

**Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu**

**Wydział Wychowania Fizycznego**



Rok założenia 1946

**PRZEMYSŁAW PARUS**

**PRĘDKOŚĆ BIEGU W WARUNKACH PROGU TLENOWEGO  
I BEZTLENOWEGO A ZASTOSOWANE ŚRODKI TRENINGOWE  
W PÓŁROCZNYM CYKLU TRENINGOWYM U PIŁKARZY NOŻNYCH  
LIGI AMATORSKIEJ**

Rozprawa doktorska

wykonana w Zakładzie Fizjologii i Biochemii  
Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu

Promotor:

dr hab. Eugenia Murawska-Ciałowicz, prof. AWF Wrocław

Promotor pomocniczy:

dr Bartosz Ochmann

Wrocław 2022

## Spis treści

<b>Lista skrótów</b> .....	4
<b>1. Wstęp</b> .....	6
1.1. Charakterystyka wysiłku w piłce nożnej .....	6
1.2. Charakterystyka treningu piłkarzy nożnych .....	9
1.3. Maksymalny pobór tlenu (VO <sub>2</sub> max) .....	12
1.4. Maksymalna wentylacja minutowa płuc (VEmax) .....	13
1.5. Próg przemian tlenowych i próg przemian beztlenowych .....	14
1.6. Restytucja powysiłkowa .....	19
<b>2. Założenia i cel pracy</b> .....	20
2.1. Hipotezy badawcze .....	21
2.2. Cel badań .....	22
<b>3. Materiał i metody</b> .....	23
3.1. Badani .....	23
3.2. Plan badań .....	25
3.3. Użyte środki treningowe .....	26
3.4. Metody badawcze .....	30
3.4.1. Test progresywny w warunkach terenowych .....	30
3.5. Analiza statystyczna .....	35
<b>4. Wyniki badań</b> .....	36
4.1. Czas trwania wysiłku fizycznego wykonywanego przez badanych.....	36
4.2. Czas trwania rozegranych meczów i liczba meczów rozegranych powyżej 45 minut przez badanych.....	43
4.3. Zmiany prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych w półrocznych cyklach treningowych...	45
4.3.1. Zmiany V <sub>PPT</sub> w półrocznych cyklach treningowych .....	45
4.3.2. Zmiany V <sub>PPB</sub> w półrocznych cyklach treningowych .....	46
4.4. Zmiany pozostałych parametrów w półrocznych cyklach treningowych.....	49
4.4.1. Zmiany VO <sub>2</sub> max w półrocznych cyklach treningowych .....	49
4.4.2. Zmiany VEmax i REST w półrocznych cyklach treningowych .....	51
4.5. Wewnątrzgrupowe zmiany V <sub>PPT</sub> i V <sub>PPB</sub> w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów w każdej z grup .....	53
4.5. Zmiany V <sub>PPT</sub> i V <sub>PPB</sub> oraz parametrów wydolnościowych w zależności od ich wyjściowego poziomu w relacji do zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów .....	54

4.5.1. Zmiany $V_{PPT}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów .....	55
4.5.2. Zmiany $V_{PPB}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów .....	56
4.5.3. Zmiany $VO_{2max}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów .....	57
4.5.4. Zmiany REST w relacji do zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów....	62
<b>5. Dyskusja.....</b>	<b>64</b>
5.1. Wewnątrzgrupowe i międzygrupowe zmiany $V_{PPT}$ i $V_{PPB}$ w półrocznych cyklach treningowych.....	64
5.2. Wewnątrzgrupowe zmiany $V_{PPT}$ i $V_{PPB}$ w relacji do zmian pozostałych parametrów w półrocznych cyklach treningowych.....	67
5.3. Zmiany $V_{PPT}$ , $V_{PPB}$ , $VO_{2max}$ i tempa restytucji wskutek zastosowanych środków treningowych .....	70
5.3.1. Zależność zmian $V_{PPT}$ od zastosowanych środków treningowych.....	70
5.3.2. Zależność zmian $V_{PPB}$ od zastosowanych środków treningowych.....	73
5.3.3. Zależność zmian $VO_{2max}$ od zastosowanych środków treningowych .....	75
5.3.4. Zależność zmian tempa restytucji od zastosowanych środków treningowych.....	83
<b>6. Podsumowanie .....</b>	<b>89</b>
<b>7. Wnioski .....</b>	<b>92</b>
<b>8. Piśmiennictwo .....</b>	<b>93</b>
<b>Spis tabel .....</b>	<b>113</b>
<b>Spis rycin .....</b>	<b>114</b>
<b>Streszczenie.....</b>	<b>115</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>117</b>
<b>ANEKS .....</b>	<b>119</b>

## Lista skrótów

<b>AerT<sub>GE</sub></b>	- tlenowy próg wymiany gazowej ( <i>aerobic gas exchange threshold</i> )
<b>AerT<sub>LA</sub></b>	- tlenowy próg mleczanowy ( <i>aerobic lactate threshold</i> )
<b>AeT</b>	- próg tlenowy ( <i>aerobic threshold</i> )
<b>AnT<sub>GE</sub></b>	- beztlenowy próg wymiany gazowej ( <i>gas exchange anaerobic threshold</i> )
<b>AnT<sub>LA</sub></b>	- beztlenowy próg mleczanowy ( <i>anaerobic lactate threshold</i> )
<b>AT, AnT</b>	- próg beztlenowy ( <i>anaerobic threshold</i> )
<b>BF</b>	- liczba oddechów, wykonanych w czasie jednej minuty ( <i>breathing frequency</i> )
<b>BMI</b>	- wskaźnik względny masy ciała Queteleta ( <i>body mass index</i> )
<b>EPS</b>	- suma restytucyjnej częstości skurczów serca
<b>GET</b>	- próg wymiany gazowej ( <i>gas exchange threshold</i> )
<b>H<sup>+</sup></b>	- stężenie jonów wodoru
<b>HIIT</b>	- trening interwałowy o wysokiej intensywności ( <i>high intensity interval training</i> )
<b>HR</b>	- częstość skurczów serca ( <i>heart rate</i> )
<b>HRpeak</b>	- szczytowa częstość skurczów serca ( <i>peak heart rate</i> )
<b>HRR</b>	- normalizacja częstości skurczów serca ( <i>heart rate recovery</i> )
<b>HR<sub>PPT</sub></b>	- częstość skurczów serca na progu tlenowym
<b>HR<sub>PPB</sub></b>	- częstość skurczów serca na progu beztlenowym
<b>La<sup>-</sup></b>	- stężenie jonów mleczanu
<b>LT</b>	- próg mleczanowy ( <i>lactate threshold</i> )
<b>MCT1</b>	- Transporter monokarboksylanu 1
<b>MCT4</b>	- Transporter monokarboksylanu 4
<b>MEV</b>	- maksymalna prędkość biegu, osiągnięta w teście ( <i>maximal exercise velocity</i> )
<b>MLSS</b>	- stan maksymalnej równowagi mleczanowej ( <i>maximal lactate steady state</i> )
<b>OBLA</b>	- początek akumulacji mleczanu we krwi ( <i>onset of blood lactate acumulation</i> )
<b>PPB</b>	- próg przemian beztlenowych
<b>PPT</b>	- próg przemian tlenowych
<b>Q<sub>max</sub></b>	- maksymalny rzut serca
<b>RCP</b>	- punkt kompensacji oddechowej ( <i>respiratory compensation point</i> )
<b>RER</b>	- współczynnik wymiany oddechowej ( <i>respiratory gas exchange ratio</i> )
<b>REST</b>	- czas restytucji powysiłkowej
<b>RSA</b>	- zdolność do powtarzalnych sprintów ( <i>repeated-sprint ability</i> )
<b>RPE</b>	- subiektywne odczucie zmęczenia ( <i>rating perceived exertion</i> )
<b>SSG</b>	- gry na małym boisku ( <i>small-sided games</i> )
<b>TV</b>	- objętość oddechowa ( <i>tidal volume</i> )
<b>VE<sub>max</sub></b>	- maksymalna wentylacja minutowa ( <i>maximum minute ventilation</i> )
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	- wentylacyjny ekwiwalent dwutlenku węgla

<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	– wentylacyjny ekwiwalent tlenu
<b>V<sub>max</sub></b>	– końcowa prędkość biegu
<b>VO<sub>2</sub></b>	– pobór tlenu
<b>VO<sub>2</sub>max</b>	– maksymalny pobór tlenu ( <i>maximal oxygene uptake</i> )
<b>VO<sub>2</sub>peak</b>	– szczytowy pobór tlenu ( <i>peak oxygene uptake</i> )
<b>V<sub>PPT</sub></b>	– prędkość biegu w warunkach progu tlenowego
<b>V<sub>PPB</sub></b>	– prędkość biegu w warunkach progu beztlenowego
<b>VT</b>	– próg wentylacyjny ( <i>ventilatory threshold</i> )
<b>WSR</b>	– wskaźnik skuteczności restytucji częstości skurczów serca
<b>ΔHRR</b>	– bezwzględna normalizacja częstości skurczów serca w różnych przekrojach czasowych

## **1. Wstęp**

### **1.1. Charakterystyka wysiłku w piłce nożnej**

Współczesna gra w piłkę nożną jako jedna z najbardziej złożonych dyscyplin sportowych na świecie ewoluowała na przestrzeni lat. Istotnie zwiększyła się liczba i skuteczność bezpośrednich pojedynków i podań, przyspieszając tempo gry oraz zwiększając u zawodników wymagania dotyczące przygotowania motorycznego, technicznego, taktycznego i psychicznego (Hazir 2010; Andrzejewski i wsp. 2012; Sarmiento i wsp. 2014; Chmura i wsp. 2017; Konefał i wsp. 2019a, 2019c, 2020a; Modric i wsp. 2020).

