 18 porównano istotność różnic sum obciążeń treningowych poszczególnych typów ćwiczeń w przeliczeniu na jednego zawodnika pomiędzy drużynami pierwszej oraz drugiej ligi. Porównano proporcję ilościową: obciążenia ćwiczenia określonego typu z sumą obciążeń wszystkich pozostałych ćwiczeń np.: obciążenia ćwiczeń Typ1 zestawiono z sumą obciążeń ćwiczeń Typ2+Typ3+Typ4+Typ5 wg wzoru: $Obciążenia(Pozost.) = SumaObciążeń - Obciążenie(Typ1)$.

Jak wynika z porównania proporcji obciążeń ćwiczeń o różnych poziomach złożoności koordynacyjnej w drużynach pierwszoligowych istotne statystycznie różnice dotyczyły wszystkich typów ćwiczeń (tab. 17). Zauważyć należy, że obciążenia ćwiczeń o niskiej złożoności koordynacyjnej (typ 1 i 2) były wyższe w treningu zawodników AGH. Natomiast w drużynie UJK Kielce znacznie większe obciążenia odnotowano w ćwiczeniach typu 3, 4 i 5 (średniej i wysokiej złożoności koordynacyjnej).

Natomiast u drużyn drugoligowych brak istotności statystycznej dotyczył tylko ćwiczeń o złożoności koordynacyjnej typu 4. W pozostałych przypadkach odnotowano istotne różnice pomiędzy porównywanymi zespołami. W mikrocyklu startowym obciążenia ćwiczeń o niskiej złożoności koordynacyjnej (typ 1 i 2) były znacząco wyższe w drużynie z Bochni, a o średniej i bardzo wysokiej złożoności koordynacyjnej w drugiej drużynie AGH (tab. 18).

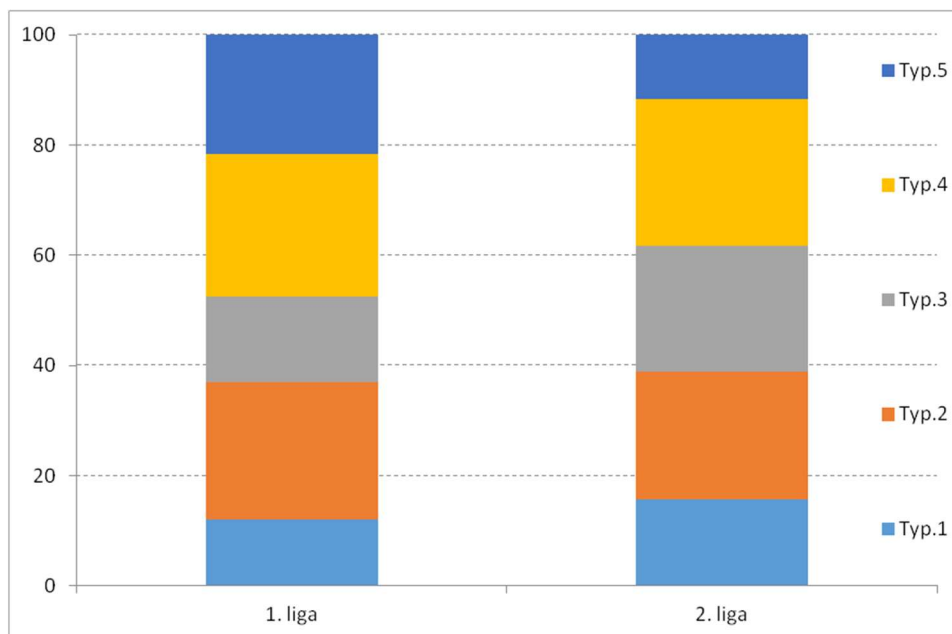
Tabela 17. Drużyny 1A oraz 1B (1-ligowe); wielkość obciążeń w przeliczeniu na jednego zawodnika w poszczególnych typach ćwiczeń

Drużyna	Obciąż.ćw. [ld.HR*min]	Odsetki	p	Chi2
	Typ 1.	Pozost.	%Typ 1.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	107	1254	8%	92%
1B: AGH 1. Kraków	190	923	17%	83%
Liczebności oczekiwane	163	1198		
	134	979	0,00	x
	Typ 2.	Pozost.	%Typ 2.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	293	1068	22%	78%
1B: AGH 1. Kraków	323	790	29%	71%
Liczebności oczekiwane	339	1022		
	277	836	0,00	18,38
	Typ 3.	Pozost.	%Typ 3.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	235	1126	17%	83%
1B: AGH 1. Kraków	149	964	13%	87%
Liczebności oczekiwane	211	1150		
	173	940	0,01	7,03
	Typ 4.	Pozost.	%Typ 4.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	394	967	29%	71%
1B: AGH 1. Kraków	250	863	22%	78%
Liczebności oczekiwane	354	1007		
	290	823	0,00	13,38
	Typ 5.	Pozost.	%Typ 5.	%Pozost.
1A: UJK Kielce	332	1029	24%	76%
1B: AGH 1. Kraków	201	912	18%	82%
Liczebności oczekiwane	293	1068		
	240	873	0,00	14,54

Tabela 18. Drużyny 2A oraz 2B (1-ligowe); wielkość obciążeń w przeliczeniu na jednego zawodnika w poszczególnych typach ćwiczeń

Drużyna	Obciąż. ćw. [ld.HR*min]		Odsetki		p	Chi2
	Typ 1.	Pozost.	%Typ 1.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	114	701	14%	86%		
2B: MOSiR Bochnia	151	715	17%	83%		
Liczebności oczekiwane	128	687			0,05	3,76
	137	729				
	Typ 2.	Pozost.	%Typ 2.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	117	698	14%	86%		
2B: MOSiR Bochnia	272	594	31%	69%		
Liczebności oczekiwane	189	626			0,00	x
	200	666				
	Typ 3.	Pozost.	%Typ 3.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	250	565	31%	69%		
2B: MOSiR Bochnia	134	732	15%	85%		
Liczebności oczekiwane	186	629			0,00	x
	198	668				
	Typ 4.	Pozost.	%Typ 4.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	206	609	25%	75%		
2B: MOSiR Bochnia	242	624	28%	72%		
Liczebności oczekiwane	217	598			0,22	1,53
	231	635				
	Typ 5.	Pozost.	%Typ 5.	%Pozost.		
2A: AGH 2. Kraków	130	685	16%	84%		
2B: MOSiR Bochnia	69	797	8%	92%		
Liczebności oczekiwane	96	719			0,00	25,64
	103	763				

Podobnie jak w przypadku czasu trwania ćwiczeń, dokonano także porównania zsumowanych wartości obciążeń ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w poszczególnych ligach – sumę obciążeń w drużynach 1A i 1B (1. Liga) porównano z sumą obciążeń w drużynach 2A i 2B (2. Liga) (ryc. 10, tab. 19). Największe i istotne statystycznie różnice pomiędzy drużynami reprezentującymi różny poziom sportowy dotyczyły obciążeń ćwiczeń o złożoności koordynacyjnej typu 1, 3 i 5. W treningach zawodników drugoligowych obciążenia ćwiczenia o niskiej (typ 1) i średniej (typ 3) złożoności koordynacyjnej były znacznie większe niż u zawodników pierwszoligowych, którzy, z kolei, znacząco przeważali obciążeniem treningowym w zakresie ćwiczeń typu 5 – o największej złożoności koordynacyjnej.



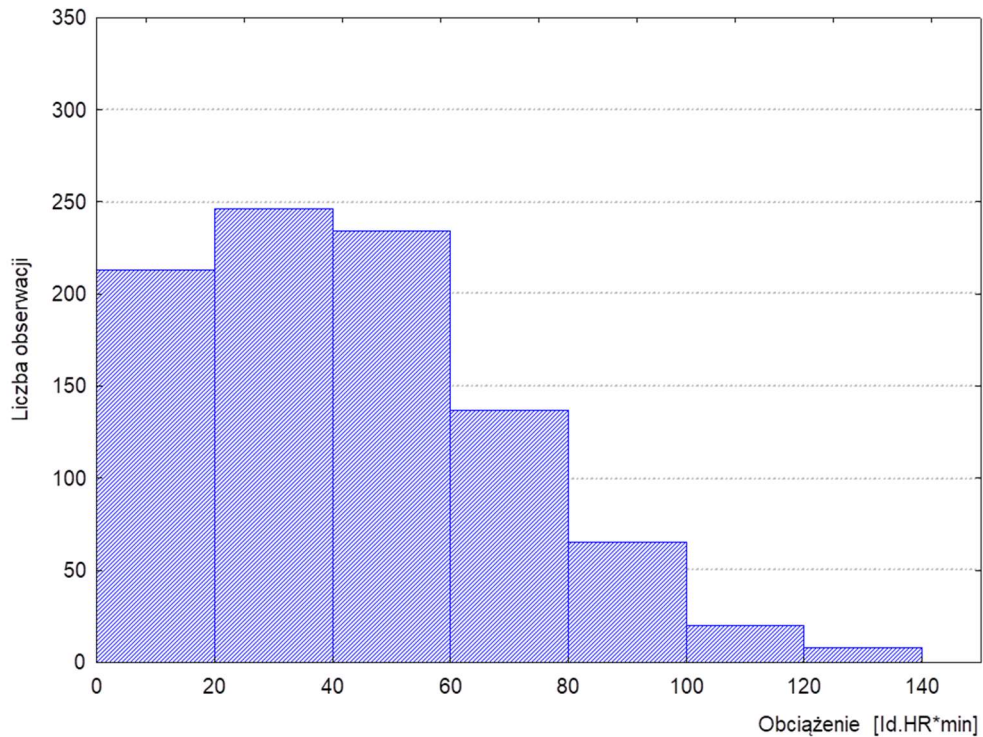
Ryc. 10. Obciążenia w zależności od klasy rozgrywkowej w przeliczeniu na jednego zawodnika, wyrażone w proporcjach odsetkowych

Tabela 19. Klasa rozgrywkowa a wielkość obciążeń w przeliczeniu na jednego zawodnika w poszczególnych typach ćwiczeń

Klasa rozgrywkowa	Obciąż. ćw. [ld.HR*min]		Odsetki		p	Chi2
	Typ 1.	Pozost.	%Typ 1.	%Pozost.		
1. Liga	297	2177	12%	88%		
2. Liga	265	1416	16%	84%		
Liczebności oczekiwane	335	2139			0,00	12,10
	227	1454				
	Typ 2.	Pozost.	%Typ 2.	%Pozost.		
1. Liga	616	1858	25%	75%		
2. Liga	389	1292	23%	77%		
Liczebności oczekiwane	598	1876			0,19	1,69
	407	1274				
	Typ 3.	Pozost.	%Typ 3.	%Pozost.		
1. Liga	384	2090	16%	84%		
2. Liga	384	1297	23%	77%		
Liczebności oczekiwane	457	2017			0,00	x
	311	1370				
	Typ 4.	Pozost.	%Typ 4.	%Pozost.		
1. Liga	644	1830	26%	74%		
2. Liga	448	1233	27%	73%		
Liczebności oczekiwane	650	1824			0,66	0,20
	442	1239				
	Typ 5.	Pozost.	%Typ 5.	%Pozost.		
1. Liga	533	1941	22%	78%		
2. Liga	199	1482	12%	88%		
Liczebności oczekiwane	436	2038			0,00	x
	296	1385				

4.3.2. Obciążenie ćwiczeń a poziom sportowy zawodników

Zmienna „Obciążenie” nie posiada rozkładu normalnego, co oceniono przy zastosowaniu testów: Kołmogorowa-Smirnowa, Lillieforsa, Shapiro-Wilka (ryc. 11, tab. 20). Dlatego do jej analizy zastosowano nieparametryczny test dla rang U Manna-Whitneya.



Ryc. 11. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Obciążenie" [Id.HR*min]; liczebność w poszczególnych przedziałach

Tabela 20. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Obciążenie" [Id.HR*min]; liczebność i wielkości odsetkowe w poszczególnych przedziałach; Kołmogorow-Smirnow $d=,11188$, $p<,01$; Lilliefors $p<,01$; Shapiro-Wilk $W=,93268$, $p=,000$

Przedziały Id.HR*min	Liczba		%	
	Liczebn.	Skumul.	Liczebn.	Skumul.
0<=x<=20	213	213	23	23
20<x<=40	246	459	27	50
40<x<=60	234	693	25	75
60<x<=80	137	830	15	90
80<x<=100	65	895	7	97
100<x<=120	20	915	2	99
120<x<=140	8	923	1	100

Ogólne porównanie obciążeń ćwiczeń (Indeks HR * czas) w obrębie klas rozgrywkowych nie wykazało znaczących różnic pomiędzy zawodnikami podstawowymi a rezerwowymi (tab. 22, ryc. 12). Natomiast wystąpiły istotne statystycznie różnice pomiędzy poszczególnymi drużynami w obrębie pierwszej i drugiej ligi. Trening

zawodników pierwszego i drugiego składu UJK Kielce (1A) charakteryzował się znacząco większym obciążeniem realizowanych ćwiczeń niż miało to miejsce w przypadku graczy podstawowych i rezerwowych pierwszoligowej drużyny AGH Kraków (1B). Z kolei w zespołach drugoligowych wyraźnie większe obciążenia treningowe realizowali zawodnicy podstawowi i rezerwowi drugiej drużyny AGH (2A) niż ich odpowiednicy w zespole MOSiR Bochnia (2B) (tab. 21, ryc. 13).