Gra w piłkę nożną związana jest z długotrwałym wysiłkiem fizycznym o zmiennej intensywności, w którym występuje wiele sprintów, bieg z wysoką, umiarkowaną i niską prędkością, a także trucht, marsz i stanie w miejscu oraz wiele innych krótkotrwałych, eksplozywnych czynności ruchowych. (Iaia i wsp. 2009; Duk i wsp. 2011; Andrzejewski i wsp. 2016; Bishop i Girard 2013; Chmura i wsp. 2017; Altmann i wsp. 2020; Modric i wsp. 2020).

Intensywność i prędkość biegu może zmieniać się w dowolnym momencie, w zależności od strategii gry obu rywalizujących zespołów. Zróżnicowana intensywność wysiłku obejmuje zmiany tempa i kierunku ruchu oraz realizowanie działań techniczno – taktycznych. Sprowadza się ona do wykonywania powtarzalnych biegów o zmiennej intensywności (także sprintów) oraz innych czynności występujących w grze naprzemiennie z krótkimi lub długimi okresami regeneracji aktywnej lub pasywnej, do której należą bieg o niskiej intensywności, chodzenie z piłką lub bez oraz stanie (Reilly 2003; Dupont i wsp. 2004; Duk i wsp. 2011; Sarmiento i wsp. 2014; Konefał i wsp. 2019a). W sumie wykonanie przez piłkarzy poszczególnych czynności ruchowych, takich jak starty czy działania techniczne z piłką, szacuje się na 1000 do 1400 podczas całego meczu (Andrzejewski i wsp. 2012).

Podczas meczu piłki nożnej zawodnicy wykonują zazwyczaj 150-250 różnych akcji, podczas których występuje około 1200 acyklicznych i nieprzewidywalnych zmian form ruchu oraz około 1100 zmian kierunku ruchu (Iaia i wsp. 2009; Andrzejewski i wsp. 2017; Konefał i wsp. 2019b). Średnio, co 90-240 sekund na dystansie 10-20 m wykonywany jest sprint, trwający od 2 do 4 sekund, a co 60 sekund występuje bieg z wysoką intensywnością. (Andrzejewski i wsp. 2013, 2016). Analizy meczowe pokazują, że elitarni

piłkarze zmieniają tempo biegu od 1,4 do 10 m·s<sup>-1</sup>, 800 do 1000 razy podczas meczu, a w zależności od ustawienia i pozycji zawodnika na boisku forma ruchu zawodnika zmienia się co 3-6 sekund. Średnio co 2 minuty każdy zawodnik z pola ma krótką przerwę na odpoczynek, wynoszącą tylko 3 s (Reilly 2003; Iaia i wsp. 2009; Andrzejewski i wsp. 2013, 2017; Konefał i wsp. 2019b).

Do krótkotrwałych, eksplozywnych czynności ruchowych wykonywanych przez zawodników należą między innymi przyspieszenia, hamowania (trwające w 72% krócej niż 1 s), a także skakanie, kopanie, skręcanie, cofanie się, ruchy boczne i ukośne, zmiany kierunków, biegi nieliniowe, oraz działania techniczno – taktyczne takie jak gra głową, podanie, dośrodkowanie, drybling, wślizg, unikanie odbioru piłki, odbiór piłki, strzał, przyjęcie podania, przyjęcie dośrodkowania, prowadzenie piłki (Reilly 2003; Wong i wsp. 2010; da Silva i wsp. 2011; Bishop i Girard 2013; Andrzejewski i wsp. 2016; Chmura i wsp. 2018; Harper i wsp. 2019; Konefał i wsp. 2019a, 2020a; Modric i wsp. 2020).

Jak wynika z badań, podczas gry w piłkę nożną zawodnicy grający na najwyższym poziomie mistrzostwa sportowego (z wyjątkiem bramkarzy) pokonują podczas spotkań dystans od około 8 do 14 km (Ionică 2013; Metaxas 2021; Modric i wsp. 2021).

Stosunek czynności ruchowych o niskiej do wysokiej intensywności w odniesieniu do pokonanego dystansu wynosi około 5:2 lub 7:1 w zależności od czasu gry zawodnika, z czego około 24% to marsz, a 36% trucht. Dla porównania sprinty zajmują od 1 do 12% całkowitego pokonanego dystansu oraz od 0,5 do 3 % całkowitego czasu gry. W zależności od poziomu wytrenowania zawodników, dystans pokonany przez zawodnika sprintem to od 100 do 1200 metrów na mecz (Reilly 2003; Boone i wsp. 2012; Andrzejewski i wsp. 2013, 2016, 2017; Konefał i wsp. 2021).

W zależności od zakresu prędkości biegu definiującego bieg z wysoką intensywnością oraz sprint, liczba wysiłków z wysoką intensywnością wykonywanych przez zawodników z pola może wynosić 220, a liczba sprintów od 3 do 40. Łącznie ćwiczenia o dużej intensywności (szybki bieg i sprint) stanowią zaledwie około 8–15% całkowitego dystansu pokonywanego podczas meczu (Sarmiento i wsp. 2014; Konefał i wsp. 2020b; Oliva-Lozano i wsp. 2020).

Badania pokazują także, że około 90% wszystkich aktywności sprinterskich zawodowych piłkarzy trwa krócej niż 5 sekund, a tylko 10% dłużej niż 5 sekund. Godnym

uwagi jest także fakt, że ruchy do tyłu i ruch w posiadaniu piłki zajmują kolejno 7 i 2% całkowitego pokonanego dystansu (Reilly 2003; Andrzejewski i wsp. 2013).

Charakter wysiłku wykonywanego podczas gry w piłkę nożną jest zróżnicowany i uzależniony od pozycji zawodnika na boisku, a zrozumienie wymagań specyficznych dla pozycji jest kluczowe w ocenie osiągnięć zawodników (Hazir 2010; Andrzejewski i wsp. 2012; Parus i wsp. 2017; Sarmiento i wsp. 2018; Konefał i wsp. 2020a; Modric i wsp. 2020). Najdłuższy całkowity dystans pokonuje środkowy pomocnik i boczny pomocnik, a boczny obrońca oraz boczny pomocnik najdłuższy dystans z wysoką intensywnością. Natomiast, krótsze dystanse pokonuje napastnik i środkowy obrońca. Ponadto środkowy pomocnik wykonuje więcej krótkich sprintów, a napastnik i boczny obrońca większą liczbę sprintów (Andrzejewski i wsp. 2013, 2017; Schwesig i wsp. 2019; Altmann i wsp. 2020).

Wynik osiągniany przez zespół zależy od większej aktywności fizycznej na niektórych pozycjach i większej aktywności technicznej na innych. Na przykład boczny pomocnik pokonuje najdłuższy dystans z wysoką intensywnością, a boczny obrońca najdłuższy dystans sprintem, podczas gdy najwięcej podań w trakcie meczu wykonuje środkowy pomocnik, a napastnik oddaje najwięcej strzałów. Każde z tych działań determinuje skuteczność gry na poszczególnej pozycji (Konefał i wsp. 2019b, 2020a).

Opis wyżej wymienionych czynności ruchowych dotyczy jednak zawodników z pola, których charakter wysiłku różni się między pozycjami. Różnice nie są jednak tak znaczące jak w przypadku bramkarzy, którzy oprócz wykonywanych podczas gry krótkotrwałych, eksplozywnych czynności ruchowych, takich jak wyskoki, rzuty (pady), chwytów piłki pokonują podczas meczu dystans od około 4 do nawet 7 km (Clemente i wsp. 2013; Parus i wsp. 2017; Konefał i wsp. 2019b; Metaxas 2021; Modric i wsp. 2021).

Z badań wynika, że 73% dystansu pokonanego przez bramkarzy to chód, a średnia liczba wykonywanych sprintów waha się od 2 do 11. Ponadto bramkarze pokonują w trakcie meczu około 4% całkowitego pokonanego dystansu z intensywnością powyżej  $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (Di Salvo i wsp. 2008; Ademović i wsp. 2012; Sarmiento i wsp. 2014; Parus i wsp. 2017).

Dla porównania około 40% całkowitego dystansu pokonanego przez zawodników z pola składa się z intensywnego biegu (powyżej  $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) z piłką lub bez, a 22–24% całkowitego dystansu pokonywane jest przy wyższych intensywnościach



(tj. powyżej  $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), co prowadzi do złożonej interakcji tlenowych i beztlenowych systemów energetycznych (Boone i wsp. 2012; Altmann i wsp. 2020).

Wszystkie opisane powyżej czynności ruchowe wykonywane podczas gry w piłkę nożną zwiększają fizyczne obciążenie zawodników. W związku z koniecznością wykonywania długotrwałego, przerywanego wysiłku fizycznego z zachowaniem zdolności wysiłkowych i szybkiej regeneracji po powtarzających się intensywnych, krótkotrwałych czynnościach ruchowych, gra w piłkę nożną wymaga od zawodników wysokiego poziomu wydolności fizycznej zarówno tlenowej, jak i beztlenowej (Andrzejewski i wsp. 2016; Chmura i wsp. 2017; Rave i wsp. 2018; Modric i wsp. 2020; Oliva-Lozano i wsp. 2020).

Mianem wydolności fizycznej (tlenowej) określa się zdolność do wykonywania długotrwałego wysiłku fizycznego przy udziale dużych grup mięśniowych bez szybko narastającego zmęczenia i warunkujących jego rozwój zaburzeń homeostazy organizmu natomiast, wydolność fizyczna (beztlenowa) jest to zdolność do wykonywania ciężkiego krótkotrwałego wysiłku fizycznego przy udziale dużych grup mięśniowych z zachowaniem tolerancji na narastające zmęczenie i warunkujących jego rozwój zaburzenia homeostazy organizmu (Żołądź 2006; Perry i wsp. 2008; Czaprowski i wsp. 2009; Buchheit i Laursen, 2013b).