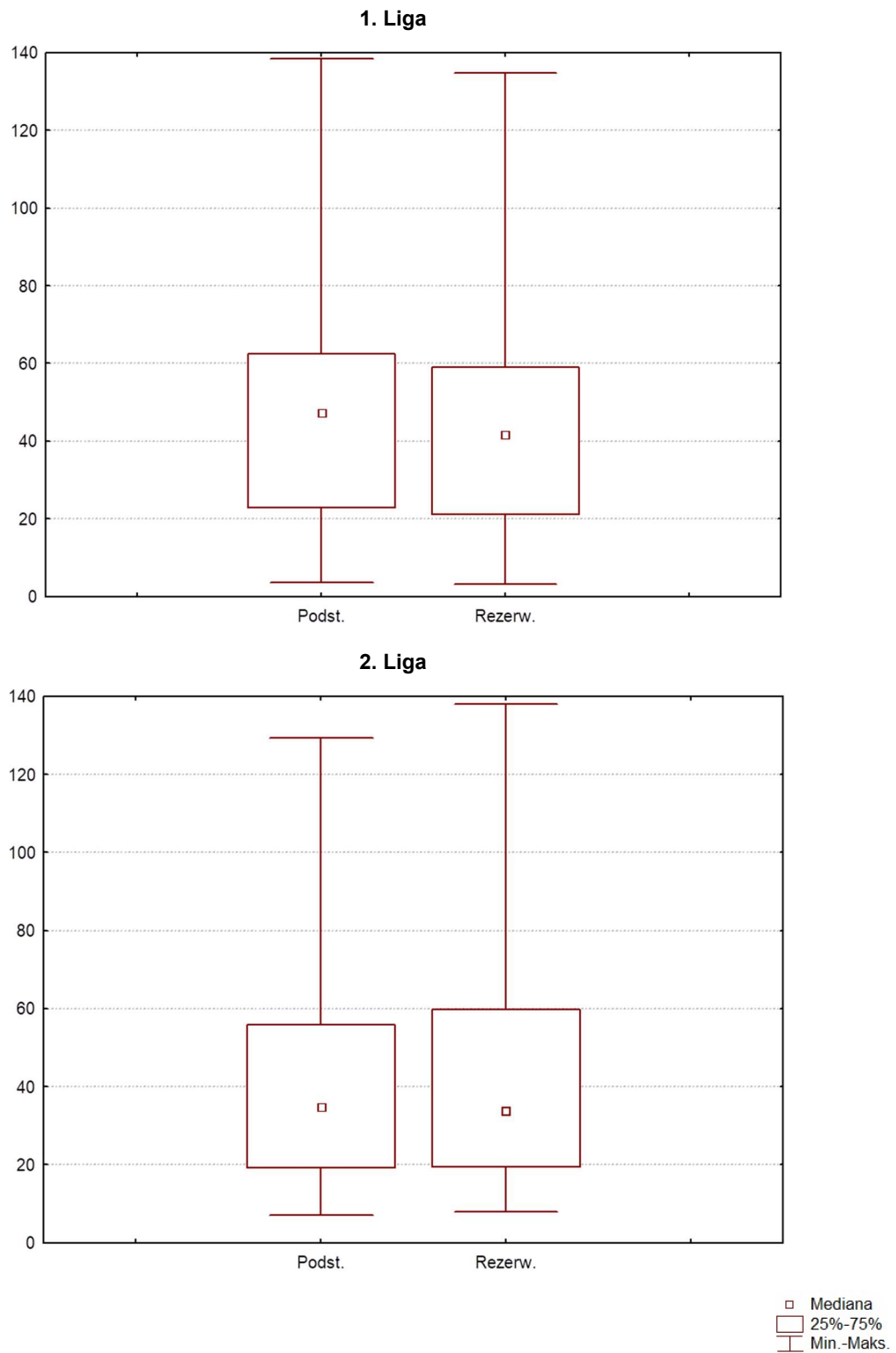
Ponadto istotne statystycznie różnice w zakresie obciążeń wykonywanych ćwiczeń odnotowano pomiędzy graczami podstawowymi drużyn pierwszoligowych a zespołów drugoligowych (tab. 22) – większym poziomem realizowanych obciążeń treningowych charakteryzowali się piłkarze ręczni reprezentujący wyższą klasę rozgrywkową (tab. 21, ryc. 14).

Tabela 21. "Podstawowi" a "Rezerwowi"; statystyki opisowe Obciążenia [ld.HR*min] w poszczególnych Drużynach i Ligach

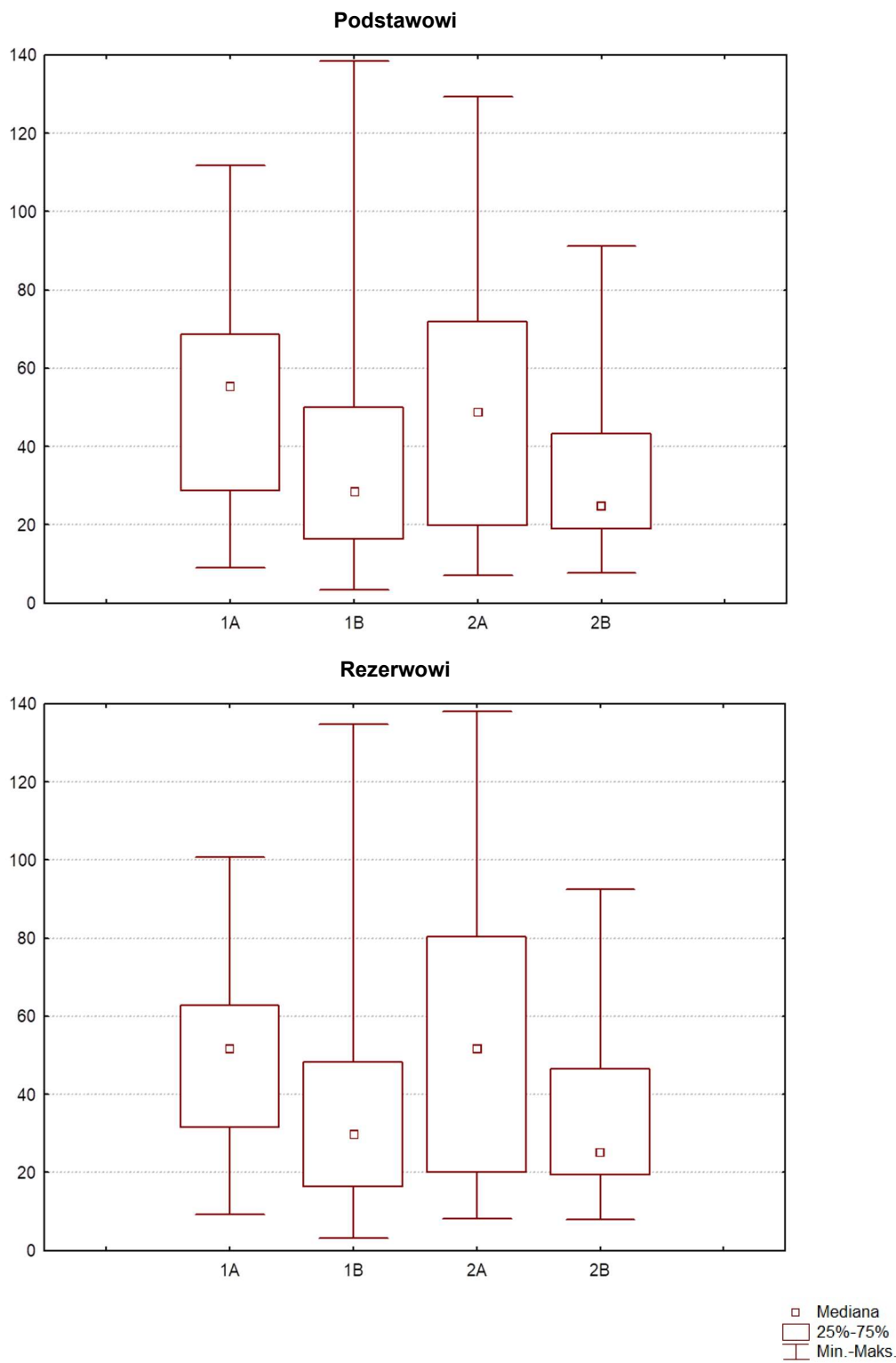
	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Kwart.dol.	Kwart.gór.
Podstawowi								
1A	116	52,5	24,1	55,3	9,1	111,8	28,8	68,7
1B	82	37,0	27,2	28,4	3,5	138,4	16,4	50,0
2A	78	49,9	30,6	48,9	7,0	129,4	19,9	71,8
2B	86	32,6	20,3	24,9	7,6	91,1	19,0	43,2
1.Liga	198	46,1	26,5	47,2	3,5	138,4	22,8	62,5
2.Liga	164	40,8	27,1	34,8	7,0	129,4	19,2	55,8
Rezerwowi								
1A	147	49,2	20,6	51,7	9,3	100,7	31,5	62,8
1B	184	36,8	25,9	29,7	3,2	134,7	16,3	48,2
2A	112	53,0	32,7	51,8	8,2	138,0	20,2	80,3
2B	118	33,2	20,2	25,4	7,9	92,4	19,4	46,6
1.Liga	331	42,3	24,4	41,5	3,2	134,7	21,1	59,1
2.Liga	230	42,9	28,7	33,9	7,9	138,0	19,4	59,7

Tabela 22. Obciążenia a poziom sportowy zawodników; weryfikacja istotności różnic (test U Manna-Whitneya)

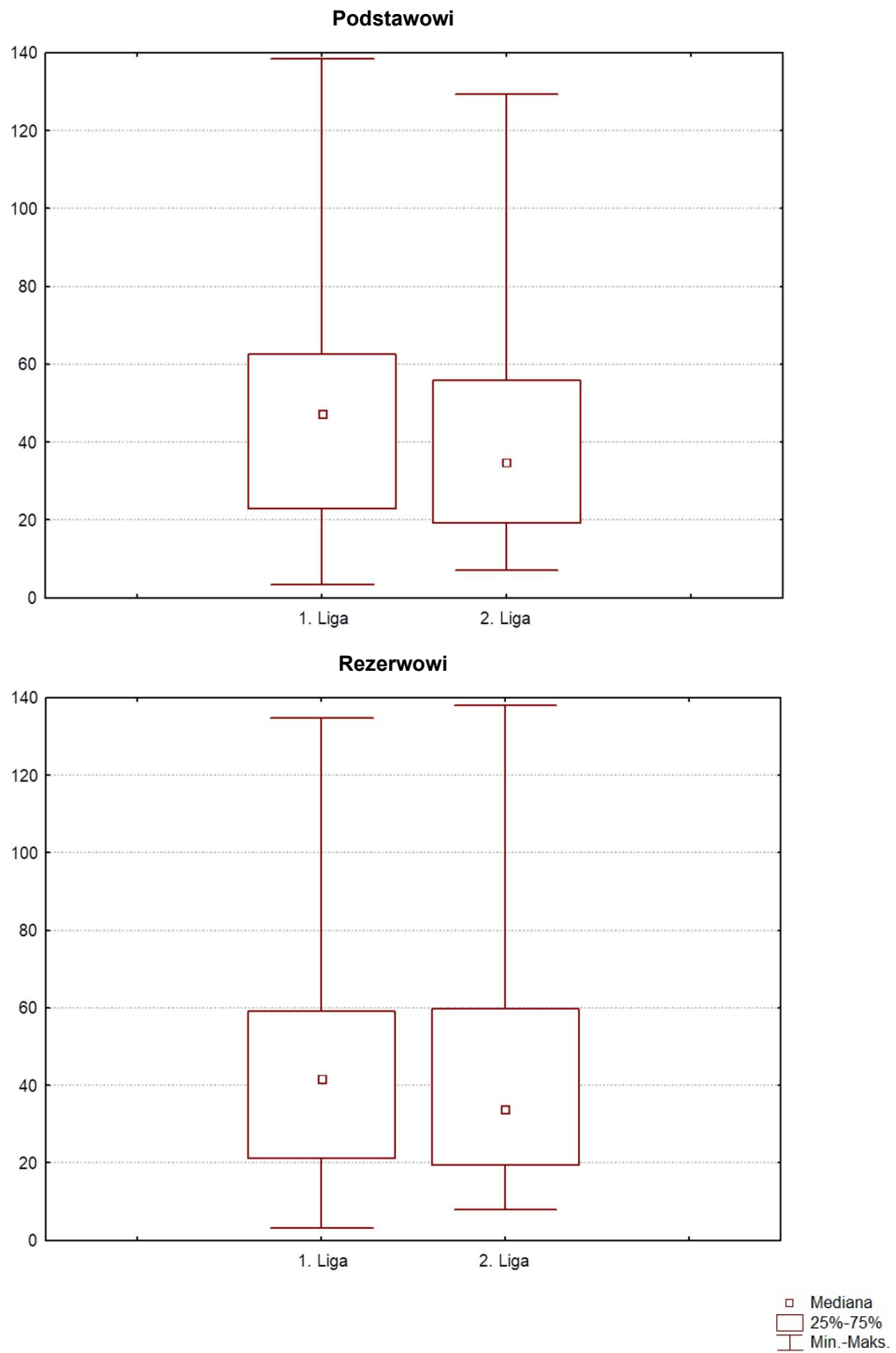
	Suma rang		Test U M-W	Z	p	N	
	Podst.	Rezerw.				Podst.	Rezerw.
1. Liga	55096	85090	30144	1,54	0,12	198	331
2. Liga	31636	46180	18106	-0,68	0,50	164	230
	1. Liga	2. Liga				1. Liga	2. Liga
Podst.	38129	27574	14044	2,21	0,03	198	164
Rezerw.	93982	63660	37095	0,51	0,61	331	230
	1A	1B				1A	1B
Podst.	13378	6323	2920	4,62	0,00	116	82
Rezerw.	29199	25747	8727	5,55	0,00	147	184
	2A	2B				2A	2B
Podst.	7459	6071	2330	3,37	0,00	78	86
Rezerw.	15099	11466	4445	4,29	0,00	112	118



Ryc. 12. Podstawowi a Rezerwowi; Obciążenia [ld.HR*min] u zawodników w poszczególnych Ligach



Ryc. 13. Podstawowi a Rezerwowi; Obciążenia [Id.HR*min] u zawodników w poszczególnych zespołach



Ryc. 14. 1. Liga a 2. Liga; Obciążenia [Id.HR*min] u zawodników o różnym poziomie sportowym

5. DYSKUSJA

Głównym celem pracy była próba opracowania kryteriów i hierarchizacji środków treningowych o różnej złożoności koordynacyjnej, w połączeniu z oceną ich intensywności i objętości stosowanych w piłce ręcznej w okresie startowym. W tym celu dokonano analizy planów treningowych oraz szczegółowej oceny mikrocyklu startowego zespołów na różnym poziomie rozgrywkowym pod kątem złożoności koordynacyjnej ćwiczeń oraz ich objętości i intensywności. Starano się również dokonać diagnozy związków między tymi zmiennymi a poziomem sportowym i efektywnością gry zawodników. Miało to na celu zrozumienie procesu treningowego i wyeliminowanie błędów w planowaniu szkolenia na różnym poziomie zaawansowania sportowego. Wreszcie drogą obserwacji starano się uzyskać odpowiedź na pytanie jaki wpływ na poziom sportowy oraz efektywność gry mają ćwiczenia o dużej złożoności koordynacyjnej, i jaką ich objętość stosować aby zmaksymalizować efektywność procesu treningowego.

Kolejnym ważnym zagadnieniem była próba stworzenia narzędzia służącego do oceny złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningu piłki ręcznej ćwiczeń. W pracy poddano analizie trening zespołów w trakcie okresu startowego. Jak wiadomo w tym okresie trenerzy starają się zoptymalizować przygotowanie zawodników w celu jak najlepszego ich przygotowania do zawodów. Intensywność treningów jest wówczas dostosowana do indywidualnych potrzeb zawodników, a ćwiczenia koordynacyjne, szybkościowe i siłowe, ale również techniczne i taktyczne są w znacznym stopniu integrowane. Stąd potrzeba oceny złożoności koordynacyjnej wszystkich stosowanych w treningu ćwiczeń, bo każde z nich znacząco przyczynia się do podniesienia poziomu przygotowania koordynacyjnego zawodnika.

Należy pamiętać, że na etapie szkolenia specjalistycznego usprawnienie koordynacyjne obejmuje głównie doskonalenie oraz optymalne zintegrowanie wszystkich aspektów sprawności koordynacyjnej, które warunkują najwyższe możliwe osiągnięcia sportowe w danej specjalizacji, oczywiście przy uwzględnieniu możliwości indywidualnych zawodników (Raczek 2000). W piłce ręcznej olbrzymie znaczenie przypisać należy tzw. „zwinności” rozumianej jako zestaw wzajemnie zależnych umiejętności, które łącznie decydują o możliwości odpowiedzi gracza na zewnętrzne bodźce szybkim zatrzymaniem, zmianą kierunku i ponownym przyspieszeniem (Bompa i Haff 2010). Na „zwinność” gracza wpływ mają także

zdolności sportowca do postrzegania i podejmowania decyzji oraz zdolność do szybkiej zmiany kierunku poruszania się (Young i wsp. 2002, Sheppard i Young 2006, Bloomfield i wsp. 2007). Dlatego w treningu gier sportowych stosowane ćwiczenia kształtują często różne zdolności koordynacyjne równocześnie. Kształtują także dokładność i precyzję („zręczność”) w połączeniu z szybkością działania („żwawość” – *quickness*) (Bompa i Haff 2010). Ponadto wraz ze wzrostem poziomu sportowego trening koordynacyjny połączony jest ze specjalnym przygotowaniem technicznym. Dlatego tak ważne jest określenie złożoności koordynacyjnej stosowanych środków treningowych jako jednego z najistotniejszych kryteriów klasyfikacji obciążeń treningowych (Ljach i wsp. 1995, 1998, Ljach i Witkowski 2011, Gierczuk i Bujak 2013, Ljach i Sadowski 2019). Określenie złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningu ćwiczeń nie jest rzeczą łatwą, ponieważ podejmowane w sporcie próby ich oceny nie posiadają obiektywnych charakterystyk (Godik 1995, Sadowski 2003, Ljach i Sadowski 2019).

W badaniach własnych zastosowano wizualną ocenę złożoności koordynacyjnej ćwiczeń stosowanych w trakcie analizowanych treningów. W tym celu przyjęto pięciopunktową skalę podobnie jak zrobili to w swoich analizach Ljach i wsp. (1995, 1998), Sadowski (2003), Gierczuk (2004), Ljach i Witkowski (2011), Ljach i Sadowski (2019). Natomiast inaczej niż wyżej wymienieni badacze oceniano intensywność ćwiczeń. W tym celu opracowano i obliczono dla każdego z badanych, na podstawie 6-cio punktowej skali zakresów tętna (Kozłowski i Nazar 1995, Tipton 2006), wskaźnik intensywności – Indeks HR. Podczas, gdy wcześniej zastosowanie miało określenie względnej intensywności ćwiczeń w procentach zgodnie z propozycją Godika (1980), która opierała się na odniesieniu średniej wartości częstości skurczów serca zarejestrowanej u zawodnika podczas oficjalnego meczu do zarejestrowanego w czasie wykonania konkretnego ćwiczenia. Niestety przepisy gry w piłkę ręczną nie pozwalają na grę zawodnikom z założonym rejestratorem tętna lub nadajnikiem Polar, tym samym pomiar częstości skurczów serca podczas oficjalnych meczów był niemożliwy. Ponadto obliczenie dla każdego zawodnika Indeksu HR, dało możliwość indywidualnej oceny intensywności wszystkich zastosowanych w treningu ćwiczeń, także tych, których wykonanie wymaga realizacji zadań ruchowych rzadko występujących podczas gry.

Jak wynika z przeprowadzonej w pracy analizy wystąpiły znaczące różnice w intensywności wykonania ćwiczeń w trakcie mikrocyklu startowego pomiędzy zawodnikami drużyn pierwszoligowych a zawodnikami występującymi w drugiej lidze. Wynikało to głównie z dużych różnic intensywności wykonania ćwiczeń o najniższej

złożoności koordynacyjnej (typu 1 i 2), która była znacznie większa u zawodników drużyn reprezentujących niższy poziom sportowy. Ponadto, jak wynika z porównania proporcji czasu przeznaczanego na ćwiczenia poszczególnych typów w treningu drużyn pierwszoligowych więcej czasu poświęcono na wykonywanie ćwiczeń o najwyższej złożoności koordynacyjnej, a w treningu drugoligowców więcej czasu przeznaczano na ćwiczenia o średniej (typ 3) i niskiej złożoności koordynacyjnej (typ 1). Takie rezultaty są zgodne z prowadzonymi analizami planów treningowych koszykarzy (Ljach i wsp. 1995, 1998) oraz zawodników sportów walki (Sadowski 2003, Gierczuk 2004, 2006). Ich autorzy stwierdzili, że wraz ze wzrostem stażu treningowego wzrasta poziom złożoności koordynacyjnej stosowanych środków treningowych, co potwierdzają wyniki badań własnych.

Zauważyć także należy znaczne różnice intensywności wykonania ćwiczeń typu 1 i 4 pomiędzy zawodnikami zespołów drugoligowych. Przy czym w pierwszym przypadku z większą intensywnością wykonywali je zawodnicy MOSiR-u Bochnia, a w drugim piłkarze ręczni drugiego zespołu AGH. Jednakże czas przeznaczony na realizację ćwiczeń tego typu w obu drużynach był podobny. Natomiast wystąpiły znaczne różnice w zakresie czasu przeznaczanego na realizację ćwiczeń o średniej (typu 2 i 3) i najwyższej złożoności koordynacyjnej (typu 5). Udział ćwiczeń typu 2 w efektywnym czasie treningowym był znacząco większy u drużyny z Bochni, a ćwiczeń o większej złożoności koordynacyjnej (typu 3 i 5) w treningu drugoligowego zespołu AGH. Analizując uzyskane wyniki należy pamiętać, że drużyna z Bochni osiągnęła znacznie gorszy wynik sportowy od zespołu AGH w ocenianym sezonie rozgrywek II ligi. Reprezentowała więc najniższy poziom sportowy. Oczywiście w zespołach drugoligowych przeważali gracze młodszy, a tym samym posiadający mniejszy staż zawodniczy. Trzeba też zwrócić uwagę na różnice w tym zakresie pomiędzy drużynami reprezentującymi tę kategorię rozgrywkową, bowiem zespół z Bochni posiadał w swoim składzie wielu zawodników w wieku juniora. Ponieważ dobór stosowanych w treningu metod, środków i form jest zależny od stopnia zaawansowania sportowego zawodników, dlatego też intensywność i udział w treningu ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w znacznym stopniu warunkowana była poziomem sportowym i stażem treningowym badanych zawodników.

Uwidoczniała to jeszcze bardziej analiza przeprowadzona w grupach zawodników wydzielonych ze względu na efektywność w grze, czyli po uwzględnieniu podziału każdego zespołu na zawodników „podstawowych” (I skład) i „rezerwowych” (II skład).

Zaobserwowano bowiem istotne statystycznie różnice w intensywności wykonywanych ćwiczeń pomiędzy graczami podstawowymi a rezerwowymi tak w grupie zawodników pierwszoligowych jak również drugoligowych. Wśród zawodników pierwszoligowych to gracze podstawowi wykonywali wszystkie ćwiczenia z większą intensywnością od graczy rezerwowych. U drugoligowców było jednak inaczej z większą intensywnością wykonywali ćwiczenia zawodnicy rezerwowi. Taki wynik, może być zastanawiający, ale trzeba wziąć pod uwagę wiek i staż zawodników drugoligowych. Wydaje się też, że różnice te mogą być rezultatem większej przerwy między treningami umożliwiającej lepszą regenerację sił młodemu zawodnikowi, będącym najczęściej jeszcze w wieku juniora. Przypomnijmy, że liczba treningów, które przypadają na jeden mikrocykl startowy wynosiła od 4 (II liga) do 5 (I liga) – w tym jeden trening realizowany był na siłowni. Wydaje się, że nie jest to duża, ale liczba realizowanych tygodniowo treningów w okresie startowym w większości klubów na tym poziomie w Polsce jest podobna i oczywiście znacznie odbiega od objętości pracy treningowej profesjonalnych zespołów piłki ręcznej (Clemente i wsp. 2017, Font i wsp. 2023).

Nie stwierdzono natomiast różnic w zakresie intensywności wykonania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej pomiędzy zawodnikami pierwszych składów drużyn pierwszoligowych i drugoligowych. Jednak okazały się one znaczące przy porównaniu graczy rezerwowych obu kategorii rozgrywkowych. Istotne statystycznie różnice dotyczyły, w tym przypadku, ćwiczeń o najniższej złożoności koordynacyjnej (typ 1 i 2), które z dużo większą intensywnością wykonywali rezerwowi zawodnicy drugoligowi, czyli gracze reprezentujący najniższy poziom sportowy spośród badanych piłkarzy ręcznych.

Podobny, choć nie identyczny rozkład zależności zaobserwowano w przypadku analizy obciążeń treningowych, obliczonych jako iloczyn czasu trwania ćwiczenia i jego intensywności (Indeks HR). Ogólnie stwierdzić można, że w treningach drużyn reprezentujących wyższy poziom sportowy obciążenia ćwiczeń o wysokiej złożoności koordynacyjnej były znacząco większe, a o niskiej i średniej złożoności koordynacyjnej znacząco mniejsze niż u zespołów o niższym poziomie sportowym. Wynika to z porównania proporcji obciążeń analizowanych środków treningowych między drużynami pierwszoligowymi a drugoligowymi. Podobnie przedstawiają się rezultaty porównań zespołów z jednej kategorii rozgrywkowej z tym, że to w treningu zespołów

o wyższym poziomie sportowym (wyższe miejsce w lidze) obciążenia ćwiczeń o średniej złożoności koordynacyjnej były większe.

Analiza różnic pomiędzy zawodnikami podstawowymi a rezerwowymi w zakresie obciążeń stosowanych w treningu ćwiczeń wykazała istotne statystycznie różnice pomiędzy poszczególnymi drużynami reprezentującymi w obrębie pierwszej i drugiej ligi. Trening zawodników pierwszego i drugiego składu zespołów reprezentujących wyższy poziom sportowy (UJK Kielce – I liga i AGH – II liga) charakteryzował się znacząco większym obciążeniem realizowanych ćwiczeń niż miało to miejsce w przypadku graczy podstawowych i rezerwowych zespołów niżej notowanych w swoich ligach (AGH – I liga, MOSiR Bochnia). Ponadto istotne statystycznie różnice w zakresie obciążeń wykonywanych ćwiczeń odnotowano pomiędzy graczami podstawowymi drużyn pierwszoligowych a zespołów drugoligowych. Oczywiście, jak można było się spodziewać, trening piłkarzy ręcznych reprezentujących wyższą klasę rozgrywkową charakteryzował się znacząco większymi obciążeniami.

Ciekawych informacji ze względu na specyfikę gry w piłkę ręczną dostarczyła analiza intensywności wykonania ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w grupach zawodników wydzielonych ze względu na pozycję gry. Oczywiście analiza ta dotyczyła tylko zawodników z pola gry (skrzydłowych, rozgrywających i obrotowych), bowiem bramkarze w trakcie treningów i meczów realizują zupełnie odmienne zadania.

Bramkarz jest w piłce ręcznej ostatnią linią obrony i często pierwszym zawodnikiem inicjującym atak szybki. Zwykle broni on bramki zasłaniając ją ciałem, rzadko bowiem udaje mu się złapać piłkę, która leci w kierunku bramki niekiedy z bardzo dużą prędkością (około 115 km/h) (Silva 2006). Ta pozycja gry wymaga zastosowania zupełnie innej techniki ruchu. Dlatego w treningu bramkarza stosuje się zupełnie inne ćwiczenia, a w trakcie wykonywania zespołowych (grupowych) ćwiczeń techniczno-taktycznych realizuje on odmienne zadania niż zawodnicy z pola gry. Od bramkarza oczekuje się także dużej gibkości, zwinności, szybkiej reakcji na zmieniającą się sytuację, podejmowania szybkich i trafnych decyzji oraz odwagi, a nawet dużej tolerancji na ból (Silva 2006, Kajtna i wsp. 2012, Krawczyk i wsp. 2018, 2019, Menn i wsp. 2019, Krawczyk i Bodasiński 2022). Tym samym trening bramkarza wymaga zastosowania ćwiczeń o różnej, często bardzo wysokiej złożoności koordynacyjnej. Tym samym podlega on odrębnemu planowaniu, kontroli i analizie, także w zakresie intensywności i obciążeń ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej. Dla przykładu Blecharz i wsp. (2022) na podstawie oceny poziomu wybranych cech poznawczych u 50 piłkarzy

ręcznych reprezentujących różny poziom sportowy stwierdzili, że trening mający na celu reaktywność na różne bodźce (poznawczy) powinien przybierać inną formę w przypadku bramkarzy niż w przypadku pozostałych zawodników. Ponadto badania wykazały istotne różnice w uwadze selektywnej i pamięci krótkotrwałej pomiędzy piłkarzami ręcznymi grającymi na różnych pozycjach. Co ciekawe nie stwierdzono znaczących różnic w zakresie analizowanych parametrów pomiędzy zawodnikami z grupy elitarnej (reprezentacja narodowa) i subelitarnej (I i II liga). Wyniki tych badań umożliwiają opracowanie bardziej efektywnego programu treningu psychologicznego dla potrzeb piłki ręcznej, ale – jak twierdzą autorzy – trening ten powinien być dostosowany do konkretnych pozycji gry (Blecharz i wsp. 2022).

Wydaje się, że powyższe zalecenia dotyczyć także powinny planowania treningu w zakresie złożoności koordynacyjnej stosowanych ćwiczeń. Częściowo potwierdzają to wyniki badań własnych. Wystąpiły bowiem istotne statystycznie różnice w zakresie intensywności wykonania ćwiczeń między pierwszoligowymi zawodnikami skrzydłowymi a rozgrywającymi, które dotyczyły głównie ćwiczeń o najwyższej złożoności koordynacyjnej (typu 4 i 5). Ćwiczenia te zawodnicy rozgrywający wykonywali z dużo większą intensywnością niż skrzydłowi. Natomiast u drugoligowców nie odnotowano znaczących różnic między grupami zawodników wydzielonymi ze względu na specjalizację w grze. Natomiast bardzo wyraźnie różnice wystąpiły w pomiędzy piłkarzami ręcznymi grającymi na tych samych pozycjach a reprezentującymi różny poziom sportowy. Zawodnicy drugoligowi wykonywali ćwiczenia o niskiej złożoności koordynacyjnej ze znacznie większą intensywnością niż pierwszoligowi gracze tej samej specjalizacji. Ponadto istotne statystycznie różnice pomiędzy zawodnikami rozgrywającymi reprezentującymi różne klasy rozgrywkowe wystąpiły w zakresie intensywności wykonania ćwiczeń o najwyższej złożoności koordynacyjnej (typ 5). Przy czym – podobnie jak było to w przypadku wcześniejszych porównań – to pierwszoligowcy wykonywali ten rodzaj ćwiczeń ze znacznie większą intensywnością. Podobne zależności odnotował w badaniach zawodników sportów walki Sadowski (2003). Stwierdził bowiem, że intensywność wykonywanych ćwiczeń przez wysokokwalifikowanych taekwondzistów wzrastała wraz ze zwiększeniem się złożoności koordynacyjnej wykonywanych ćwiczeń. Należy także pamiętać, że w piłce ręcznej tego typu ćwiczenia w mikrocyklu startowym to głównie działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wykonywane z dodatkowymi zadaniami, na ograniczonej przestrzeni, z dużą szybkością, często z wykorzystaniem specyficznej,

indywidualnej techniki, a także we współdziałaniu z partnerami i przeciw aktywnym obrońcom. Nie może więc dziwić, że wyższą intensywność w tych ćwiczeniach mogą uzyskać jedynie zawodnicy dysponujący odpowiednio wysokim poziomem umiejętności technicznych oraz odpowiednim przygotowaniem sprawnościowym i kondycyjnym, czyli reprezentujących wyższy poziom sportowy.