## **1.2. Charakterystyka treningu piłkarzy nożnych**

Poziom wydolności determinowany jest w dużej mierze przez wszystkie regulacje, umożliwiające wykonanie wysiłku fizycznego, będącego podstawowym składnikiem treningu sportowego. Procesem, w którym organizm osiąga korzystne przystosowanie do środowiska, w celu uniknięcia szkodliwych zmian w środowisku wewnętrznym organizmu jest adaptacja. Do grupy czynników ściśle związanych z procesami adaptacyjnymi organizmu należy aktywność mięśniowa, a ostre procesy adaptacyjne niezbędne do przystosowania funkcji organizmu do odpowiedniego poziomu podwyższonego metabolizmu energetycznego są wyzwalane przez każde ćwiczenie. Systematyczne powtarzanie ćwiczeń wywołuje długotrwałą, stabilną adaptację opartą na zmianach strukturalnych i metabolicznych, umożliwiających zwiększenie możliwości funkcjonalnych (Frisancho 1993; Viru 2008; MacDougall i wsp. 2014).

Adaptacje do bodźców treningowych i skumulowanego obciążenia różnią się w zależności od naturalnych różnic międzyosobniczych, które mogą być spowodowane wieloma czynnikami, takimi jak wiek, płeć, staż treningowy, czynniki psychologiczne, początkowy stan treningu lub tryb, czas trwania, intensywność i częstotliwość treningów (Clemente i wsp. 2019). Dlatego programy treningowe tworzone są na podstawie kontroli i oceny wydolności fizycznej zawodników (Laursen i Jenkins 2002; Buchheit i Laursen 2013a; Haddock i wsp. 2016).

Wymogi gry w piłkę nożną można monitorować przy pomocy parametrów kinematycznych i fizjologicznych, które sugerują wzrost tempa gry we współczesnej profesjonalnej piłce nożnej w porównaniu z poprzednimi dekadami, co jest odzwierciedleniem trendu w poziomach sprawności zawodników (Reilly 2005).

Z powodu dostosowanego do umiejętności zawodników treningu wywołującego różne obciążenie treningowe wśród zawodników uczestniczących w tej samej sesji treningowej, metodologia treningu stosowana w sportach zespołowych jest zmienna. Zaplanowanie efektywnego programu treningowego w piłce nożnej wymaga dostosowania do poziomu wytrenowania zawodnika odpowiedniego bodźca treningowego w połączeniu z odpowiednimi okresami regeneracji, a brak utrzymania równowagi pomiędzy stanem zmęczenia i wypoczynku może zwiększać ryzyko kontuzji i prowadzić do przetrenowania (Buchheit i wsp. 2010a, 2010b; Clemente i wsp. 2019). Dlatego intensywność, objętość treningu i okresy odpoczynku są ważnymi składnikami rocznego planu treningowego piłki nożnej, zarówno u graczy na najwyższym poziomie, jak i amatorów (Pilianidis i wsp. 2013).

Trening fizyczny może być zdefiniowany jako zaprogramowana sesja, której celem jest umożliwienie zawodnikom sprostania fizycznym wymaganiom gry w piłkę nożną (Cetolin i wsp. 2018). Ważne jest także, aby trening kondycyjny symulował zarówno fazy o wysokiej intensywności, jak i okresy regeneracji, występujące podczas meczu. Co więcej, korzystne jest równoczesne doskonalenie umiejętności techniczno - taktycznych zawodnika podczas treningu kondycyjnego, zwłaszcza u piłkarzy o najwyższym poziomie wytrenowania (Pilianidis i wsp. 2013). Symulacja intensywności wysiłku, występującego w meczu umożliwiła podkreślenie wartości ćwiczeń z piłką, tam gdzie jest to możliwe, w szczególności ćwiczeń w małych grupach i gier na małym boisku - SSG (*ang. Small-Sided Games*), przynoszących szczególne korzyści dla młodych graczy, zarówno pod względem fizjologicznego bodźca treningowego, jak i odpowiedniego środka rozwijającego umiejętności techniczno – taktyczne, chociaż w określonych przypadkach

konieczne może być stosowanie środków uzupełniających – ogólnych, takich jak bieganie i ukierunkowanych (Reilly 2005; Cetolin i wsp. 2018; Clemente i wsp. 2019).

Ze względu na charakter wysiłku występującego podczas gry w piłkę nożną, wysiłek fizyczny wykonywany przez zawodników w procesie treningowym może zostać scharakteryzowany na podstawie podziału środków treningowych i stref intensywności zobrazowanych w Tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Kryteria podziału środków treningowych

Środki treningowe	Kierunek oddziaływania środków
Ogólne	Niespecyficzne dla gry w piłkę nożną. Służą przede wszystkim kształtowaniu potencjału ruchowego sportowca, nie wywierając bezpośredniego wpływu na dyspozycje startowe. Mają za zadanie wielostronne kształtowanie sprawności bez uwzględniania specjalizacji (specyfiki gry w piłkę nożną).
Ukierunkowane	Zbliżone do występujących w czasie typowej dla piłki nożnej walki sportowej w zakresie zaangażowania motorycznego i psychicznego. Kształtują przede wszystkim funkcjonalne mechanizmy wysiłków specjalistycznych. Spełniają wymogi strukturalnego (technika ruchu) bądź funkcjonalnego (energetyka wysiłku) podobieństwa do działań startowych ujętych kompleksowo bądź ich części. Odbywają się także na specjalnych trenażerach bądź w sytuacjach symulujących wymogi startowe. Mają zastosowanie również przy doskonaleniu zdolności wiodących dla danej specjalności.
Specjalne	Powodują doskonalenie organizmu poprzez walkę sportową. Kształtują specyficzny zespół właściwości funkcjonalnych, sprawnościowych i techniczno-taktycznych dla gry w piłkę nożną. Najbardziej specjalistycznym treningiem jest mecz mistrzowski. Innym przykładem są ćwiczenia startowe wykonywane w ramach treningu zbliżone charakterystyką i celem do gry w piłkę nożną.

(Zatoń 1999, Sozański i wsp. 2013, Adamczyk i wsp. 2014)

Tabela 2. Kryteria podziału stref intensywności

Strefy intensywności	Intensywność i czas trwania środków
Tlenowa	Wysiłki o maksymalnym czasie trwania. Kryterium czasu wykonywanego wysiłku jest utrzymanie intensywności w tych samych warunkach bez zaburzeń homeostazy. Wysiłki trwają minimum 5 minut.
Tlenowo - beztlenowa	Wysiłek wykonywany z maksymalną mocą lub odpowiadający intensywności powyżej progu przemian beztlenowych, w którym zawodnik osiąga stan maksymalnego poboru tlenu. Wysiłki trwają od około 3 do 5 minut.
Bezettlenowa - glikolityczna	Ćwiczenia o maksymalnej mocy, trwające od 15 do 120 sekund. Kryterium kontynuacji jest zewnętrzna (najwyższa) moc wysiłku.
Bezettlenowa - fosfagenowa	Czas powtórzenia wyznaczany przez osiąganą moc zewnętrzną wysiłku lub uzależniony od jej utrzymania. Powtórzenia trwają do około 10 sekund.

(Zatoń 1999, Jastrzębski i wsp. 2012, Wierzbicka - Damska 2013)

### 1.3. Maksymalny pobór tlenu ( $VO_2max$ )

Jednym z parametrów określających ogólny poziom wydolności zawodników, mających wpływ na wydajność gry i całkowity dystans pokonany podczas meczu piłki nożnej jest maksymalny pobór tlenu (*ang. Maximal Oxygen Uptake -  $VO_2max$* ), odzwierciedlający zdolności organizmu do absorpcji, transportu i wykorzystania tlenu na poziomie komórkowym w jednostce czasu (Broich i wsp. 2012; Wassermann i wsp. 2012; Modric i wsp. 2020, 2021; Michaelides i wsp. 2021). Jest on uzależniony od sprawności układów oddechowego, krążenia oraz mięśniowego (Wassermann i wsp. 2012). Wysoki poziom maksymalnego poboru tlenu ułatwia restytucję podczas meczu i jest niezbędny do relaksacji mięśni, regeneracji organizmu i utylizacji mleczanu podczas wyczerpujących trwających od kliklu do klikunastu sekund (Impellizzeri i wsp. 2006; Gharbi i wsp. 2015; Chmura i wsp. 2017; Metaxas 2021).

Krótkotrwałe wysiłki o maksymalnej intensywności wykonywane podczas gry w piłkę nożną prowadzą do szybkiego rozpadu fosfokreatyny, która jest resyntezowana podczas wysiłków o niższej intensywności (Colosio i wsp. 2020). Szybkość tej resyntezy uzależniona jest także pośrednio od maksymalnego poboru tlenu (Spencer i wsp. 2005; Buchheit 2008; Bishop i Girard 2013; Rodríguez-Fernández i wsp. 2019; Modric i wsp. 2021). Ponadto poprawa wydajności transportu tlenu prowadzi do większego udziału przemian tlenowych w wydatkowaniu energii, mniej obciążając beztlenowy system energetyczny, a co za tym idzie, zmniejsza zmęczenie poprzez oszczędzanie glikogenu i zapobieganie obniżaniu się pH mięśni (Impellizzeri i wsp. 2006).

U elitarnych zawodników piłki nożnej wartość  $VO_2max$  waha się w przedziale od około 50 do 75  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (Chmura i wsp. 2015; Jemni i wsp. 2018; Modric i wsp. 2021). Podczas meczu trwającego zazwyczaj około 90 minut, zawodnicy osiągają średnio wartość  $VO_2$  na poziomie od około 70 do 80%  $VO_2max$  (Andrzejewski i wsp. 2012; Boone i wsp. 2012; Bishop i Girard 2013).

Według Beltz'a i wsp. (2016) oraz Jemni'ego i wsp. (2018) fizjologicznymi kryteriami osiągnięcia maksymalnego poboru tlenu są: występowanie zjawiska plateau, osiągnięcie maksymalnej częstości skurczów serca (*ang. Maximal Heart Rate -  $HRmax$* ) (Fox i wsp. 1971; Tanaka i wsp. 2001), wartość wskaźnika RER (*ang. Respiratory Gas Exchange Ratio*) (Wassermann i wsp. 1973) równe lub większe niż 1.15, wartość stężenia jonów mleczanu

( $La^-$ ) równe lub większe niż  $10 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  i wartość wskaźnika RPE (*ang. Rating Perceived Exertion*) (Borg 1998) równe lub większe niż 17. Jemni i wsp. (2018) zwracają jednak uwagę na możliwość zakwestionowania każdego z nich, a duże zróżnicowanie reakcji fizjologicznych wśród ludzi oznacza, że niektórzy osiągaliby te kryteria poniżej maksymalnego poziomu, podczas gdy inni mogą mieć trudności z osiągnięciem określonych kryteriów nawet przy maksymalnym wysiłku.

Jedną z zasad osiągnięcia  $VO_2\text{max}$  jest systematyczne i liniowe zwiększanie intensywności ćwiczeń, dopóki badany nie jest w stanie utrzymać lub tolerować intensywności wysiłku (Beltz i wsp. 2016). Z badań wynika, że najwyższe wartości  $VO_2\text{max}$  rejestrowane są w ciągu 3 do 5 minut maksymalnej aktywności, stopniowo zmniejszając się w miarę kontynuowania wysiłku (Zatoń i Michalik 2015) oraz podczas wysiłków progresywnych trwających od 8 do 10 minut (Yoon i wsp. 2007). Maksymalny pobór tlenu może zostać oszacowany na podstawie wybranych zmiennych sercowo-naczyniowych, oddechowych i metabolicznych, rejestrowanych podczas wysiłku. Parametrem, na podstawie którego można w pośredni sposób oszacować maksymalny pobór tlenu jest m.in. częstość skurczów serca (Wassermann i wsp. 2012; Beltz i wsp. 2016).

U wysoko wytrenowanych sportowców zaobserwowano niewielką poprawę lub brak poprawy poziomu  $VO_2\text{max}$  wskutek dalszego stosowania różnych metod treningowych (Burdon 2000; Plato i wsp. 2008).

#### **1.4. Maksymalna wentylacja minutowa płuc (VEmax)**

Decydującą rolę w jakościowej i ilościowej ocenie wyników zawodowych piłkarzy nożnych mogą odgrywać parametry układu oddechowego, co zostało potwierdzone w wielu dotychczasowych badaniach, m. in. Di Paco i wsp. 2014 oraz Di Paco i wsp. 2017. Autorzy wykazali znaczącą korelację zarejestrowanych wartości maksymalnego poboru tlenu ( $VO_2\text{max}$ ) i maksymalnej wentylacji minutowej (*ang. Maximum Minute Ventilation – VEmax*), wyrażonej jako maksymalna wartość iloczynu objętości oddechowej (*ang. Tidal Volume – TV*) i liczby oddechów, wykonanych w czasie jednej minuty (*ang. Breathing Frequency – BF*), zarejestrowanych podczas wysiłku lub w pierwszej fazie restytucji powysiłkowej.

U elitarnych zawodników poziom  $VEmax$  waha się w przedziale od 137,1 do 179,8  $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$  (Di Paco i wsp. 2014; Di Paco i wsp. 2017). Autorzy jako pierwsi

wykazali, że wyższy poziom parametrów oddechowych przyczynia się do lepszych wyników ćwiczeń badanych zawodników, znaczących zmian częstości skurczów serca przy danej prędkości biegu oraz nieznaczącej poprawy poboru tlenu ( $VO_2$ ) i maksymalnej prędkości biegu, osiąganey w teście (ang. *Maximal Exercise Velocity* – *MEV*) po 8 miesiącach treningu i meczów. Zaznaczają jednak, że konieczne są dalsze badania w celu ustalenia, czy ocena reakcji parametrów wentylacyjnych może dać wgląd w potencjalną poprawę umiejętności technicznych i taktycznych oraz zdolności psychologicznych i motorycznych u elitarnych sportowców.

### **1.5. Próg przemian tlenowych i próg przemian beztlenowych**

Na poziom wydolności fizycznej wpływa wiele czynników. Zaliczają się do nich nie tylko maksymalny pobór tlenu i maksymalna wentylacja minutowa, ale także koszt energetyczny wykonywanej pracy i zdolność do utrzymania wysokiej intensywności wysiłku (Bosquet i wsp. 2002; Plato i wsp. 2008).

Do momentu osiągnięcia intensywności na początku II fazy wysiłku fizycznego o narastającym obciążeniu, czyli do momentu nieproporcjonalnego wzrostu wentylacji minutowej płuc, energia pochodzi głównie z metabolizmu tlenowego (Binder i wsp. 2008; Westhoff i wsp. 2013). Jest to minimalna dolna granica intensywności treningu (nazywana m. in. progiem tlenowym), która powoduje poprawę wydolności tlenowej i znajduje również zastosowanie w treningu regeneracyjnym (Binder i wsp. 2008; da Silva i wsp. 2011). Dotychczas, w celu określenia tej intensywności, odzwierciedlającej nieproporcjonalne zmiany parametrów fizjologicznych w stosunku do zmian obciążenia zewnętrznego zastosowano m. in. terminy przedstawione w Tabeli 3.

Tabela 3. Terminy określające próg tlenowy

Nazwa polska	Nazwa angielska	Skrót	Autorzy
Próg tlenowy	Aerobic Threshold	AeT	Modric i wsp. (2020), Modric i wsp. (2021)
Pierwszy próg wentylacyjny	First Ventilatory Threshold	VT1	McLellan i wsp. (1985); Cottin i wsp. (2007), Binder i wsp. (2008), Westhoff i wsp. (2011), Baiget i wsp. (2015)
Tlenowy próg mleczanowy	Aerobic Lactate Threshold	AerT <sub>LA</sub>	Meyer i wsp. (2005), Binder i wsp. (2008)
Tlenowy próg wymiany gazowej	Aerobic Gas Exchange Threshold	AerT <sub>GE</sub>	
Pierwszy próg przemiany mleczanowej	First Blood Lactate Transition Threshold	LT1	da Silva i wsp. (2011), Westhoff i wsp. (2011)

Próg tlenowy odpowiada wzrostowi wentylacyjnego ekwiwalentu tlenu ( $VE/VO_2$ ) bez jednoczesnego wzrostu wentylacyjnego ekwiwalentu dwutlenku węgla ( $VE/VCO_2$ ) (Baiget i wsp. 2015; Modric i wsp. 2020; Modric i wsp. 2021), obciążeniu na poziomie około 64 – 68%  $VO_{2max}$  u wytrenowanych mężczyzn, około 70% maksymalnej częstości skurczów serca ( $HR_{max}$ ) oraz pierwszym oznakom kwasicy metabolicznej (Binder i wsp. 2008; Westhoff i wsp. 2013; Peric i wsp. 2016). Stężenie LA we krwi przy intensywności odpowiadającej progowi przemian tlenowych to wartość około  $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Zatoń 1990; Binder 2008).

Według Tokmakidis i Léger (1992) oraz Zatonia (1998) powszechnie uznaje się, że poniżej progu tlenowego obciążenia wysiłkowe są nieistotne dla organizmu i nie powodują (poza regulacją metabolizmu tłuszczów) większych zmian w równowadze czynnościowej, natomiast po jego przekroczeniu występują oczekiwane zmiany adaptacyjne organizmu.

Jak podają Myers i Ashley 1997 oraz Plato i wsp. 2008, już w latach 60. XX wieku powstała koncepcja twierdząca, że podczas ćwiczeń o charakterze progresywnym pojawia się krytyczny próg metaboliczny (nazywany m. in. progiem beztlenowym). Do określenia tego krytycznego progu zastosowano dotychczas wiele terminów, w tym m. in. zaprezentowane w Tabeli 4.

Tabela 4. Terminy określające próg beztlenowy

Nazwa polska	Nazwa angielska	Skrót	Autorzy
Próg beztlenowy	Anaerobic Threshold	AT, AnT	Kindermann i wsp. (1979), Binder i wsp. (2008), Modric i wsp. (2020), Modric i wsp. (2021)
Beztlenowy próg mleczanowy	Anaerobic Lactate Threshold	AnT <sub>LA</sub>	Meyer i wsp. (2005), Binder i wsp. (2008)
Beztlenowy próg wymiany gazowej	Anaerobic Gas Exchange Threshold	AnT <sub>GE</sub>	
Próg wymiany gazowej	Gas Exchange Threshold	GET	Doncaster i wsp. (2018)
Próg mleczanowy	Lactate Threshold	LT	Bourdon (2000), Plato i wsp. (2008), Michaelides i wsp. (2019)
Drugi próg przemiany mleczanowej	Second Blood Lactate Transition Threshold	LT2	da Silva i wsp. (2011), Westhoff i wsp. (2011)
Początek akumulacji mleczanu we krwi	Onset of Blood Lactate Accumulation	OBLA	Binder i wsp. (2008), Plato i wsp. (2008), Jenni i wsp. (2018)
Stan maksymalnej równowagi mleczanowej	Maximal Lactate Steady State	MLSS	Billat i wsp. (2003), Binder i wsp. (2008), Plato i wsp. (2008)
Próg wentylacyjny	Ventilatory Threshold	VT	Poole i Gaesser (1985), Plato i wsp. (2008), Michaelides i wsp. (2019)
Drugi próg wentylacyjny	Second Ventilatory Threshold	VT2	McLellan i wsp. (1985), Ahmaidi i wsp. (1993), Baiget i wsp. (2015), Cottin i wsp. (2007), Binder i wsp. (2008), Westhoff i wsp. (2011)
Punkt kompensacji oddechowej	Respiratory Compensation Point	RCP	Wassermann i wsp. (1981), Beaver i wsp. (1986), Binder i wsp. (2008), Baiget i wsp. (2015), Nakade i wsp. (2019)

Przy podobnej intensywności występuje także próg amoniakalny, definiowany jako moment istotnego, gwałtownego wzrostu stężenia jonów amonowych we krwi względem wartości spoczynkowej podczas wysiłku o narastającej intensywności (Buono i wsp. 1984; Yuan i wsp. 2002; Yuan i Chan 2004).