Mimo małej liczby odnotowanych związków w zakresie intensywności wykonania analizowanych ćwiczeń pomiędzy zawodnikami o różnej specjalizacji w grze wydaje się, że – ze względu na różnice wynikające z odmiennych zadań realizowanych na boisku – trenerzy powinni zwrócić większą uwagę na odpowiedni dobór ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej dla poszczególnych graczy. Od piłkarzy ręcznych grających na poszczególnych pozycjach wymaga się bowiem różnych, często specyficznych umiejętności technicznych i zachowań taktycznych, co w powiązaniu ze szczególnymi wymaganiami sprawnościowymi oraz odmiennymi parametrami budowy ciała wymaga większej indywidualizacji zadań treningowych. I tak od zawodników rozgrywających, a szczególnie środkowego rozgrywającego oczekuje się szybkich, ale trafnych decyzji, ponieważ to oni są najczęściej w posiadaniu piłki (Michalsik i wsp. 2015a). Środkowy rozgrywający prawie zawsze pełni w zespole rolę playmakera, który ma za zadanie organizować akcje i skutecznie podawać piłkę do partnerów znajdujących się w sytuacji dogodnej do zdobycia bramki. Z kolei lewy i prawy rozgrywający to zawodnicy, którzy powinni brać na siebie ciężar zdobywania bramek dla drużyny lub dzięki temu, że są dużym zagrożeniem dla przeciwnika ściągnąć na siebie uwagę obrońców, co umożliwi np. obrotowemu lub skrzydłowemu rzut z dogodnej pozycji. Ponadto zawodnicy rozgrywający często grają jako obrońcy, co wymaga wielozadaniowości, wysokiego poziomu sprawności i odpowiedniego przygotowania kondycyjnego (Michalsik i wsp. 2015a, Lefèvre i wsp. 2023). Defensorami są też często zawodnicy obrotowi. Predysponuje ich do tego siła fizyczna i budowa ciała. Obrotowy gra bowiem pomiędzy obrońcami i musi walczyć o pozycję do wykonania rzutu. Pozycja ta wymaga więc od gracza odpowiedniego poziomu siły i mocy, a także odpowiednich parametrów somatycznych, czyli dużej masy ciała, a jednocześnie stosunkowo niskiego wskaźnika tkanki tłuszczowej (Karcher i Buchheit 2014). Zatem z punktu widzenia poznawczego oczekuje się, że obrotowy będzie miał szeroki zakres uwagi zewnętrznej i zdolność do jej wielokrotnego przełączania i wysoki poziom pamięci roboczej (Blecharz i wsp. 2022). Natomiast skrzydłowi to gracze charakteryzujący się największą szybkością i zwinnością. Wykonują także rzuty w najtrudniejszych sytuacjach, jak rzuty w wysoku w głąb pola

bramkowego, które często zakończone są padem, co pozwala na zwiększenie strefy rzutu na bramkę – tzw. „światła bramki” (Silva 2006). Z perspektywy poznawczej podczas prób zdobycia bramki uwaga zewnętrzna zawodnika zawęża się – w tym przypadku tylko do pola bramkowego (Bond i Sargent 2004, Wulf i Su 2007, Schmidt i Wrisberg 2008, Morrow Jr i wsp. 2015, Wulf i Lewthwaite 2016).

Jak się wydaje przy konstrukcji ćwiczeń o średniej i najwyższej złożoności koordynacyjnej powinno się uwzględniać poziom umiejętności podejmowania decyzji przez gracza. Te z kolei zależą w dużym stopniu od sprawności procesów poznawczych zawodników. W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie procesami poznawczymi w sporcie (Yarrow i wsp. 2009, Walsh 2014, Katwała 2016, Walton i wsp. 2018). Dotychczas badania koncentrowały się głównie na szybkości przetwarzania informacji, a także ilości i jakości przetwarzania informacji w jednostce czasu (Kiss i Balogh 2019). Wyniki wykazały, że sportowcy radzą sobie lepiej z wybranymi zadaniami poznawczymi w porównaniu do ogółu populacji (Mann i wsp. 2007, Ong 2015, Voss i wsp. 2010) oraz że podstawowe zdolności poznawcze mogą być predyktorem przyszłego sukcesu sportowego (Vestberg i wsp. 2012, Mangine i wsp. 2014, Kujawski i Kujawska 2016, Araujo i wsp. 2020, Trecroci i wsp. 2021)

Stosowanie ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w piłce ręcznej i innych zespołowych grach sportowych wydaje się być jednym z kluczowych elementów treningu, który wpływa na efektywność zawodników w różnych aspektach gry (Alfailakawi 2016, Kostiukevych i wsp. 2018, Boichuk i wsp. 2019b, Gokhan i Aktas 2019, Bojkowski i wsp. 2022, Fasold i wsp. 2022). Szkolenie sportowe w zespołowych grach sportowych wymaga także urozmaiconego podejścia do ćwiczeń, a stosowanie ćwiczeń technicznych i techniczno-taktycznych o zróżnicowanej złożoności koordynacyjnej pomaga zawodnikom przystosowywać się do różnych sytuacji na boisku. Ponadto poprawia ich zdolność do podejmowania szybkich i dobrych decyzji, kształtując intuicję taktyczną i ucząc zawodników, jak skutecznie działać w zmiennych warunkach meczowych. Znajduje to swoje potwierdzenie w literaturze przedmiotu (Ziv i Lidor 2009) oraz Wagner i wsp. (2017) postulują włączenie do programów przygotowania kondycyjnego piłkarzy ręcznych większej liczby ćwiczeń szybkości i zwinności. Z kolei Mikicin i Szczypińska (2012) stwierdzili w swoich badaniach, że trening percepcyjno-motoryczny poprawia koordynację sensomotoryczną, a percepcja peryferyjna pozytywnie koreluje także z ogólną uwagą zawodników piłki ręcznej. Ta z kolei ma duży wpływ na efektywność gry zawodników. Natomiast Gokhan i Aktas 2019 podkreślają

znaczenie treningu szybkości reakcji i umiejętności przewidywania dla poprawy zwinności koszykarek.

Urozmaicone ćwiczenia i wyzwania treningowe wpływają także pozytywnie na motywację i zaangażowanie zawodników, a pokonywanie różnych poziomów trudności dostarcza satysfakcji z postępów. Rezultatem dobrze zaplanowanego treningu – z uwzględnieniem złożoności koordynacyjnej stosowanych ćwiczeń – będzie więc większa skuteczność i efektywność gry indywidualnej i zespołowej. Pamiętać jednak że dobór stopnia złożoności ćwiczeń oraz ich objętości i intensywności powinien być dostosowany do indywidualnych potrzeb zawodników – ich poziomu sportowego oraz stażu treningowego. Ważne jest też dostosowanie intensywności i trudności ćwiczeń do poziomu zaawansowania technicznego zawodników oraz uwzględnienie specyfiki gry na poszczególnych pozycjach. Ponadto poszczególni gracze mogą charakteryzować się różnym poziomem zdolności koordynacyjnych, więc ważne jest dostosowanie intensywności i trudności środków treningowych do poziomu każdego z nich (Ljach i Witkowski 2011, Boichuk i wsp. 2018a, Kostiukevych i wsp. 2018).

Opracowane kryteria oceny złożoności koordynacyjnej ćwiczeń w połączeniu z metodą określenia ich intensywności umożliwiają prowadzenie kontroli obciążeń treningowych w piłce ręcznej. Jej prowadzenie wydaje się być niezbędne w celu skutecznego planowania pracy szkoleniowej nie tylko w zakresie przygotowania technicznego i techniczno-taktycznego, ale również sprawności fizycznej zawodników. Tym samym może się przyczynić do podniesienia efektywności szkolenia sportowego w piłce ręcznej.

WNIOSKI

Dokonana w niniejszej pracy analiza pozwala sformułować następujące spostrzeżenia i wnioski:

1. Intensywność i udział w treningu ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w znacznym stopniu warunkowana jest poziomem sportowym i stażem trenningowym zawodników. Im wyższy poziom sportowy zespołu tym większa była w okresie startowym objętość i intensywność ćwiczeń o wysokiej złożoności koordynacyjnej. Natomiast w treningu zespołów drugoligowych znacznie więcej czasu przeznaczano na ćwiczenia o niskiej i średniej złożoności koordynacyjnej, a zawodnicy wykonywali je z dużo większą intensywnością niż pierwszoligowi piłkarze ręczni.
2. Pierwszoligowi piłkarze ręczni, którzy w swoich zespołach charakteryzowali się większą efektywnością gry (pierwszy skład drużyny) wykonywali ćwiczenia o różnej złożoności koordynacyjnej z większą intensywnością niż zawodnicy z drugiego składu drużyny. Przy czym różnice te były tym większe im większa była złożoność koordynacyjna stosowanych ćwiczeń techniczno-taktycznych.
3. Nie odnotowano znaczących różnic pomiędzy zawodnikami skrzydłowymi, obrotowymi i rozgrywającymi w zakresie objętości realizowanych ćwiczeń techniczno-taktycznych w drużynach reprezentujących ten sam poziom rozgrywkowy. Zauważyć natomiast należy, że zawodnicy rozgrywający wykonywali ćwiczenia o dużej złożoności koordynacyjnej z większą intensywnością niż piłkarze ręczni grający na pozostałych pozycjach w polu gry.
4. W treningach drużyn reprezentujących wyższy poziom sportowy obciążenia ćwiczeń o wysokiej złożoności koordynacyjnej były znacząco większe, a o niskiej i średniej złożoności koordynacyjnej znacząco mniejsze niż u zespołów o niższym poziomie sportowym.
5. Przyjęte w badaniach własnych kryteria klasyfikacji złożoności koordynacyjnej ćwiczeń techniczno-taktycznych oraz wskaźniki obliczania ich intensywności i obciążeń treningowych mogą być zastosowane w celu planowania i kontroli pracy szkoleniowej w tym zakresie w piłce ręcznej.

PIŚMIENNICTWO

1. Abernethy B., Schorer J., Jackson R.C., Hagemann N. (2012), Perceptual training methods compared: the relative efficacy of different approaches to enhancing sport-specific anticipation. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(2) 143–153.
2. Adamczyk J. (2019), Obciążenia treningowe przeszłość, terażniejszość i wyzwania na przyszłość (W:) J. Sadowski (red.) Współczesne trendy optymalizacji szkolenia sportowego: Księga Jubileuszowa Profesora Henryka Sozańskiego. AWF Warszawa, Filia w Białej Podlaskiej, Biała Podlaska, 111–126.
3. Alfailakawi A. (2016), The effects of visual training on vision functions and shooting performance level among young handball players. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health*, 16(1), 19–24.
4. Araujo D., Davids K., Renshaw I. (2020), Cognition, Emotion and Action in Sport. (In:) G. Tenenbaum, R.C. Eklund (eds). *Handbook of Sport Psychology*. John Wiley and Sons, Inc.
5. Attenborough A.S., Pourkazemi F., Sinclair P.J., Smith R.M., Sharp T., Greene A., Stuelcken M., Hiller C.E. (2016), A previous ankle sprain does not influence the balance of netball players. *New Zealand Journal of Sports Medicine*, 43(1), 12–16.
6. Aughey R.J. (2011), Applications of GPS Technologies to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3): 295-310.
7. Bădescu V. (2018), The performance optimizing in freestyle children swimmers. *Studia Universitatis Vasile Goldis, Physical Education and Physical Therapy*, 7(1), 94–98.
8. Baker M., Graham J., Smith A., Smith Z. (2019), Sport-specific free play youth football/soccer program recommendations around the world. *International Sport Coaching Journal*, 6(2), 234–243.
9. Bakhit M. A., Hamed Y. H. (2010), Complex coordinative abilities as an indicator for selection of youngsters. *World Journal of Sport Sciences*, 3(S), 230–234.
10. Bańkosz Z. (2012), The kinesthetic differentiation ability of table tennis players. *Human Movement*, 13(1), 16–21.
11. Bańkosz Z., Błach W. (2007), Zdolność różnicowania kinestetycznego a dokładność gry zawodników tenisa stołowego. *Medycyna Sportowa*, 23(2), 99–105.
12. Bańkosz Z., Pawlaczyk K., Lewandowski M. (2016), Reproduction accuracy of the range of movement range and pressure force in athletes. *Trends in Sport Sciences*, 2(23), 95–103.

13. Batez M., Milošević Ž., Simić M., Obradović J. (2019), Body Mass Index and motor coordination of boys and girls aged 7 to 9. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 17(1), 101–109
14. Beneke R. (2003), Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 95-99.
15. Bentley D.J., Newell J., Bishop D. (2007), Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37(7), 575-586.
16. Blecharz J., Wrześniewski K., Siekańska M., Ambroży T., Spieszny M. (2022), Cognitive factors in elite handball: Do players' positions determine their cognitive processes? *Journal of Human Kinetics*, 82(1), 213–221.
17. Bloomfield J., Polman, R. O'Donoghue P., McNaughton L. (2007), Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1093–1100. <https://doi.org/10.1519/R-20015.1>
18. Blume D.D. 1981. Kennzeichnung koordinativer Fähigkeiten und Möglichkeiten ihrer Herausbildung im Trainingsprozeß. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Deutschen Hochschule für Körperkultur*, 22(3), 17–41.
19. Boichuk R., Iermakov S., Kovtsun V., Levkiv V., Karatnyk I., Kovtsun V. (2019a), Study of the correlation between the indicators of psychophysiological functions and coordination preparedness of volleyball players (girls) at the age of 15-17. *Journal of Physical Education and Sport*, 19 (2), 405–412.
20. Boichuk R., Iermakov S., Kovtsun V., Levkiv V., Karatnyk I., Kovtsun, V. (2019b), Significance of typological features of the nervous system for the effective implementation of motor coordination processes in 16-18-year-old female volleyball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(3), 1519–1525.
21. Boichuk R., Iermakov S., Kovtsun V., Pasichnyk V., Melnyk V., Lazarenko M., Troyanovska M. (2018a), Individualization of basketball players (girls) coordination preparation at the stage of preparation for the highest achievements. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(3), 1722–1730.
22. Boichuk R., Iermakov S., Kovtsun V., Pasichnyk V., Melnyk V., Lazarenko M., Troyanovska M., Kovtsun V. (2018b), Effect of physical development parameters and conditioning abilities on the level of motor coordination in female volleyball players in the phase of specialized basic training. *Journal of Physical Education and Sport* 18(4), 1950–1957.
23. Boichuk R., Iermakov S., Nosko M., Kovtsun V., Nosko, Y. (2017), Influence of motor coordination indicators on efficiency of game activity of volleyball players at the stage of specialized basic training. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(4), 2632–2637