Pomiędzy progiem amoniakalnym, a progiem mleczanowym i progiem wentylacyjnym wykazano występowanie istotnej korelacji (Yuan i wsp. 2002; Yuan i Chan 2004; Michaelides i wsp. 2021). Mianem progu wentylacyjnego (*ang. Ventilatory Threshold - VT*) określa się nieproporcjonalny przyrost VE w stosunku do VO<sub>2</sub> podczas wysiłków o charakterze progresywnym. Próg wentylacyjny odpowiada zjawisku progu mleczanowego, ale jest przesunięty w czasie względem progu mleczanowego i pojawia się przy wyższych obciążeniach (Plato i wsp. 2008).

Próg beztlenowy związany jest ze wzrostem wentylacyjnego ekwiwalentu tlenu (VE/VO<sub>2</sub>) przy jednoczesnym wzroście wentylacyjnego ekwiwalentu dwutlenku węgla (VE/VCO<sub>2</sub>) (Baiget i wsp. 2015; Modric i wsp. 2020; Modric i wsp. 2021), a także z gwałtownym wzrostem mleczanu we krwi, zwykle pomiędzy 2,5 a 5,5 mmol·l<sup>-1</sup> (Plato i wsp. 2008). Za umowną wartość stężenia mleczanu, przy której występuje próg przemian beztlenowych, stanowiący górną granicę stanu równowagi między wytwarzaniem,



a usuwaniem mleczanu przyjmuje się  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Magiera 2006; Binder i wsp. 2008; da Silva i wsp. 2011; Michaelides i wsp. 2021; Modric i wsp. 2021). Próg przemian beztlenowych występuje również często przy prędkości biegu  $= 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $14,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) (Śliwowski 2013; Chmura i wsp. 2015; Andrzejewski i wsp. 2016; Parus i wsp. 2017; Altmann i wsp. 2020). Jej przekroczenie doprowadza do gwałtownego narastania stężenia LA we krwi i nie zrównoważonej kwasicy metabolicznej (Binder i wsp. 2008; Andrzejewski i wsp. 2016).

W trakcie meczu 30% całkowitego pokonanego dystansu zawodnicy (z wyjątkiem bramkarzy) przebiegają z prędkością powyżej progu przemian beztlenowych, a nawet 38% w zakresach prędkości biegu od  $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $3,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) do powyżej  $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $6,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (Andrzejewski i wsp. 2012, Ionică 2013, Andrzejewski i wsp. 2016). Bramkarze natomiast, przebiegają tylko 3,83% całkowitego pokonanego dystansu z prędkością biegu powyżej progu przemian beztlenowych, a ponad 4,37% w zakresach prędkości biegu od  $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $3,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) do powyżej  $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $6,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (Di Salvo i wsp. 2008; Parus i wsp. 2017). Inne badania wskazują, że udział procesów tlenowych podczas meczu piłki nożnej u zawodników z pola wynosi od 70% do nawet 90% całkowitego kosztu energetycznego meczu (Casajus i wsp. 2001; McMillan'a i wsp. 2005; Da Silva i wsp. 2011; Andrzejewski i wsp. 2013; Doncaster i wsp. 2018).

W praktyce ważne jest określenie intensywności wysiłku na progu przemian beztlenowych (AT) (Burdon 2000; Zigoas 2011; Broich i wsp. 2012; Chmura i wsp. 2015; Parus i wsp. 2017). Jest to związane z obciążeniem na poziomie 55 – 90%  $\text{VO}_2\text{max}$  (Binder i wsp. 2008; Modric i wsp. 2021) oraz 74 – 93% maksymalnej częstości skurczów serca (HRmax) u wytrenowanych mężczyzn (Swensen i wsp. 1999; Stølen i wsp. 2005, Plato i wsp. 2008; Jemni i wsp. 2018).

Część autorów sugeruje, że wyznaczanie progu tlenowego i progu beztlenowego powinno być zasadniczym kryterium podziału wysiłków ze względu na tor przemian energetycznych (Zatoń 1990). Ponadto według Zatonia (1990) każdy zawodnik, grupa, rodzaj wysiłków i ich kompozycja wymagają oddzielnego podejścia badawczego i ustalenia kryteriów regulacji czasu i intensywności wysiłku fizycznego. Proces treningowy powinien być programowany i kontrolowany z uwzględnieniem indywidualnych możliwości każdego zawodnika. Wyznaczenie obu progów może być pomocne w indywidualizacji treningu.

Jak podaje Meyer i wsp. (2005) istnieje wiele nieporozumień dotyczących nazewnictwa progu tlenowego i beztlenowego, które nie odzwierciedlają procesów

fizjologicznych leżących u podstaw obu progów. Są to jednak tylko kwestie nazewnictwa. Z tego względu w dalszej części pracy przyjęto posługiwanie się następującymi skrótami:

- próg przemian tlenowych – PPT
- próg przemian beztlenowych – PPB

Skróty te wyraźnie odzwierciedlają zjawiska fizjologiczne zachodzące podczas wysiłku z narastającą intensywnością, definiując próg przemian tlenowych jako początek kwasicy metabolicznej we krwi (Wassermann i wsp. 1973; Binder i wsp. 2008; Nakade i wsp. 2019) oraz próg przemian beztlenowych jako punkt kompensacji oddechowej, w którym rozpoczyna się hiperwentylacja, a szybkości wytwarzania mleczanu nie można już zrównoważyć (Wassermann i wsp. 1981; Binder i wsp. 2008; Nakade i wsp. 2019).

## 1.6. Restytucja powysiłkowa

Wielu autorów zwraca uwagę na konieczność regularnego kontrolowania restytucji powysiłkowej, charakteryzującej się dwufazowością. Dynamikę restytucji oszacować można na podstawie tempa obniżania HR lub  $VO_2$  po zakończeniu wysiłku (Zatoń 1990; Cole i wsp. 1999; Du i wsp. 2005; Buchheit 2014; Cataldo i wsp. 2014; Dellal i wsp. 2015; Del Rosso i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018).

Jeden z pierwszych artykułów, który szczegółowo opisywał badania restytucji częstości skurczów serca, został opublikowany w 1931 r. (Boas 1931 za: Lamberts i wsp. 2009). W literaturze opisane są różne metody szacowania poziomu restytucji. Wśród metod wyróżnia się m. in. sumę tętna wypoczynkowego (Simson i Keys 1971), wskaźnik skuteczności restytucji (WSR) (Klonowicz 1970), uproszczoną metodę Klonowicza (Zatoń 1990), bezwzględną różnicę pomiędzy częstością skurczów serca osiągniętą bezpośrednio po wysiłku oraz występującą w końcowej części pierwszej minuty ( $HRR_{60}$ ,  $HRR_{1min}$ ) (Buchheit 2014; Cataldo i wsp. 2014; Dellal i wsp. 2015; Del Rosso i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018), bezwzględną wartość częstości skurczów serca w różnych odstępach czasowych (Boullosa i wsp. 2013; Del Rosso i wsp. 2017).

Restytucja częstości skurczów serca po zakończeniu wysiłku jest związana z osiągnięciem przez zawodników określonej strefy przemian energetycznych podczas wysiłku, czasem utrzymania zadanej intensywności oraz niektórymi cechami fizjologicznymi badanymi w okresie restytucji, na który przypada główne nasilenie zużycia tlenu (Zatoń 1990; Cole i wsp. 1999; Buchheit 2014; Cataldo i wsp. 2014; Dellal i wsp. 2015; Del Rosso i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018).

## 2. Założenia i cel pracy

W dostępnym piśmiennictwie opisano różne metody szacowania maksymalnego poboru tlenu (Léger i wsp. 1988; Beltz i wsp. 2016; Ortiz i wsp. 2018; Clemente i wsp. 2019), maksymalnej wentylacji minutowej (Di Paco i wsp. 2014; Di Paco i wsp. 2017), progów metabolicznych (Binder i wsp. 2008; Ortiz i wsp. 2018) oraz dynamiki restytucji powysiłkowej (Klonowicz 1970; Simson i Keys 1971; Zatoń 1990; Lamberts i wsp. 2009; Boullosa i wsp. 2013; Buchheit 2014; Cataldo i wsp. 2014).

Przeprowadzono także badania oceniające sezonowe zmiany powyższych parametrów fizjologicznych u piłkarzy nożnych (Casajús 2001; Szwarec 2002; McMillan i wsp. 2005; Buchheit i wsp. 2012; Boullosa i wsp. 2013; Di Paco i wsp. 2017), które nie uwzględniały jednak porównania zmian każdego z tych parametrów w jednym badaniu. Ponadto podkreślono konieczność rozwijania umiejętności techniczno – taktycznych u osób trenujących piłkę nożną poprzez zastosowanie ukierunkowanych i specjalnych środków treningowych z piłką (Reilly 2005). Jednak nie przeprowadzono dotychczas badań określających zmiany opisanych we wstępie parametrów fizjologicznych wskutek zastosowania różnych środków treningowych w każdej ze stref intensywności, a brak sprecyzowanego nazewnictwa progu przemian tlenowych i beztlenowych utrudnia dokonanie pełnego przeglądu literatury opisującej powyższe zależności. Zasugerowano również, że zawodnicy o lepszym poziomie wytrenowania mogą w mniejszym stopniu doświadczać zaburzeń homeostazy wskutek stosowanych środków treningowych niż osoby słabo wytrenowane, a co za tym idzie rozwijać się w innym tempie (Buchheit i wsp. 2010b).

Na podstawie wyników badań innych autorów, najkorzystniejszym do określenia większości opisywanych parametrów wydaje się być wykorzystanie metody o charakterze progresywnym (Binder i wsp. 2008; Plato i wsp. 2008; Westhoff i wsp. 2013; Di Paco i wsp. 2014; Beltz i wsp. 2016; Di Paco i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018; Clemente i wsp. 2019).