24. Bojkowski Ł., Kalinowski P., Śliwowski R., Tomczak M. (2022), The importance of selected coordination motor skills for an individual football player's effectiveness in a game. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph19020728>
25. Bompa T.O., Haff G. (2010), *Periodyzacja. Teoria i metodyka treningu*. COS, Warszawa.
26. Bompa T.O., Zając A., Waśkiewicz Z., Chmura J. (2013), *Przygotowanie sprawnościowe w zespołowych grach sportowych*. AWF Katowice.
27. Bond J., Sargent G. (2004), Concentration skills in sport: an applied perspective. (In:) T. Morris, J. Summers (Eds.) *Sport psychology: Theory, applications and issues* (2nd ed.). John Wiley and Sons, Brisbane, Australia, 388–422.
28. Bressel E., Yonker J. C., Kras J., Heath E. M. (2007), Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training*, 42(1), 42–46.
29. Buchheit M., Laursen P. (2013), High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954.
30. Bykova O., Druz V., Pomeschchikova I., Strelnikova E., Strelnikov G., Melnyk A., Shyriaieva I. (2017), Changes in technical preparedness of 13-14-year-old handball players under the influence of coordination orientation exercises. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(3), 1899-1905
31. Cazan F., Rizescu C., Georgescu A., Gidu D., Negrea V. (2013), Identification and evaluation of physical qualities specific to handball. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health*, 13 (2), 409–418.
32. Chagas D.V., Ozmun J., Batista L.A. (2017), The relationships between gross motor coordination and sport-specific skills in adolescent non-athletes. *Human Movement*, 18(4), 17–22.
33. Chelly M., Hermassi S., Aouadi R., Khalifa R., Van den Tillaar R., Chamari K., Shephard R. (2011), Match analysis of elite adolescent team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2410–2417.
34. Chmura J. (2006), Przejawy zdolności szybkościowych podczas meczu. *Sport Wyczynowy*, 9–10, 501–502
35. Chmura J. (2016), Charakterystyka zespołowych gier sportowych – piłka nożna (W:) A. Zając, J. Chmura (red.) *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych*. AWF, Katowice, 25–59.
36. Chmura J., Chmura P., Ciastoń J. (2008), Przygotowanie motoryczne piłkarzy do wysiłku startowego. *Sport Wyczynowy*, 10–12, 526–528

37. Chmura P., Świerzek K., Andrzejewska J., Popowczak M., Dudkowski A., Konefał M., Rokita A. (2015), Endurance skills of young team game players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 7(3), 13–22.
38. Clemente F., Rocha F. (2013), Teaching and soccer training: An approach through a tactical perspective. *Journal of Physical Education and Sport*, 13(1), 14–18.
39. Clemente F.M., Nikolaidis P.T., Guijarro E., Martins, F.M.L., González-Víllora, S. (2017). Analysis of a weekly microcycle in professional handball training. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 39(2), 33–48.
40. Cojocaru A.M., Cojocaru M. (2019), The study of speed development in 14-15 year-old players in the volleyball game. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport Science, Movement and Health*, 19(2), 184–191.
41. Cunningham D., West D., Owen N., Shearer D., Finn C., Bracken R., Kilduff L. (2013), Strength and power predictors of sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53, 105–111.
42. Czerwiński J. (1996), Charakterystyka gry w piłkę ręczną. AWF, Gdańsk.
43. Czerwiński J. (2014), Piłka ręczna: Wybrane elementy teorii i treningu. ZPRP, Warszawa.
44. Delas, S., Miletic A., Miletic D. (2008), The influence of motor factors on performing fundamental movement skills: the differences between boys and girls. *Physical Education and Sport*, 6, 31-39.
45. Dellal A., Chamari C., Wong D., Ahmaidi S., Keller D., Barros M., Bisciotti G., Carling C. (2011), Comparison of physical and technical performance in European professional soccer match-play: The FA Premier League and La LIGA. *European Journal of Sport Science*, 11, 51–59.
46. Dellal A., Wong D., Moalla W., Chamari K. (2010), Physical and technical activity of soccer players in the French first division – with special reference to the playing position. *International SportMed Journal* 11(2), 278–290.
47. Di Salvo V., Gregson W., Atkinson G., Tordoff P., Drust B. (2009), Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205–212.
48. Di Salvo V., Pigozzi F., González-Haro C., Laughlin M., De Witt J. (2013), Match performance comparison in top English soccer leagues. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 526–532.
49. Drid P., Bala G., Obadov S. (2010), The differences in motor and cognitive abilities between the more and less successful 12–14 years old judokas. *Archives of Budo*, 6(2), 95–100.

50. Duk O., Min K., Kawczyński A., Chmura P., Mroczek D., Chmura J. (2011), Endurance and speed capacity of the Korea Republic football national team during the World Cup of 2010. *Journal of Human Kinetics*, 30, 115–121
51. Evans W.J. (1999), Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31: 12-17.
52. Fasold F., Braun A., Klatt S. (2022), Effects of arm dominance and decision demands on change of direction performance in handball players. *Journal of Human Kinetics*, 85(1), 127–135.
53. Faude O., Koch T., Meyer T. (2012), Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631.
54. Fidelus K. (1974), Propozycje jednolitego pomiaru obciążenia treningowego. *Sport Wyczynowy*, 9, 3-10.
55. Font R., Karcher C., Loscos-Fàbregas E., Altarriba Bartés A., Peña J., Vicens-Bordas J., Mesas J.A., Irurtia, A. (2023). The effect of training schedule and playing positions on training loads and game demands in professional handball players. *Biology of Sport*, 40(3), 857–866.
56. Forsman H., Blomqvist M., Davids K., Kontinen N., Luikkonen J. (2016a), The role of sportspecific play and practice during childhood in the development of adolescent Finnish team sport athletes. *International Journal of Sport Science and Coaching*, 11(1), 69–77.
57. Forsman H., Blomqvist M., Davids K., Liukkonen J., Kontinen N. (2016b), Identifying technical, physiological, tactical and psychological characteristics that contribute to career progression in soccer. *International Journal of Sports Science and Coaching* 11(4) 505–513.
58. Frýbort P., Kokštejn J., Musálek M., Süß V. (2016), Does physical loading affect the speed and accuracy of tactical decisionmaking in elite junior soccer players? *Journal of Sports Science and Medicine*, 15, 320–326.
59. Fujii K., Shinya M., Yamashita D. Oda S., Kouzaki M. (2014), Superior reaction to changing directions for skilled basketball defenders but not linked with specialised anticipation. *European Journal of Sport Science*, 14(3), 209–216.
60. Gerbino P.G., Griffin E.D., Zurakowski D. (2007), Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait and Posture*, 26(4), 501–507.
61. Gierczuk D. (2004), Trening koordynacyjny jako czynnik optymalizujący szkolenie zapaśników na etapie ukierunkowanym i specjalnym. Praca doktorska, AWF Kraków.

62. Gierczuk D. (2006). Charakterystyka środków treningowych różnej złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningu zapaśniczym. *Rocznik Naukowy ZWWF w Białej Podlaskiej*, 13, 17–26.
63. Gierczuk, D., Bujak, Z. (2013). The analysis of coordination training means used in the training of wrestlers. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 4(1), 19–23.
64. Głowacki T., Loga A., Zwierko T. (2006), Effort-induced changes in the maximum frequency of tapping in women aged between 65 and 70. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 13, 41–43.
65. Godik M.A. (1980), Kontrol trenirowocznych i sorewnowatelnych nagruzok. *Fizkultura i Sport*, Moskwa.
66. Godik M.A. (1995), Kontrol w sportinoy trenirowkie (W:) F. Suslow, W. Sycz, B. Szustin (red.) *Sowremennaja sistema sportiwnoy trenirowki*. Moskwa, 237–266.
67. Gokhan I., Aktas Y. (2019), Relationship between agility performance and cognitive parameters of female basketball players. *Journal of Educational Issues*, 5(2), 128–134.
68. Gołaś A., Zając A. (2016), Diagnostyka potencjału siły i mocy mięśniowej (W:) A. Zając i J. Chmura (red.) *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych*. AWF, Katowice, 259–269.
69. González-Víllora S., García-López L. M., Contreras-Jordán O.R. (2015), Decision making and skill development in youth football players. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 15(59), 467–487.
70. Guignard B., Rouard A., Chollet D., Bonifazi M., Dalla Vedova D., Hart J., Seifert L., (2019), Upper to lower limb coordination dynamics in swimming depending on swimming speed and aquatic environment manipulations. *Motor Control*, 23(3), 418–442.
71. Hadjisavvas S., Efstathiou M.A., Malliou V., Giannaki C.D., Stefanakis M. (2022). Risk factors for shoulder injuries in handball: systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 1–21.
72. Halicka-Ambroziak H. 1982. Fizjologiczna klasyfikacja dyscyplin sportu. *Sport Wyczynowy*, 10.
73. Halil T., Nurtekin E., Serdar B., Turgut K., Ahmet S., Dede B. (2009), Effects of fatigue on the balance performance as measured by balance error scoring system in volleyball players. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health*, 9(2), 128–134.
74. Harmaciński D., Stefaniak T., Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Stachoń A., Andrzejewska J., Chromik K., Witkowski K., Maśliński J. (2016), An analysis of the correlation between kinesthetic differentiation capacity and the maximum force level in lower limbs. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 8(3), 26–31.
75. Hart C. (1993a), 200 metres training. *Track and Field Quarterly Review*, 1, 15–17.

76. Hart C. (1993b), 400 metres training. *Track and Field Quarterly Review*, 1, 23–28.
77. Hartmann C. 1999. Ausbildung der koordinativen Fähigkeiten. (W:) C. Hartmann, H.J. Minow (red.) Sport verstehen – Sport erleben. Trainingsmethodische Grundlagen. Freistaat Sachsen-Lipsk, University of Lipsk, 2, 322–347.
78. Hirtz P. (1985), Koordinative Fähigkeiten im Schulsport. Volk und Wissen, Berlin.
79. Hirtz P., Wellnitz J. (1985), Hohes Niveau Koordinativer Fähigkeiten führt zu besseren Ergebnissen im Motorischen Lernen. *Theorie und Praxis der Körpererziehung*, 4, 151–154.
80. Hoff J., Helgerud J. (2004), Endurance and strength training for soccer players: Physiological considerations. *Sports Medicine*, 34(3), 165–180.
81. Horníková H., Doležalová L., Krasňanová I., Lednický A. (2019), Differences in reaction time and agility time in 11 to 14 years old schoolboys. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(4), 1355–1360.
82. Jaakkola T., Watt A., Kalaja S. (2017), Differences in the motor coordination abilities among adolescent gymnasts, swimmers, and ice hockey players. *Human Movement*, 18(1), 44–49.
83. Jain A., Bansal R., Kumar A., Singh K.D. (2015), A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students. *International Journal of Applied Basic Medical Research*, 5(2), 124–127.
84. Jarzabek R. (2013), Motoryczna i fizjologiczna charakterystyka wysiłku startowego w wybranych grach zespołowych – piłka ręczna. (W:) T. Bompa, A. Zajac, Z. Waškiewicz, J. Chmura (red.) Przygotowanie sprawnościowe w zespołowych grach sportowych. AWF, Katowice, 60–69.
85. Jarzabek R. 2016. Charakterystyka zespołowych gier sportowych – piłka ręczna (W:) A. Zajac, J. Chmura (red.): Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych. AWF, Katowice, 79–100.
86. Jaskólski A., Jaskólska A. (2005), Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka. AWF, Wrocław.
87. Jastrzębski Z. (2012), Wytrzymałość, szybkość i siła specjalna zawodników zespołowych gier sportowych i sportów indywidualnych na różnych etapach przygotowań. AWFIS, Gdańsk.
88. Jastrzębski Z. 2004. Kontrola treningu w piłce ręcznej. AWFIS, Gdańsk
89. Jastrzębski Z., Wudniak A. (2013), Ocena wydolności tlenowej w grach zespołowych na przykładzie piłkarzy ręcznych (W:) Z. Jastrzębski (red.) Teoria i Praktyka Wychowania Fizycznego i Sportu, 1, 27–49.

90. Juravle I. (2013), Importance of the coordinative abilities development in optimizing the selection process for the elite athletes. *Sport and Society*, 13 (special issue), 28–32.
91. Kachanathu S.J., Dhamija E., Malhotra M.A. (2013), A comparative study on static and dynamic balance in male collegiate soccer and basketball athletes. *Medicina Sportiva*, 9(2), 2087–2093.
92. Kajtna T., Vuleta D., Pori M., Justin I., Pori P. (2012), Psychological characteristics of Slovene handball goalkeepers. *Kinesiology*, 44 (2), 209–217.
93. Kannekens R., Elferink-Gemser M.T., Visscher C. (2011), Positioning and deciding: key factors for talent development in soccer. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2011;21(6):846–52.
94. Karcher C., Buchheit M. (2014), On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814.
95. Katwala A. (2016), *The Athletic Brain: How Neuroscience is Revolutionising Sport and Can Help You Perform Better*. Simon and Schuster, New York.
96. Kelling N.J., Corso G.M. (2018), The effect of spatial working memory capacity on ball flight perception. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(4), 752–765.
97. Kiss B., Balogh L. (2019), A study of key cognitive skills in handball using the vienna test system. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(1), 733–741.
98. Kolev P. (2017), Importance of development of coordination abilities for 13-15-year-old volleyball players. *Research in Kinesiology*, 45(1), 31–35
99. Kostiukevych V., Imas Y., Borysova O., Dutchak M., Shynkaruk O., Kogut I., Voronova V., Shlonska O., Stasiuk I. (2018). Modeling of the athletic training process in team sports during an annual macrocycle. *Journal of Physical Education and Sport*, 18, 327–334.
100. Kozina Z., Goloborodko Y., Boichuk Y., Sobko I., Repko O., Bazilyuk T., Prokopenko I., Prokopenko I., Prokopenko A., Tararak N., Osiptsov A., Kostiukevych V., Guba A., Trubchaninov M., Polianskyi A., Rostovska V., Drachuk A., Stsiuk I. (2018), The influence of a special technique for developing coordination abilities on the level of technical preparedness and development of psycho-physiological functions of young volleyball players 14-16 years of age. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(3), 1445–1454.
101. Kozina Z., Prusik K., Görner K., Sobko I., Repko O., Bazilyuk T., Kostiukevych V., Goncharenko V., Galan Y., Goncharenko O., Korol S., Korol S. (2017), Comparative characteristics of psychophysiological indicators in the representatives of cyclic and game sports. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(2), 648–655.
102. Kozłowski S., Nazar K. (1995), *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*. PZWL, Warszawa.

103. Krawczyk P., Bodasiński S. (2022), Psychomotor abilities as predictors of actions of handball goalkeepers during saves. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 29(3), 15–22.
104. Krawczyk P., Bodasiński S., Bodasińska A., Słupczyński B. (2018), Level of psychomotor abilities in handball goalkeepers. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 10(3), 64–71.
105. Krawczyk P., Bodasiński S., Bodasińska A., Słupczyński B. (2019). The level of psychomotor abilities as a factor differentiating handball goalkeepers' actions in saves from the wing position. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 26(4), 3–10.
106. Kristensen M., Albertsen J., Rentsch M., Juel C. (2005), Lactate and force production in skeletal muscle. *Journal of Physiology*, 562(2), 521–26.
107. Krzysztofik M., Spieszny M., Trybulski R., Wilk M., Pisz A., Kolinger D., Filip-Stachnik A., Stastny P. (2023). Acute effects of isometric conditioning activity on the viscoelastic properties of muscles and sprint and jumping performance in handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(7), 1486–1494.
108. Kujawski S., Kujawska A. (2016), How can cognitive science contribute to sport? How can sport contribute to neuroscience? *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 8, 58-65.
109. Laffer J.C., Coutts A.J., Fransen J. (2019), Effect of skill level on allocation of visual attention in volleyball blocking. *Journal of Motor Learning and Development*, 7, 215– 231.
110. Lambert M.I., Borresen J. (2010), Measuring training load in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 406-411.
111. Laskowski R., Kujach S., Smaruj M., Grzywacz T., Łuszczuk M., Adam M., Ziemann E. (2012), Lactate concentration during one-day male judo competition: A case study. *Archives of Budo*, 8(1): 51-57.
112. Lefèvre T., Guignard B., Karcher C., Reche X., Font R., Komar J. (2023), A deep dive into the use of local positioning system in professional handball: Automatic detection of players' orientation, position and game phases to analyse specific physical demands. *PLoS ONE*, 18(8), 1–18.
113. Ljach W. (1995), Przygotowanie koordynacyjne w zespołowych grach sportowych. (W:) Bergier J. (red.) Science in sports team games. IWFIS, Biała Podlaska, 140–155.
114. Ljach W. (2003), Kształtowanie zdolności motorycznych dzieci i młodzieży. Podręcznik dla nauczycieli, trenerów i studentów. COS, Warszawa.
115. Ljach W., Mikołajec K., Zajac A. (1998), Złożoność koordynacyjna i względna intensywność środków treningowych w koszykówce. *Sport Wyczynowy*, 1–2: 31–35.

116. Ljach W., Mikołajec K., Zając A., Kubaszczyk A. (1995), Kontrola złożoności koordynacyjnej środków treningowych w koszykówce (W:) J. Bergier (red.), An International Conference on Science in Sports Team Games. Instytut Wychowania Fizycznego i Sportu, Biała Podlaska, 229–238.
117. Ljach W., Sadowski J. (2019). Złożoność koordynacyjna ćwiczeń - istotne kryterium klasyfikacji środków oraz kontroli wielkości obciążeń treningowych i startowych (W:) J. Sadowski (red.) Współczesne trendy optymalizacji szkolenia sportowego: Księga Jubileuszowa Profesora Henryka Sozańskiego. AWF Warszawa, Filia w Białej Podlaskiej, Biała Podlaska, 337–353.
118. Ljach W., Sadowski J., Witkowski Z. (2011), Kształtowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych w systemie wieloletniego szkolenia. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 18, 187–196.
119. Ljach W., Witkowski Z. (2011), Metrologiczne podstawy kompleksowej kontroli w sporcie. Monografie i Opracowania ZWWF w Białej Podlaskiej, 12.
120. Loturco I., Nakamura F.Y., Kobal R., Gil S., Cal Abad C.C., Cuniyochi R., Pereira L.A., Roschel H. (2015), Training for power and speed: Effects of increasing or decreasing jump-squat velocity in elite young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2771–2779.
121. Loturco I., Pereiraa L.A., Cal Abad C.C., Tabaresb F., Moraesb J. E., Kobala R., Kitamura K., Nakamura F.Y. (2017), Bar velocities capable of optimising the muscle power in strength power exercises. *Journal of Sports Sciences*, 35(8), 734–741.
122. López-Segovia M., Marques M., van den Tillaar R., González-Badillo J. (2011), Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in u21 soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 30, 135–144.
123. Malacko J., Stanković V. (2011), Canonical relations between variables of coordination abilities, variables of morphological characteristics and motor abilities of boys aged 11–12. *Sport Science*, 1(4), 73–77.
124. Mangine G.T., Hoffman J.R., Wells A.J., Gonzalez A.M., Rogowski J.P., Townsend J.R., Jajtner A.R., Beyer K.S., Bohner J.D., Pruna G.J., Fragala M.S., Stout J.R. (2014), Visual tracking speed is related to basketball-specific measures of performance in NBA players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2406–2414.
125. Mann D.T.Y., Williams A.M., Ward P., Janelle C.M. (2007), Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(4), 457–478.
126. Mańkowska M., Poliszczuk I., Poliszczuk D., John M. (2015), Visual perception and its effect on reaction time and time-movement anticipation in elite female basketball players. *Journal of Sport Tourism*, 22, 3–8.

127. Markiewicz G., Starosta W. (2014), New idea of development movement coordination abilities in water of high level athletes practicing selected combat sports. *Journal of Combat Sports and Martial*, 2(2), 63–67.
128. Marques M., Gil H., Ramos R., Costa A., Marinho D. (2011), Relationships between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint time. *Journal of Human Kinetics*, 29, 115– 122.
129. Maszczyk A., Gołaś A., Pietraszewski P., Kowalczyk M., Ciężczyk P., Kochanowicz A., Smółka W., Zając A. (2018), Neurofeedback for the enhancement of dynamic balance of judokas. *Biology of Sport*, 35(1), 99–102
130. Matthew D., Delextrat A. (2009), Heart rate, blood lactate concentration, and time–motion analysis of female basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(8), 813–821.
131. Matwiejew L.P. (1977), *Osnovy sportivnoj trenirovki*. Fizkultura i Sport, Moskwa.
132. Medeiros A., Marcelino R., Mesquita I., Palao J. (2014), Physical and temporal characteristics of under 19, under 21 and senior male beach volleyball players. *Journal Sports Science Medicine*, 13(3), 658–665.
133. Menn M.L., Bossard C., Travassos B., Duarte R., Kermarrec G. (2019), Handball goalkeeper intuitive decision-making: a naturalistic case study. *Journal of Human Kinetics*, 70(1), 297–308.
134. Metikos B., Kovac S., Covic N., Mekic A. (2014), Male athlete’s body composition and postural balance correlation. *Homo Sporticus*, 16(1), 5–9.
135. Michalsik L., Aagaard P., Madsen K. (2011a), Technical activity profile and influence of body anthropometry in male elite team handball players. European Handball Federation Scientific Conference 2011 – Science and Analytical Expertise in Handball, EHF, Vienna, 174–179.
136. Michalsik L., Aagaard P., Madsen K. (2011b), Match performance and physiological capacity of male elite team handball players. European Handball Federation Scientific Conference 2011 – Science and Analytical Expertise in Handball, EHF, Vienna, 168- 173.
137. Michalsik L., Aagaard P., Madsen K. (2013), Locomotion characteristics and match induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 34 (7), 590–599.
138. Michalsik L., Madsen K., Aagaard P. (2015a), Technical match characteristics and influence of body anthropometry on playing performance in male elite team Handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 416–428.
139. Michalsik L., Madsen K., Aagaard P. (2015b), Physiological capacity and physical testing in male elite team Handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5),415–429.

140. Michnik R., Jurkojć J., Czapla K. (2012), Biomechaniczna ocena zdolności siłowych siatkarek. *Modelowanie Inżynierskie*, 44, 302–306
141. Mikicin M., Szczypińska M. (2021), Does perceptual-motor training improve behavioral abilities of handball players? *Journal of Physical Education and Sport*, 21, 2244–2250.
142. Miroljub I., Uglješa I. (2011), The relation between the motion coordination, volume and body mass of 11-12 year-old female basketball players. *Physical Education and Sport*, 9(2), 131–140.
143. Mohr M., Krustup P., Bangsbo J. (2003), Match performance of high standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal Sports Science*, 21(7), 519– 528.
144. Montgomery P.G., Gorman A.D., Rosemond D., Gorris P., Clarke M., Pyne D.B. (2015), Coaching specific footwork technique effects performance during a defensive basketball close-out. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 23(1), 73–79.
145. Moore B.B., Adams R.D., O'Dwyer N.J., Steel K.A., Cobley S. (2017), Laterality frequency, team familiarity, and game experience affect kicking-foot identification in Australian football players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 12(3), 351– 358.
146. Morrow Jr J.R., Mood D., Disch J., Kang M. (2015), *Measurement and Evaluation in Human Performance* (5th ed.). Human Kinetics, Champaign, IL.
147. Muñoz I. (2017), Answers to be solved in training load quantification. *Research and Investigation in Sports Medicine*, 1(3). doi: 10.31031/RISM.2017.01.000514
148. Muñoz-Lopez A., Granero-Gil P., Pino-Ortega J., De Hoyo M. (2017), The validity and reliability of a 5-hz GPS device for quantifying athletes' sprints and movement demands specific to team sports. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 156–166.
149. Mynarski W., Żywicka A. (2004), *Empiryczny model koordynacyjnych uwarunkowań motoryczności człowieka*. AWF, Katowice.
150. Nikolaidis P. (2014), Age-predicted vs. measured maximal heart rate in young team sport athletes. *Nigerian Medical Journal*, 55(4), 314–320.
151. Norkowski H. 2002. The intensity of handball competition in relation in the field. *Physical Education and Sport*, 46(2), 203–208.
152. Norton K., Craig N., Olds T. (1999), The evolution of Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(4), 389–404.
153. Ong N.C.H. (2015), The use of the Vienna Test System in sport psychology research: A review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 8(1), 204–223.

154. Osiński W. (2018), Antropomotoryka (wydanie III zmienione). AWF, Poznań.
155. Ostojic S., Mazic S., Dikic N. (2006), Profiling in basketball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 740–744.
156. Özdal M., Biçer M., Pancar Z. (2019), Effect on an eight-week core strength training on one leg dynamic balance in male well-trained athletes. *Biology of Exercise*, 15(1), 125–135.
157. Paillard T., Noé F., Rivière T., Marion V., Montoya R., Dupui P. (2006), Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training*, 41(2), 172–176
158. Palao J. M., Valades D. (2016), Validity of the standing and jump spike tests for monitoring female volleyball players of different levels of competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 1102–1108.
159. Palomo-Nieto M., Psotta R., Adrian A., Abdollahipour R., Valtr L. (2015), The effects of various visual conditions on the gait cycle in children with different level of motor coordination- a pilot study. *RICYDE, Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 42(11), 387–399.
160. Papadakis L., Mitrotasios M., Patras K. (2017), Influence of aerobic endurance, sports speed and strength to repeated sprint performance in professional soccer players. *Biology of Exercise*, 13(1), 45–57.
161. Parlic M., Ilić A., Jakšić V., Parlić M., Makević V., Milanović S. (2018), The study of the age-related dynamics of the reaction time to visual stimuli in schoolchildren. *Facta Universitatis: Series Physical Education and Sport*, 16(2), 337–346.
162. Pereira L.A., Cal Abad C.C., Kobal R., Kitamura K., Orsi R.C., Ramirez-Campillo R., Loturco I. (2018), Differences in speed and power capacities between female national college team and national olympic team handball athletes. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 85–94.
163. Pind R., Mäestu J. (2017), Monitoring training load: necessity, methods and applications. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 23, 7–18.
164. Pion J.A., Fransen J., Deprez D.N., Segers V.I., Vaeyens R., Philippaerts R.M., Lenoir M. (2015), Stature and jumping height are required in female volleyball, but motor 164 coordination is a key factor for future elite success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1480–1485.
165. Popowczak M., Rokita A., Struzik A., Cichy I., Dudkowski A., Chmura P. (2016), Multidirectional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Perceptual and Motor Skills*, 123(2), 543–563.
166. Popowczak M., Rokita A., Świerzko K., Szczepan S., Michalski R., Maćkała K. (2019), Are linear speed and jumping ability determinants of change of direction

- movements in young male soccer players? *Journal of Sports Science and Medicine*, 18, 109–117.
167. Prieto J., Gómez M.Á., Sampaio J. (2015), From a static to a dynamic perspective in handball match analysis: a systematic review. *The Open Sports Sciences Journal*, 8, 25-34
 168. Przednowek K., Śliż M., Lenik J., Dziadek B., Cieszkowski S., Lenik P., Kopeć D., Wardak K., Przednowek K.H. (2019), Psychomotor Abilities of Professional Handball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph16111909>
 169. Pueo B., Jimenez-Olmedo J., Penichet-Tomas A., Ortega Becerra M., Espina Agullo J. (2017), Analysis of time-motion and heart rate in elite male and female beach handball. *Journal of Sports Science and Medicine*, 16, 450–458
 170. Póvoas S., Ascensão A., Magalhães J., Seabra A., Krstrup P., Soares J., Rebelo A. (2014), Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 430–442.
 171. Póvoas S., Seabra A., Ascensão A., Magalhães J., Soares J., Rebelo A. (2012), Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 3365–3375.
 172. Raczek J. (1989), Szkolenie dzieci i młodzieży w systemie sportu wyczynowego. AWF, Katowice.
 173. Raczek J. (1991), Koordynacyjne zdolności motoryczne: podstawy teoretyczno-empiryczne i znaczenie w sporcie. *Sport Wyczynowy*, 5, 6, 8–19.
 174. Raczek J. (2010), Antropomotoryka – teoria motoryczności człowieka w zarysie. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
 175. Raczek J., Mynarski W., Ljach W. (2003), Kształtowanie i diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych (wyd II). AWF, Katowice.
 176. Raczek J. (1999), Teoretyczne podstawy treningu koordynacyjnego (I). *Sport Wyczynowy*, 11–12, 9-24.
 177. Raczek J. (2000), Funkcje, cele oraz model treningu koordynacyjnego (II). *Sport Wyczynowy*, 1-2, 17-25.
 178. Rampinini E., Coutts A.J., Castagna C., Sassi R., Impellizzeri F.M. (2007), Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018–1024.
 179. Randers M., Andersen T., Rasmussen L., Larsen M., Krstrup P. (2014), Effect of game format on heart rate, activity profile, and player involvement in elite and recreational youth players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(1), 17–26.

180. Reaburn P. (2009), *The Masters Athlete: Improve Your Performance, Improve Your Fitness, Improve Your Life*. Info Publishing, Queensland, Mackay.
181. Rejman M., Klarowicz A., Zatoń. K (2012), An evaluation of kinesthetic differentiation ability in monofin swimmers. *Human Movement*, 13(1), 8–15.
182. Roca A., Ford P.R., McRobert A.P., Williams M.A. (2013), Perceptual-cognitive skills and their interaction as a function of task constraints in soccer. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 35, 144–155.
183. Rovniy A., Pasko V., Nesen O., Tsos A., Ashanin V., Filenko L., Karpets L., Goncharenko V. (2018), Development of coordination abilities as the foundations of technical preparedness of rugby players 16–17 years of age. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(4), 1831–1838.
184. Ryan S., Coutts A., Hocking J., Kempton T. (2017), Factors affecting match running performance in professional Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 1199–1204.
185. Ryguła I. (red.) (2000), *Elementy teorii, metodyki, diagnostyki i optymalizacji treningu sportowego*. AWF, Katowice.
186. Sadowski J. 2003. *Osnovy trenirovki koordinacionnyh sposobnostej v vostochnyh edinoborstvah*. ZWWF, Biała Podlaska.
187. Sadowski J., Wołosz P., Zieliński J., Niznikowski T., Buszta M. (2015), Structure of coordination motor abilities in male basketball players at different levels of competition. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 21. 10.1515/pjst-2015-0004.
188. Sadowski J., Wołosz P., Zieliński J., Niżnikowski T., Buszta M. (2014), Structure of coordination motor abilities in male basketball players at different levels of competition. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 21, 234–239
189. Schmidt R.A., Lee T.D. 2005, *Motor control and learning: a behavioral emphasis* (4th ed.). Human Kinetics, Champaign, IL.
190. Schmidt R.A., Wrisberg C.A. (2008), *Motor learning and performance: a situation-based learning approach*. Human Kinetics, Champaign, IL.
191. Schmidt R.A., Wrisberg C.A. 2009. *Czynności ruchowe człowieka – uczenie się i wykonywanie w różnych sytuacjach*. Biblioteka Trenera, COS, Warszawa.
192. Schorer J., Rienhoff R., Fischer L., Bake J. (2013), Foveal and peripheral fields of vision influences perceptual skill in anticipating opponents' attacking position in volleyball. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38, 185–192.
193. Sekulic D., Spasic M., Mirkov, D., Cavar, M., Sattler T. (2013), Gender specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 802–812.