## 2.1. Hipotezy badawcze

Ogólny poziom wydolności fizycznej może zostać określony na podstawie maksymalnego poboru tlenu, maksymalnej wentylacji minutowej, progu przemian beztlenowych oraz tempa restytucji. (da Silva i wsp. 2011; Buchheit i wsp. 2012; Wassermann i wsp. 2012; Di Paco i wsp. 2014; Lipińska i Szwarz 2016; Di Paco i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; Modric i wsp. 2021).

W badaniach postawiono następujące hipotezy badawcze:

- W półrocznym cyklu treningowym prędkość biegu w warunkach progów metabolicznych zmienia się wprost proporcjonalnie do maksymalnego poboru tlenu, maksymalnej wentylacji minutowej oraz tempa restytucji powysiłkowej.
- Wywołanie zmian poziomu wydolności u zawodników wytrenowanych wymaga zastosowania innych środków treningowych niż u osób słabo wytrenowanych.

## 2.2. Cel badań

Głównym celem badań było określenie jak zmienia się prędkość biegu na progu przemian tlenowych i beztlenowych piłkarzy nożnych ligi amatorskiej, w relacji do zastosowanych środków treningowych.

W pracy postawiono następujące pytania badawcze:

1. Jak zmieniają się prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych i beztlenowych u piłkarzy nożnych, poddanych testowi progresywnemu w warunkach terenowych na przestrzeni półrocznego cyklu treningowego?
2. Czy parametry wydolnościowe określające ogólny poziom wydolności fizycznej ( $VO_2\max$ ,  $VE\max$ , restytucja powysiłkowa) w sposób istotny oddziałują na prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych?
3. Czy możliwe jest określenie zależności pomiędzy prędkościami biegu w warunkach progów metabolicznych, a zastosowanymi środkami treningowymi w półrocznym cyklu treningowym?
4. Jak zmieniają się prędkości biegu na progu przemian tlenowych i beztlenowych oraz parametry wydolnościowe w zależności od ich wyjściowego poziomu w relacji do zastosowanych środków treningowych?

### **3. Materiał i metody**

#### **3.1. Badani**

Badaniami objęto 36 piłkarzy nożnych (108 obserwacji), występujących na poziomie amatorskim w Akademii Piłkarskiej Wrocławskiego Klubu Sportowego Śląsk Wrocław SA, zwanym dalej „Klubem”. Byli to zawodnicy płci męskiej w wieku  $20,21 \pm 1,59$  lat. Najmłodszy z nich miał 18 lat, a najstarszy 26 lat. Charakteryzowali się wysokością ciała  $179,64 \pm 7,44$  cm w przedziale od 165 cm do 193 cm, masą ciała  $74,56 \pm 5,28$  kg od 63,3 kg do 85,5 kg. Staż zawodniczy badanych wynosił od 12 do 20 lat. Z analizy wykluczono bramkarzy ze względu na charakter wysiłku różniący się od podejmowanego przez zawodników grających na innych pozycjach. Działanie takie było podyktowane procedurami zastosowanymi przez innych autorów (Di Salvo i wsp. 2007; Andrzejewski i wsp. 2012; Metaxas 2021; Michaelides i wsp. 2021). Zawodnicy zostali podzieleni na trzy grupy badawcze.

Charakterystyka demograficzna i antropometryczna każdej z grup w poszczególnych okresach badawczych zostały przedstawione w tabelach 5, 6, 7.

W pracy wzięto pod uwagę podstawowe parametry demograficzne i antropometryczne: wiek [lata], wysokość ciała [cm], masę ciała [kg], odsetek tkanki tłuszczowej [%] oraz obliczono wskaźnik względny masy ciała Queteleta – Body Mass Index (BMI) [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ]. Różnice międzygrupowe przedstawiono w tabeli 8.

Ekspertyment badawczy uzyskał pozytywną opinię Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu (uchwała z dnia 14.02.2020 r., nr. 7/2020).

Tabela 5. Charakterystyka demograficzna i antropometryczna Grupy 1

		Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	BMI [kg·m <sup>-2</sup> ]	Tkanka tłuszczowa [%]
<b>TT 1A (n=11)</b>	$\bar{x} \pm SD$	19,82 ± 1,40	181,73 ± 8,08	77,67 ± 5,61	23,55 ± 1,44	10,46 ± 1,88
	Min.	18,00	166,00	68,60	21,17	6,90
	Max.	23,00	191,00	85,50	25,77	14,00
<b>TT 1B (n=11)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,00 ± 1,61	181,95 ± 8,12	77,09 ± 5,62	23,31 ± 1,48	9,49 ± 0,77
	Min.	18,00	166,00	66,70	21,45	8,15
	Max.	24,00	191,50	83,90	26,09	10,82
<b>TT 1C (n=11)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,27 ± 1,42	181,23 ± 8,18	76,78 ± 5,27	23,41 ± 1,54	9,45 ± 1,61
	Min.	19,00	165,00	67,00	21,30	6,64
	Max.	24,00	191,50	83,00	26,45	12,43

Tabela 6. Charakterystyka demograficzna i antropometryczna Grupy 2

		Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	BMI [kg·m <sup>-2</sup> ]	Tkanka tłuszczowa [%]
<b>TT 2A (n=12)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,25 ± 2,14	180,48 ± 7,96	74,35 ± 5,99	22,84 ± 1,45	9,32 ± 1,34
	Min.	18,00	166,00	63,30	20,97	6,70
	Max.	26,00	193,00	84,00	25,58	11,27
<b>TT 2B (n=12)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,42 ± 2,11	180,50 ± 8,24	74,23 ± 5,88	22,80 ± 1,46 **	9,48 ± 1,65 *
	Min.	18,00	166,00	64,30	21,04	6,57
	Max.	26,00	193,00	85,00	25,77	13,16
<b>TT 2C (n=12)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,50 ± 2,02	179,71 ± 7,96	74,43 ± 6,07	23,06 ± 1,52	10,99 ± 1,50 ***
	Min.	18,00	165,00	65,00	21,24	9,10
	Max.	26,00	192,00	85,00	26,34	13,70

\* - TT2B:TT2C (p=0,01); \*\* - TT2B:TT2C (p=0,02); \*\*\* - TT2A:TT2C (p=0,008);

Tabela 7. Charakterystyka demograficzna i antropometryczna Grupy 3

		Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	BMI [kg·m <sup>-2</sup> ]	Tkanka tłuszczowa [%]
<b>TT 3A (n=13)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,08 ± 1,32	177,54 ± 6,27	72,23 ± 3,91 *	22,95 ± 1,41 *	10,34 ± 1,83
	Min.	18,00	166,00	65,50	20,86	7,90
	Max.	22,00	185,00	80,50	26,02	14,30
<b>TT 3B (n=13)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,15 ± 1,21	177,35 ± 6,39	72,86 ± 3,53	23,21 ± 1,43	10,15 ± 1,67
	Min.	18,00	165,00	67,00	21,47	7,00
	Max.	22,00	185,00	80,00	26,45	12,20
<b>TT 3C (n=13)</b>	$\bar{x} \pm SD$	20,38 ± 1,26	177,31 ± 6,38	72,53 ± 3,70	23,12 ± 1,48	9,65 ± 1,54 **
	Min.	19,00	165,00	65,90	21,12	8,00
	Max.	22,00	185,00	80,00	26,45	13,40

\* - TT 3A:TT 3B (p=0,02); \*\* - TT 3A:TT 3C (p=0,007)



Tabela 8. Międzygrupowe różnice parametrów demograficznych i antropometrycznych

		Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	BMI [kg·m <sup>-2</sup> ]	Tkanka tłuszczowa [%]
Istotność różnic p≤0,05	TT 1A: TT 2A	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	TT 2A: TT 3A	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	TT 1A: TT 3A	n.s.	n.s.	<b>p=0,01</b>	n.s.	n.s.
	TT 1B: TT 2B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	TT 2B: TT 3B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	TT 1B: TT 3B	n.s.	n.s.	<b>p=0,04</b>	n.s.	n.s.
	TT 1C: TT 2C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<b>p=0,03</b>
	TT 2C: TT 3C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<b>p=0,03</b>
	TT 1C: TT 3C	n.s.	n.s.	<b>p=0,03</b>	n.s.	n.s.

### 3.2. Plan badań

Cały eksperyment składał się z dwóch części. W pierwszej zawodników podzielono na trzy grupy badane (1, 2, 3). Zawodnicy uczestniczący w eksperymencie wykonywali test progresywny w warunkach terenowych. Każda z grup poddana była badaniom w półrocznym cyklu treningowym, podczas którego wykonano badania w trzech Terminach Testowych (TT):

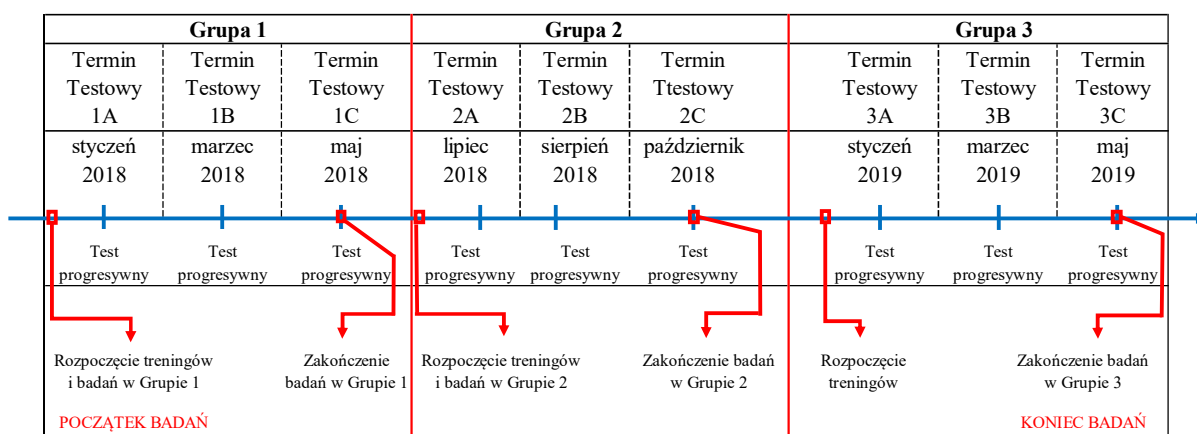
TT A – badanie wykonane na początku okresu przygotowawczego we wszystkich grupach

TT B – badanie wykonane na końcu okresu przygotowawczego we wszystkich grupach

TT C – badanie wykonane w okresie startowym we wszystkich grupach

Niezależnie od badań testowych zawodnicy uczestniczyli w treningach piłki nożnej o różnym charakterze wysiłku, organizowanych przez Klub oraz meczach organizowanych przez Polski Związek Piłki Nożnej. W każdym cyklu treningowym uczestniczyła inna grupa zawodników. Badania przeprowadzono w latach 2018 (Grupa 1 i 2) oraz 2019 (Grupa 3).

Organizacja procesu badawczego została zobrazowana na rycinie 1.



Rycina 1. Organizacja procesu badawczego

W drugiej części badań wszystkich zawodników, niezależnie od wstępnej kwalifikacji do grupy 1, 2, 3 oraz TT w pierwszej części eksperymentu, podzielono ponownie. Tym razem utworzono tzw. przedziały wartości każdego z parametrów:  $VO_{2max}$ ,  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $V_{Emax}$ ,  $REST$ , w zakresie wartości uzyskanych w całej grupie zawodników w teście progresywnym.

### 3.3. Użyte środki treningowe

Na podstawie kryteriów podziału środków treningowych i stref intensywności podanych przez Zatonia (1990), Jastrzębskiego i wsp. (2012), Sozańskiego i wsp. (2013), Wierzbicką – Damską (2013), Adamczyka i wsp. (2014) zobrazowanych w Tabelach 1 i 2 wyszczególniono czas wszystkich środków treningowych w każdej strefie energetycznej [min], charakteryzujący wysiłek fizyczny wykonywany przez zawodników przed każdym TT przez każdą z grup. Wyodrębniono ponadto czas rozegranych meczów [min] oraz liczbę meczów rozegranych powyżej 45 minut.

Na tej podstawie obliczono także:

- sumę każdego ze środków w strefie intensywności tlenowej i tlenowo – beztlenowej (tlenowe i tlenowo – beztlenowe razem)
- sumę każdego ze środków w strefie intensywności beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej (bztlenowe – glikolityczne i fosfagenowe razem)
- sumę środków ukierunkowanych i specjalnych w każdej ze stref intensywności (środki z piłką razem)

- udział procentowy wykonanego wysiłku fizycznego przez każdą z grup przed każdym Terminem Testowym [%]
- współczynniki określające czas wykonanego wysiłku fizycznego w stosunku do sumy dni treningowych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] i sumy jednostek treningowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] wykonanych przed każdym Terminem Testowym
- czas treningów wyrównawczych o charakterze wysiłku meczowego [min]
- ilość treningów wyrównawczych o charakterze wysiłku meczowego [liczba]
- sumę czasu rozegranych meczów oraz wykonywanych treningów wyrównawczych (rozegrane mecze i treningi wyrównawcze razem) [min]
- sumę meczów rozegranych powyżej 45 minut i liczby treningów wyrównawczych (mecze rozegrane powyżej 45 minut i treningi wyrównawcze razem) [liczba]
- współczynniki określające czas rozegranych meczów oraz wykonanych treningów wyrównawczych o charakterze wysiłku meczowego w stosunku do sumy dni treningowych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] i sumy jednostek treningowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] wykonanych przed każdym Terminem Testowym
- współczynniki określające liczbę rozegranych meczów powyżej 45 minut oraz wykonanych treningów wyrównawczych o charakterze wysiłku meczowego w stosunku do sumy dni treningowych [ $\text{liczba} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] i sumy jednostek treningowych [ $\text{liczba} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] wykonanych przed każdym Terminem Testowym
- współczynniki określające liczbę wykonanych treningów wyrównawczych o charakterze wysiłku meczowego w stosunku do sumy dni treningowych [ $\text{liczba} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] i sumy jednostek treningowych [ $\text{liczba} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] wykonanych przed każdym Terminem Testowym
- współczynniki określające  $\Sigma$  rozegranych meczów i treningów wyrównawczych w stosunku do sumy dni treningowych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] i sumy jednostek treningowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] wykonanych przed każdym Terminem Testowym
- współczynniki określające  $\Sigma$  meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych w stosunku do sumy dni treningowych [ $\text{liczba} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] i sumy jednostek treningowych [ $\text{liczba} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] wykonanych przed każdym Terminem Testowym

Klasyfikację określającą czas, udział procentowy i częstotliwość wysiłku fizycznego, czas, częstotliwość rozegranych meczów oraz liczbę, częstotliwość treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut przez każdą grup przed każdym TT zobrazowano w tabeli 9. Natomiast, przykładowe ćwiczenia wykorzystane w poszczególnych środkach treningowych przedstawiono w Aneksie.

Częstotliwość wysiłku fizycznego rozumiano jako czas zastosowanych środków treningowych w stosunku do sumy dni treningowych i sumy jednostek treningowych. Częstotliwość rozegranych meczów rozumiano jako czas rozegranych meczów w stosunku do sumy dni treningowych i sumy jednostek treningowych. Częstotliwość treningów wyrównawczych rozumiano jako czas i liczbę treningów wyrównawczych w stosunku do sumy dni treningowych i sumy jednostek treningowych. Częstotliwość meczów rozegranych powyżej 45 minut rozumiano jako liczbę rozegranych meczów powyżej 45 minut w stosunku do sumy dni i sumy jednostek treningowych.

Tabela 9. Klasyfikacja określająca czas, udział procentowy i częstotliwość wykonywanego wysiłku fizycznego, czas, częstotliwość rozegranych meczów oraz liczbę i częstotliwość treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut przez każdą grup przed każdym TT

Nazwa	Jednostka
środki ogólne tlenowe	
środki ogólne tlenowo - beztlenowe	
środki ogólne beztlenowe - glikolityczne	
środki ogólne beztlenowe - fosfagenowe	
środki ukierunkowane tlenowe	
środki ukierunkowane tlenowo - beztlenowe	
środki ukierunkowane beztlenowe - glikolityczne	
środki ukierunkowane beztlenowe - fosfagenowe	
środki specjalne tlenowe	
środki specjalne tlenowo - beztlenowe	
środki specjalne beztlenowe - glikolityczne	
środki specjalne beztlenowe - fosfagenowe	
środki ogólne razem	[min]
środki ukierunkowane razem	[%]
środki specjalne razem	[min·dni <sup>-1</sup> ]
środki tlenowe razem	[min·treningi <sup>-1</sup> ]
środki tlenowo - beztlenowe razem	
środki beztlenowe - glikolityczne razem	
środki beztlenowe - fosfagenowe razem	
środki tlenowe i tlenowo - beztlenowe razem	
środki beztlenowe - glikolityczne i fosfagenowe razem	
środki tlenowe z piłką	
środki tlenowo - beztlenowe z piłką	
środki beztlenowe - glikolityczne z piłką	
środki beztlenowe - fosfagenowe z piłką	
środki z piłką razem	
środki tlenowe i tlenowo - beztlenowe razem	
środki razem	[min]
rozegrane mecze	[min·dni <sup>-1</sup> ]
treningi wyrównawcze	[min·treningi <sup>-1</sup> ]
rozegrane mecze i treningi wyrównawcze razem	
mecze rozegrane powyżej 45 minut	[liczba]
treningi wyrównawcze	[liczba·dni <sup>-1</sup> ]
mecze rozegrane powyżej 45 minut i treningi wyrównawcze razem	[liczba·treningi <sup>-1</sup> ]

### 3.4. Metody badawcze

Jak zobrazowano na rycinie 1, w każdym Terminie Testowym wykonywany był test progresywny w warunkach terenowych. Każdy z testów został przeprowadzony na początku tygodnia, w mikrocyklu treningowym charakteryzującym się tym samym układem jednostek treningowych i meczowych w każdej z grup.

Podczas testów monitorowana była temperatura powietrza (°C) i ciśnienie atmosferyczne (hPa). Dane zostały pobrane ze stacji pomiarowej Portu Lotniczego Wrocław Strachowice Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego. Dodatkowo warunki w miejscu wykonywania testu weryfikowano używając przenośnego termometru i barometru (*Benoist Berthiot Ibérica, Oviedo, Hiszpania*), nie stwierdzając różnic istotnych statystycznie.