194. Shady A.A., Mahmoud M.A. (2013), Effect of spatial orientation and motor rhythm trainings on motor speed and skill performance level of soccer juniors. *Science, Movement and Health*, 13(2), 66–72.
195. Shelton J., Kumar G.P. (2010), Comparison between auditory and visual simple reaction Times. *Journal of Neuroscience and Medicine*, 1(1), 30–32.
196. Sheppard J.M., Young W.B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932.
197. Silva J.M. (2006), Psychological aspects in the training and performance of team handball athletes (In:) J. Dosil (Ed.) *The Sport Psychologist's Handbook: A Guide for Sport-Specific Performance Enhancement*. John Wiley and Sons Ltd., 211–243.
198. Silva J.R., Nassis G.P., Rebelo A. (2015), Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 17.
199. Šimonek J. (2014), *Coordination Abilities in Volleyball*. De Gruyter Open Ltd, Warsaw/Berlin.
200. Šimonek J., Horička P., Hianik J. (2017), The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 73–82.
201. Sozański H. (1986), *Zróźnicowanie rozwoju sportowego młodocianych zawodników w zależności od rodzaju treningu*. AWF, Warszawa.
202. Sozański H. (red.) (1992), *Kierunki optymalizacji obciążeń treningowych*. AWF, Warszawa.
203. Sozański H., Sadowski J., Czerwiński J. (red.) 2015. *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego, Tom II*. AWF, Warszawa – Biała Podlaska.
204. Sozański H., Śledziewski D. (red.) (1995), *Obciążenia treningowe - dokumentowanie i opracowanie danych*. RCMSzKFIS, COS, Warszawa.
205. Sozański H., Zaporozhanow W. (1993), *Kierowanie jako czynnik optymalizacji treningu*. RCMSzKFIS, COS, Warszawa.
206. Spasovska K. (2011), The connection of motorist abilities for assessment the coordination and explosive power with successful perform to gymnastic element, motor in front loom on paralel bars. *Activities in Physical Education and Sport*, 1(2), 129–134.
207. Sporiš G., Vučetić V., Milanović L., Milanović Z., Krespi M., Krakan I. (2014), Anaerobic endurance capacity in elite soccer, handball and basketball players. *Kinesiology*, 46, 52–59.
208. Starosta W. (2003), *Motoryczne zdolności koordynacyjne: znaczenie, struktura, uwarunkowania, kształtowanie (wyd. II)*. Instytut Sportu, Warszawa.

209. Stevens T.G.A., De Ruiter C.J., Beek P.J., Savelsbergh G.J.P. (2016), Validity and reliability of 6-a-side small-sided game locomotor performance in assessing physical fitness in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 527–534.
210. Struzik A., Rokita A., Pietraszewski B., Popowczak M. (2014), Accuracy of replicating static torque and its effect on shooting accuracy in young basketball players. *Human Movement*, 15(4), 216–220.
211. Sundstrup E., Jakobsen M.D., Andersen J.L., Randers M.B., Petersen J., Suetta C., Aagaard P., Krstrup P. (2010), Muscle function and postural balance in lifelong trained male footballers compared with sedentary elderly men and youngsters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 90–97.
212. Szopa J., Mleczko E., Żak S. 2000. Podstawy antropomotoryki (wyd. II). PWN, Warszawa–Kraków.
213. Szwarc A. 2008. Modele poznawcze odwzorowujące sprawność działania w grach w piłkę nożną. AWFIS, Gdańsk.
214. Talaghir L.G., Iconomescu T.M., Stoica L. (2019), The sports game – a mean for developing motor skills for the secondary school level (a research for speed and agility). *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport Science, Movement and Health*, 19(1), 44–50.
215. Tessitore A., Meusen R., Tiberi M., Cortis C., Pagano R., Capranica L. (2006), Aerobic and anaerobic profiles, heart rate and match analysis in older soccer players. *Gerontology*, 52, 214–222.
216. Thorlund J., Aagaard P., Madsen K. (2009), Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *International Journal of Sports Medicine*, 30(4), 273–278
217. Thorlund J.B., Michalsik L.B., Madsen K., Aagaard P. (2008), Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18(4), 462–472.
218. Tipton Ch.M. (red.) 2006. ACSM's Advanced Exercise Physiology. American College of Sports Medicine, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
219. Trecroci A., Duca M., Cavaggioni L., Rossi A., Scurati R., Longo S., Merati G., Alberti G., Formenti D. (2021), Relationship between cognitive functions and sport-specific physical performance in youth volleyball players. *Brain Sciences*, 11(2), 227.
220. Vencúrik T., Nykodým J., Struhár I. (2015), Heart rate response to game load of U19 female basketball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10(1), 410–417.
221. Vestberg T., Gustafson R., Maurex L., Ingvar M., Petrovic P. (2012), Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS ONE*, 7(4), e34731.

222. Vila H., Barreiro A., Ayán C., Antúnez A., Ferragut C. (2022), The most common handball injuries: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph191710688>
223. Viseux F., Barbier F., Parreira R., Lemaire A., Villeneuve P., Leteneur S. (2019), Less than one millimeter under the great toe is enough to change balance ability in elite women handball players. *Journal of Human Kinetics*, 69(1), 69–77.
224. Voss M.W., Kramer A.F., Basak C., Prakash R.S., Roberts B. (2010), Are expert athletes ‘expert’ in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812–826.
225. Wagner H., Gierlinger M., Adzamija N., Ajayi S., Bacharach D.W., Von Duvillard S.P. (2017), Specific physical training in elite male team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3083–3093.
226. Walsh V. (2014), Is sport the brain’s biggest challenge? *Current Biology*, 24(18), R859–R860.
227. Walton C.C., Keegan R.J., Martin M., Hallock H. (2018), The potential role for cognitive training in sport: more research needed. *Frontiers in Psychology*, 9, 1121.
228. Wang M, Liu Y, Chen C. (2013), Techniques and tactics analysis related to personality in table tennis doubles. (In:) Proceedings 13th ITTF Sports Science Congress 2013, 154–158.
229. Waśkiewicz Z. (2002), Wpływ wysiłków anaerobowych na wybrane aspekty koordynacji motorycznej. AWF, Katowice
230. Wawrzyniak S., Rokita A., Pawlik D. (2015), Temporal-spatial orientation in firstgrade pupils from elementary school participating in Physical Education classes using Edubal educational balls. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 7(2), 33–43.
231. Ważny Z. (1982), Struktura obciążenia treningowego oraz metody jego rejestracji i analizy. Zeszyty Naukowe AWF, Wrocław.
232. Ważny Z. (2000), Rozważania nad trafnością oceny wpływu obciążeń treningowych na osiągnięcia sportowe (W:) H. Sozański, K. Perkowski, D. Śledziwski (red.), Efektywność systemów szkolenia w różnych dyscyplinach sportu. AWF, Warszawa.
233. Wein H. (2013), Funino. Piękna gra. Piłka nożna dla dzieci w wieku 7-10 lat rozwijająca kreatywność i inteligencję w grze. PFSiKF, Warszawa.
234. Weltman A., Weltman J.Y., Kanaley J.A., Rogol A.D., Veldhuis J.D., Hartman M.L. (1998), Repeated bouts of exercise alter the blood lactate-RPE relation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7): 1113-7.
235. Willwéber T., Čillík I. (2017), Dependencies of coordination abilities and body composition of children at younger school age. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(3), 1084–1088.

236. Wołkow N., Koriagin W.M. (1977), Z badań nad kryterium klasyfikacji obciążeń treningowych. *Sport Wyczynowy*, 7.
237. Woods C., Sinclair W., Robertson S. (2017), Explaining match outcome and ladder position in the National Rugby League using team performance indicator characteristics. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(12), 1107–1111.
238. Wulf G., Lewthwaite, R. (2016), Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 23(5), 1382–1414.
239. Wulf G., Su J. (2007), An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(4), 384–389.
240. Yarrow K., Brown P., Krakauer J. W. (2009), Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(8), 585–596.
241. Young W.B., James R., Montgomery J.I. (2002), Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282–288.
242. Zaciorski W. (1966), Ocena obciążeń treningowych metodą sumarycznego poziomu tętna. *Sport Wyczynowy*, 6.
243. Žamba M., Holienka M. (2014), Effects of the training program on the level of spatialorientation ability in the category U13 in soccer. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 54(1), 5–15.
244. Zatoń M., Hebisz R., Hebisz P. (2011), Fizjologiczne podstawy treningu w kolarstwie górskim. AWF, Wrocław.
245. Zatoń M., Jastrzębska A. (2010), Testy fizjologiczne w ocenie wydolności fizycznej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
246. Zemková E. (2011), Physiological basics of sensory-motor. ICM Agency, Bratislava.
247. Ziv G., Lidor, R. (2009), Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: A review. *European Journal of Sport Science*, 9(6), 375–386.
248. Żak S., Klocek T. (2008), Model mistrza w piłce siatkowej kobiet – próba weryfikacji. Politechnika Radomska, Radom.
249. Żak S., Spieszny M. (2002), Analiza poziomu wyników wybranych komponentów koordynacji ruchowej u piłkarzy ręcznych z uwzględnieniem poziomu sportowego i specjalizacji w trakcie gry. *Antropomotoryka*, 24, 57–74.

ANEKS

Tabela 23. Klasyfikacja złożoności koordynacyjnej ćwiczeń techniczno-taktycznych w piłce ręcznej - "Typ ćwiczeń"

Lp.	Nazwa ćwiczenia	Złożoność koordynacyjna [Typ ćw.]
1.	Ćwiczenia ukierunkowane na wszechstronny rozwój, z piłką i bez, stosowane podczas rozgrzewki.	1 – 2
2.	Indywidualne lub zespołowe działania w ataku w formie ścisłej wykonywane z niską i średnią szybkością.	1 – 2
3.	Indywidualne lub zespołowe działania w ataku w formie ścisłej wykonywane z maksymalną szybkością lub zbliżoną do maksymalnej.	2 – 3
4.	Indywidualne lub zespołowe działania w ataku w formie fragmentów gry (z pasywnym obrońcą lub obrońcami) wykonywane z niską i średnią szybkością.	2 – 3
5.	Indywidualne lub zespołowe działania w ataku w formie fragmentów gry (z pasywnym obrońcą lub obrońcami) wykonywane z maksymalną szybkością lub zbliżoną do maksymalnej.	3 – 4
6.	Działania indywidualne lub zespołowe z piłką w ataku z aktywną obroną indywidualną lub zespołową wykonywane z maksymalną szybkością lub zbliżoną do maksymalnej	4 – 5
7.	Jak w punkcie 2, lecz z kilkoma piłkami.	2 – 4
8.	Jak w punkcie 3, lecz z kilkoma piłkami.	3 – 4
9.	Działania indywidualne lub zespołowe z kilkoma piłkami w ataku, z pasywnym obrońcą (obrońcami).	3 – 4
10.	Jak w punkcie 9 lecz z aktywnym obrońcą (obrońcami).	4 – 5
11.	Ćwiczenia indywidualne lub zespołowe z piłką wykonywane w różnych pozycjach początkowych i końcowych (np. leżąc, w siadzie, w przysiadzie, w wyskoku).	3 – 4
12.	Działania indywidualne lub zespołowe w ataku wykonywane w ograniczonym czasie bez obrońcy (obrońców) lub z pasywnym obrońcą (obrońcami).	3 – 4
13.	Jak w punkcie 12 lecz z aktywnym obrońcą (obrońcami).	4 – 5
14.	Działania indywidualne lub zespołowe w ataku wykonywane słabszą ręką bez obrońcy (obrońców) lub z pasywnym obrońcą (obrońcami).	4 – 5
15.	Jak w punkcie 14 lecz z aktywnym obrońcą/obrońcami	5
16.	Działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wykonywane na ograniczonej przestrzeni bez obrońcy (obrońców) lub z pasywnym obrońcą (obrońcami).	3 – 4
17.	Jak w punkcie 16 lecz z aktywnym obrońcą (obrońcami).	5
18.	Działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wykonywane specyficzną techniką, indywidualną – odmienną od techniki szkolnej (np. rzuty, podania, zwody) bez obrońcy (obrońców) lub z pasywnym obrońcą (obrońcami).	3 – 4
19.	Jak w punkcie 18 lecz z aktywnym obrońcą (obrońcami).	5
20.	Działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wykonywane z dodatkowymi zadaniami (akrobatyczno-zwinnościowymi, szybkościowymi, szybkościowo-siłowymi i innymi) i w złożonych połączeniach bez obrońcy (obrońców) lub z pasywnym obrońcą (obrońcami).	4 – 5
21.	Jak w punkcie 20 lecz z aktywnym obrońcą (obrońcami).	4 – 5

22.	Działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wykonywane w warunkach dużej zmienności sytuacji np. przejście z ataku do obrony, zmiana rodzaju obrony, ataku itp.	4 – 5
23.	Działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wykonywane z dodatkowymi zadaniami (żonglerka piłką, obroty, gra bez kozła, gra krótkimi podaniami).	4 – 5
24.	Działania indywidualne lub zespołowe z jedną lub kilkoma piłkami wymagające od ćwiczącego maksymalnej dokładności (celności rzutu, podania).	2 – 4
25.	Jak w punkcie 24 lecz z wymogiem dokładności oraz szybkości.	3 – 5
26.	Jak w punkcie 24 lecz dodatkowo z wymogiem wykonania zadania w odpowiednim momencie (<i>timing</i>).	3 – 5
27.	Działania indywidualne lub zespołowe wymagające od ćwiczącego racjonalnego wydatkowania energii (utrzymanie wysokiej dokładności i precyzji w warunkach narastającego zmęczenia).	3 – 5
28.	Działania indywidualne lub zespołowe wymagające od ćwiczącego inicjatywy i twórczego myślenia.	4 – 5
29.	Gra szkolna i właściwa ze słabszym przeciwnikiem.	2 – 3
30.	Gra szkolna i właściwa z równorzędnym przeciwnikiem.	3 – 4
31.	Gra szkolna i właściwa z lepszym przeciwnikiem.	4 – 5

SPIS RYCIN

Ryc. 1. Zadania przygotowania koordynacyjnego w grach zespołowych (Ljach 1995)	16
Ryc. 2. Kolejność w treningu zdolności koordynacyjnych (Hartmann 1999).....	17
Ryc. 3. Porównanie Drużyn; sumy czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń wyrażone w proporcjach odsetkowych	33
Ryc. 4. Porównanie Lig; sumy czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń wyrażone w proporcjach odsetkowych	36
Ryc. 5. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Indeks HR"; liczebność w poszczególnych przedziałach	37
Ryc. 6. Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe w grupach wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"	38
Ryc. 7. Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe zmiennej "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy; grupowanie wg czynników: "Liga" (1. Liga, 2. Liga) oraz "Poziom zawodnika" (Podstawowi, Rezerwowi).....	41
Ryc. 8. Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe zmiennej "Indeks HR" w zależności od specjalizacji gry; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"	45
Ryc. 9. Obciążenia w poszczególnych drużynach w przeliczeniu na jednego zawodnika wyrażone w proporcjach odsetkowych	50
Ryc. 10. Obciążenia w zależności od klasy rozgrywkowej w przeliczeniu na jednego zawodnika, wyrażone w proporcjach odsetkowych.....	53
Ryc. 11. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Obciążenie" [Id.HR*min]; liczebność w poszczególnych przedziałach	54
Ryc. 12. Podstawowi a Rezerwowi; Obciążenia [Id.HR*min] u zawodników w poszczególnych Ligach	56
Ryc. 13. Podstawowi a Rezerwowi; Obciążenia [Id.HR*min] u zawodników w poszczególnych zespołach.....	57
Ryc. 14. 1. Liga a 2. Liga; Obciążenia [Id.HR*min] u zawodników o różnym poziomie sportowym	58

SPIS TABEL

Tabela 1. Liczebność oraz charakterystyka badanej grupy z uwzględnieniem podziału na zespoły i pozycje gry ($X \pm SD$)	29
Tabela 2. Podsumowania czasu ćwiczeń	32
Tabela 3. Drużyny 1-ligowe, 1A oraz 1B; istotność różnic czasu wykonywania ćwiczeń poszczególnych typów	34
Tabela 4. Drużyny 2-ligowe, 2A oraz 2B; istotność różnic czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń	35
Tabela 5. Klasa rozgrywkowa; istotność różnic czasu wykonywania poszczególnych typów ćwiczeń wyrażone w proporcjach odsetkowych.....	36
Tabela 6. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Indeks HR"; liczebność i wielkości odsetkowe w poszczególnych przedziałach; Kołmogorow-Smirnow $d=0,0172$, $p>0,20$; Lilliefors $p>0,20$; Shapiro-Wilk $W=0,99573$, $p=0,012$	37
Tabela 7. MANOVA; ogólna ocena istotność zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR"; grupowanie wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"	38
Tabela 8. MANOVA - testy post-hoc; szczegółowa weryfikacja istotność zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR"; grupowanie wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"	39
Tabela 9. Statystyki opisowe zmiennej "Indeks HR"; grupowanie wg czynników: "Drużyna" oraz "Typ ćwiczenia"	40
Tabela 10. MANOVA; ogólna ocena istotność zróżnicowania zmiennej "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy; grupowanie wg czynników: "Liga" (1. liga, 2. liga) oraz "Poziom zawodnika" (Podstawowi, Rezerwowi).....	41
Tabela 11. MANOVA - testy post-hoc; szczegółowa weryfikacja istotność zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy zawodników; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Poziom zawodnika"	43
Tabela 12. Statystyki opisowe zmiennej "Indeks HR" ze względu na poziom sportowy zawodników; grupowanie wg czynników: "Liga" (1. liga, 2. liga) oraz "Poziom zawodnika" (Podstawowi, Rezerwowi).....	44
Tabela 13. MANOVA; ogólna ocena istotność zróżnicowania zmiennej "Indeks HR" w zależności od specjalizacji gry; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"	45
Tabela 14. MANOVA - testy post-hoc; szczegółowa weryfikacja istotność zróżnicowania zmiennej: "Indeks HR" ze względu na specjalizację zawodników; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"	47
Tabela 15. Statystyki opisowe zmiennej "Indeks HR" w zależności od specjalizacji zawodnika; grupowanie wg czynników: "Liga" oraz "Specjalizacja"	48

Tabela 16. Sumaryczne obciążenia w przeliczeniu na zawodnika	49
Tabela 17. Drużyny 1A oraz 1B (1-ligowe); wielkość obciążeń w przeliczeniu na jednego zawodnika w poszczególnych typach ćwiczeń	51
Tabela 18. Drużyny 2A oraz 2B (1-ligowe); wielkość obciążeń w przeliczeniu na jednego zawodnika w poszczególnych typach ćwiczeń	52
Tabela 19. Klasa rozgrywkowa a wielkość obciążeń w przeliczeniu na jednego zawodnika w poszczególnych typach ćwiczeń	53
Tabela 20. Weryfikacja normalności rozkładu zmiennej: "Obciążenie" [Id.HR*min]; liczebność i wielkości odsetkowe w poszczególnych przedziałach; Kołmogorow-Smirnow $d=,11188$, $p<,01$; Lilliefors $p<,01$; Shapiro-Wilk $W=,93268$, $p=,000$	54
Tabela 21. "Podstawowi" a "Rezerwowi" ; statystyki opisowe Obciążenia [Id.HR*min] w poszczególnych Drużynach i Ligach	55
Tabela 22. Obciążenia a poziom sportowy zawodników; weryfikacja istotności różnic (test U Manna-Whitneya)	55
Tabela 23. Klasyfikacja złożoności koordynacyjnej ćwiczeń techniczno-taktycznych w piłce ręcznej - "Typ ćwiczeń"	88

STRESZCZENIE

OBJĘTOŚĆ, INTENSYWNOŚĆ ORAZ ZŁOŻONOŚĆ KOORDYNACYJNA ĆWICZEŃ STOSOWANYCH W TRENINGU PIŁKI RĘCZNEJ JAKO CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA SKUTECZNOŚĆ GRY

Stosowanie ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w piłce ręcznej i innych zespołowych grach sportowych wydaje się być jednym z kluczowych elementów treningu, który wpływa na efektywność zawodników w różnych aspektach gry. Szkolenie sportowe w zespołowych grach sportowych wymaga także urozmaiconego podejścia do ćwiczeń, a stosowanie ćwiczeń technicznych i techniczno-taktycznych o zróżnicowanej złożoności koordynacyjnej pomaga zawodnikom przystosowywać się do różnych sytuacji na boisku. Ponadto poprawia ich zdolność do podejmowania szybkich i dobrych decyzji, kształtując intuicję taktyczną i ucząc zawodników, jak skutecznie działać w zmiennych warunkach meczowych. Istnieje więc potrzeba uwzględnienia koordynacyjnej złożoności stosowanych obciążeń treningowych w planowaniu i realizacji poszczególnych cykli szkoleniowych w piłce ręcznej. W tym celu niezbędne jest opracowanie kryteriów oceny złożoności koordynacyjnej ćwiczeń w połączeniu z metodą określenia ich intensywności. Umożliwi to prowadzenie kontroli obciążeń treningowych w celu skutecznego planowania pracy szkoleniowej nie tylko w zakresie przygotowania technicznego i techniczno-taktycznego, ale również sprawnościowego zawodników. Tym samym może się przyczynić do podniesienia efektywności szkolenia sportowego w piłce ręcznej.

Za główny cel pracy przyjęto ustalenie zależności pomiędzy objętością i intensywnością ćwiczeń o różnym stopniu złożoności koordynacyjnej a poziomem sportowym i efektywnością gry piłkarzy ręcznych.

W pracy analizie poddano wyniki pomiarów 49 piłkarzy ręcznych występujących w 4 klubach prezentujących zróżnicowany poziom sportowy (2 drużyny I-ligowe i 2 drużyny II-ligowe). Z pomiarów wyłączeni zostali bramkarze ze względu na odmienny trening, który realizują zawodnicy grający na tej pozycji.

Badania realizowano w pierwszej rundzie okresu startowego sezonu 2021/2022 na przełomie września i października 2021 roku. Dokładanej analizie poddano mikrocykl startowy każdej z badanych drużyn. Był to mikrocykl tygodniowy, w którym rozgrywano jeden mecz w sobotę. Pierwszoligowe zespoły realizowały cztery specjalistyczne jednostki treningowe, a drużyny drugoligowe uczestniczyły w trzech realizowanych na

hali sportowej jednostkach treningowych tygodniowo. Dodatkowo zawodnicy każdego z zespołów uczestniczyli w jednym treningu na siłowni w tygodniu. We wszystkich klubach treningi specjalistyczne były zbliżone do siebie pod względem struktury i czasu trwania jednostki.

Zakres badań obejmował pomiar częstotliwości skurczów serca podczas treningu każdego z zawodników (zestaw Polar Team 2) oraz ocenę złożoności koordynacyjnej stosowanych w treningach ćwiczeń przy zastosowaniu specjalnie opracowanego arkusza obserwacji. Wszystkie treningi rejestrowano za pomocą kamery cyfrowej, a w trakcie odtworzenia i wizualnej oceny każdemu ćwiczeniu przypisywano odpowiednią wartość punktową od 1 (najniższa złożoność koordynacyjna) do 5 (najwyższa złożoność koordynacyjna), a wykonującemu go zawodnikowi zapisywano średnią wartość tętna odnotowaną podczas wykonania danego ćwiczenia.

W celu obliczenia wskaźników intensywności i obciążenia ćwiczeń zastosowano autorskie formuły obliczeniowe. W opracowaniu wyników zastosowano podstawowe miary statystyki opisowej, a także test porównania liczebności Chi², wieloczynnikową analizę MANOVA dla porównań niezależnych oraz testy post-hoc. Różnice w wielkościach zmiennych nie posiadających rozkładu normalnego oszacowano nieparametrycznym testem rang U Manna-Whitneya.

Dokonana w niniejszej pracy analiza pozwala sformułować następujące spostrzeżenia i wnioski:

- Intensywność i udział w treningu ćwiczeń o różnej złożoności koordynacyjnej w znacznym stopniu warunkowana jest poziomem sportowym i stażem treningowym zawodników. Im wyższy poziom sportowy zespołu tym większa była w okresie startowym objętość i intensywność ćwiczeń o wysokiej złożoności koordynacyjnej. Natomiast w treningu zespołów drugoligowych znacznie więcej czasu przeznaczano jest na ćwiczenia o niskiej i średniej złożoności koordynacyjnej, a zawodnicy wykonywali je z dużo większą intensywnością niż pierwszoligowi piłkarze ręczni.
- Pierwszoligowi piłkarze ręczni, którzy w swoich zespołach charakteryzowali się większą efektywnością gry (pierwszy skład drużyny) wykonywali ćwiczenia o różnej złożoności koordynacyjnej z większą intensywnością niż zawodnicy z drugiego składu drużyny. Przy czym różnice te były tym większe im większa była złożoność koordynacyjna stosowanych ćwiczeń techniczno-taktycznych.
- Nie odnotowano znaczących różnic pomiędzy zawodnikami skrzydłowymi, obrotowymi i rozgrywającymi w zakresie objętości realizowanych ćwiczeń

techniczno-taktycznych w drużynach reprezentujących ten sam poziom rozgrywkowy. Zauważyć natomiast należy, że zawodnicy rozgrywający wykonywali ćwiczenia o dużej złożoności koordynacyjnej z większą intensywnością niż piłkarze ręczni grający na pozostałych pozycjach w polu gry.

- W treningach drużyn reprezentujących wyższy poziom sportowy obciążenia ćwiczeń o wysokiej złożoności koordynacyjnej były znacząco większe, a o niskiej i średniej złożoności koordynacyjnej znacząco mniejsze niż u zespołów o niższym poziomie sportowym.
- Przyjęte w badaniach własnych kryteria klasyfikacji złożoności koordynacyjnej ćwiczeń techniczno-taktycznych oraz wskaźniki obliczania ich intensywności i obciążeń treningowych mogą być zastosowane w celu planowania i kontroli pracy szkoleniowej w tym zakresie w piłce ręcznej.

Słowa kluczowe: piłka ręczna, mikrocykl startowy, obciążenia treningowe, intensywność ćwiczeń, złożoność koordynacyjna ćwiczeń

SUMMARY

VOLUME, INTENSITY AND COORDINATIVE COMPLEXITY OF EXERCISES IN HANDBALL TRAINING AS FACTORS AFFECTING GAME EFFECTIVENESS

The use of exercises with varying coordinative complexity in handball and other team sports appears to be a key element of training that impacts the effectiveness of players in various aspects of the game. Sports training in team sports also requires a diversified approach to exercises, and the implementation of technical and technical-tactical exercises with different coordinative complexity helps athletes adapt to various situations on the field. Additionally, it improves their ability to make quick and sound decisions, shaping tactical intuition and teaching players how to effectively operate under varying match conditions. Therefore, there is a need to consider the coordinative complexity of training loads in the planning and implementation of individual training cycles in handball. For this purpose, it is essential to develop criteria for assessing the coordinative complexity of exercises combined with a method for determining their intensity. This will enable the control of training loads for effective planning of training work not only in terms of technical and technical-tactical preparation but also in terms of players' physical fitness. This can contribute to improving the effectiveness of sports training in handball.

The main objective of this study was to determine the relationship between the volume and intensity of exercises of varying coordinative complexity and the athletic level and game effectiveness of handball players.

The study analyzed the results of measurements of 49 handball players from 4 clubs representing different levels of sports (2 first-league and 2 second-league teams). Goalkeepers were excluded from the measurements due to the different training performed by players in this position.

The research was conducted in the first round of the starting period of the 2021/2022 season, between September and October 2021. A detailed analysis was conducted on the starting microcycle of each team. This was a weekly microcycle, with one match played on Saturday. First-league teams carried out four specialized training units, while second-league teams participated in three training units per week in a sports hall. Additionally, players from each team participated in one gym training session per week. In all clubs, the specialized trainings were similar in terms of structure and duration.

The scope of the study included measuring the heart rate frequency during the training of each player (using the Polar Team 2 set) and assessing the coordinative complexity of the exercises used in training using a specially developed observation sheet. All training sessions were recorded with a digital camera, and during playback and visual assessment, each exercise was assigned a score from 1 (lowest coordinative complexity) to 5 (highest coordinative complexity), and the average heart rate recorded during the performance of the exercise was noted for each player.

To calculate the intensity and load indicators of the exercises, original computational formulas were used. Basic measures of descriptive statistics were applied in the analysis of the results, as well as the Chi-square test for comparison of counts, MANOVA for independent comparisons, and post-hoc tests. Differences in the values of variables not having a normal distribution were estimated using the non-parametric Mann-Whitney U test.

The analysis conducted in this study allows for the following observations and conclusions:

- The intensity and participation in training exercises of different coordinative complexity are significantly conditioned by the athletic level and training experience of the players. The higher the team's athletic level, the greater the volume and intensity of exercises with high coordinative complexity during the starting period. In contrast, in the training of second-league teams, significantly more time is devoted to exercises of low and medium coordinative complexity, and the players performed them with much greater intensity than first-league handball players.
- First-league handball players, who were more effective in their teams (first team lineup), performed exercises of various coordinative complexities with greater intensity than players from the second team lineup. The greater the coordinative complexity of the technical-tactical exercises used, the larger these differences were.
- No significant differences were noted between wing, pivot, and backcourt players in terms of the volume of technical-tactical exercises carried out in teams representing the same competitive level. However, it should be noted that backcourt players performed exercises of high coordinative complexity with greater intensity than handball players in other field positions.

- In the training of teams representing a higher athletic level, the loads of exercises with high coordinative complexity were significantly greater, and those of low and medium coordinative complexity significantly less than in teams of a lower athletic level.
- The criteria for classifying the coordinative complexity of technical-tactical exercises and the indicators for calculating their intensity and training loads developed in this study can be applied for planning and controlling training work in this area in handball.

Key words: handball, starting microcycle, training loads, exercise intensity, coordinative complexity of exercises