Test progresywny w każdym TT poprzedzony został wykonaniem pomiarów antropometrycznych, podczas których zmierzone były:

- I. wysokość ciała (cm) na wadze lekarskiej WPT 200 (*RADWAG, Polska*)
- II. masa ciała (kg) na wadze lekarskiej WPT 200 (*RADWAG, Polska*)
- III. odsetek tkanki tłuszczowej metodą ultradźwiękową, urządzeniem BodyMetrix BX2000 (*IntelaMetrix, Stany Zjednoczone*)

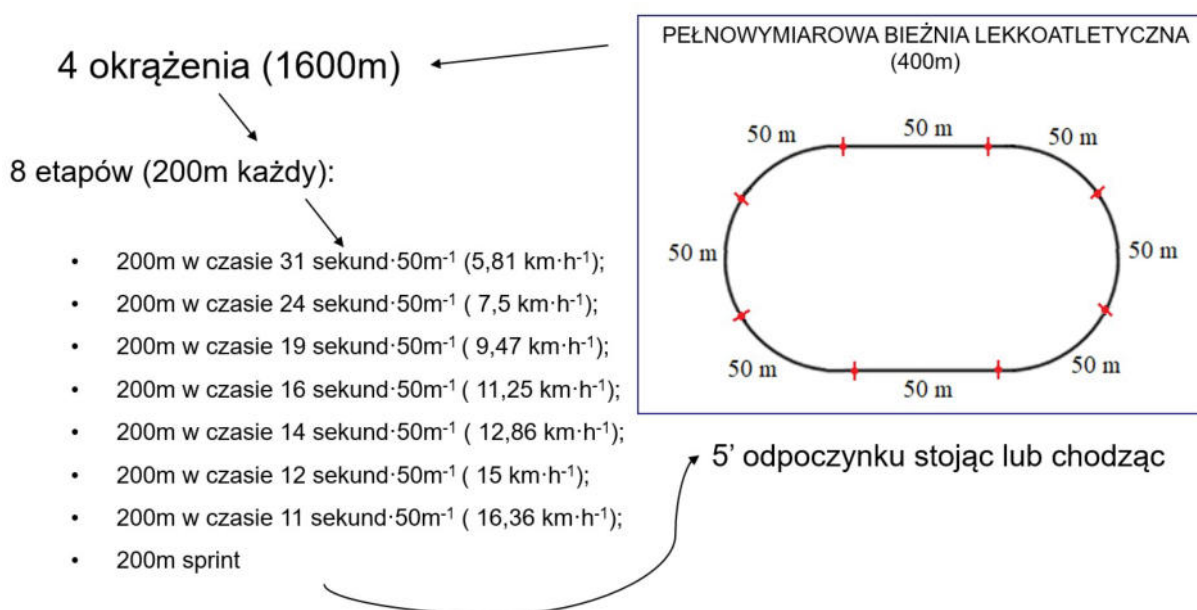
Na podstawie wysokości i masy ciała obliczono wskaźnik względny masy ciała Queteleta – Body Mass Index (BMI) [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ].

Dane przedstawiono w tabelach 5, 6, 7.

#### 3.4.1. Test progresywny w warunkach terenowych

Test został przeprowadzony zgodnie z kryteriami osiągnięcia maksymalnego poboru tlenu ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) w trybie progresywnym (Rivera-Brown i wsp. 1994; Beltz i wsp. 2016). Podczas wykonania testu badany zawodnik pokonywał dystans 1600 metrów w trybie progresywnym na pełnowymiarowej 400. metrowej bieżni lekkoatletycznej (4 okrążenia) z nawierzchnią tartanową. Kolejne siedem dwustumetrowych odcinków

zawodnik pokonywał kolejno w czasie 31 sekund·50m<sup>-1</sup> (5,81 km·h<sup>-1</sup>); 24 sekund·50m<sup>-1</sup> (7,5 km·h<sup>-1</sup>); 19 sekund·50m<sup>-1</sup> (9,47 km·h<sup>-1</sup>); 16 sekund·50m<sup>-1</sup> (11,25 km·h<sup>-1</sup>); 14 sekund·50m<sup>-1</sup> (12,86 km·h<sup>-1</sup>); 12 sekund·50m<sup>-1</sup> (15 km·h<sup>-1</sup>) i 11 sekund·50m<sup>-1</sup> (16,36 km·h<sup>-1</sup>). Ostatni dwustumetrowy odcinek pokonywany był z prędkością maksymalną (sprint). Po wykonaniu testu zawodnik odpoczywał przez 5 minut stojąc lub chodząc. Test został wykonany płynnie (w trakcie testu nie występowały gwałtowne przyspieszenia). Procedura testu została zobrazowana na rycinie 2.



Rycina 2. Procedura testu progresywnego w warunkach terenowych

Podczas wykonywania testu w każdym TT monitorowane były: częstość skurczów serca (HR), prędkość biegu [km·h<sup>-1</sup>] z wykorzystaniem sport – testerów Polar M400 (*Kempele, Finlandia*). Ponadto mierzono następujące parametry oddechowe: VO<sub>2</sub>max, VE, RER, VEmax z wykorzystaniem urządzenia K5 (*Cosmed, Rzym, Włochy*). Aparat kalibrowany był powietrzem atmosferycznym, a także mieszką gazową (CO<sub>2</sub> – 5%; O<sub>2</sub> – 16% oraz N<sub>2</sub> – 79%). Po zakończeniu testu rejestrowano HR w celu określenia czasu obniżenia HR do wartości na progu przemian tlenowych (REST)[s].

W całej procedurze testowej zarejestrowane zostały następujące parametry:

- maksymalny pobór tlenu ( $VO_{2max}$ ) [ $l \cdot min^{-1}$ ]
- maksymalny pobór tlenu ( $VO_{2max}$ ) [ $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ]
- maksymalna wentylacja minutowa ( $VE_{max}$ ) [ $l \cdot min^{-1}$ ]
- prędkość biegu w warunkach progu przemian tlenowych ( $V_{PPT}$ ) [ $km \cdot h^{-1}$ ]
- prędkość biegu w warunkach progu przemian beztlenowych ( $V_{PPB}$ ) [ $km \cdot h^{-1}$ ]
- końcowa prędkość biegu ( $V_{max}$ ) [ $km \cdot h^{-1}$ ]
- początkowa częstość skurczów serca ( $HR_{min}$ ) [uderzeń  $\cdot min^{-1}$ ]
- częstość skurczów serca na progu przemian tlenowych ( $HR_{PPT}$ ) [uderzeń  $\cdot min^{-1}$ ]
- częstość skurczów serca na progu przemian beztlenowych ( $HR_{PPB}$ ) [uderzeń  $\cdot min^{-1}$ ]
- maksymalna częstość skurczów serca ( $HR_{max}$ ) [uderzeń  $\cdot min^{-1}$ ]
- czas powrotu częstości skurczów serca do progu tlenowego (REST) [s]

Ponieważ każda z grup wykonała badania trzykrotnie, w pracy posłużono się oceną zmian każdego z badanych parametrów, a także czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut.

Zmianę każdego z badanych parametrów, czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby i częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut wyrażano jako  $\Delta$  zmian pomiędzy kolejnymi TT w sposób następujący:  $\Delta = B$  (wartość wyjściowa) – A (**wartość wejściowa**) oraz  $\Delta = C$  (wartość wyjściowa) – B (**wartość wejściowa**) w każdym cyklu treningowym.

Do analizy wybrano zmiany parametrów, których oznaczenia przedstawiono w tabeli 10, a także zmiany czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut, których oznaczenia zaprezentowano w tabeli 11.

W drugiej części badań podstawą do oceny zmian **wartości wejściowych** parametrów uzyskanych w pierwszej części badań była kwalifikacja zawodnika do konkretnego przedziału wartości w obrębie każdego z parametrów  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$ , REST.



Tabela 10. Oznaczenia zmian poszczególnych parametrów analizowane w każdej grupie podczas półrocznego cyklu treningowego

Parametr	Jednostka
$\Delta$ wiek	[lata]
$\Delta$ wysokość ciała	[cm]
$\Delta$ masa ciała	[kg]
$\Delta$ poziom tkanki tłuszczowej	[%]
$\Delta$ BMI	[kg·m <sup>-2</sup> ]
$\Delta$ temperatura	[°C]
$\Delta$ ciśnienie	[hPa]
$\Delta$ V <sub>PPT</sub>	
$\Delta$ V <sub>PPB</sub>	[km·h <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ V <sub>max</sub>	
$\Delta$ HR <sub>min</sub>	
$\Delta$ HR <sub>PPT</sub>	
$\Delta$ HR <sub>PPB</sub>	[uderzeń·min <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ HR <sub>max</sub>	
$\Delta$ VO <sub>2max</sub>	[ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ VE <sub>max</sub>	[l·min <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ REST	[s]

Tabela 11. Oznaczenia zmian czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut analizowane w każdej grupie podczas półrocznego cyklu treningowego

Nazwa	Jednostka
$\Delta$ środki ogólne tlenowe	
$\Delta$ środki ogólne tlenowo - beztlenowe	
$\Delta$ środki ogólne beztlenowe - glikolityczne	
$\Delta$ środki ogólne beztlenowe - fosfagenowe	
$\Delta$ środki ukierunkowane tlenowe	
$\Delta$ środki ukierunkowane tlenowo - beztlenowe	
$\Delta$ środki ukierunkowane beztlenowe - glikolityczne	
$\Delta$ środki ukierunkowane beztlenowe - fosfagenowe	
$\Delta$ środki specjalne tlenowe	
$\Delta$ środki specjalne tlenowo - beztlenowe	
$\Delta$ środki specjalne beztlenowe - glikolityczne	
$\Delta$ środki specjalne beztlenowe - fosfagenowe	[min]
$\Delta$ środki ogólne razem	[%]
$\Delta$ środki ukierunkowane razem	[min·dni <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ środki specjalne razem	[min·treningi <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ środki tlenowe razem	
$\Delta$ środki tlenowo - beztlenowe razem	
$\Delta$ środki beztlenowe - glikolityczne razem	
$\Delta$ środki beztlenowe - fosfagenowe razem	
$\Delta$ środki tlenowe i tlenowo - beztlenowe razem	
$\Delta$ środki beztlenowe - glikolityczne i fosfagenowe razem	
$\Delta$ środki tlenowe z piłką	
$\Delta$ środki tlenowo - beztlenowe z piłką	
$\Delta$ środki beztlenowe - glikolityczne z piłką	
$\Delta$ środki beztlenowe - fosfagenowe z piłką	
$\Delta$ środki z piłką razem	
$\Delta$ środki tlenowe i tlenowo - beztlenowe razem	
$\Delta$ środki razem	[min]
$\Delta$ rozegrane mecze	[min·dni <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ treningi wyrównawcze	[min·treningi <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ rozegrane mecze i treningi wyrównawcze razem	
$\Delta$ mecze rozegrane powyżej 45 minut	[liczba]
$\Delta$ treningi wyrównawcze	[liczba·dni <sup>-1</sup> ]
$\Delta$ mecze rozegrane powyżej 45 minut i treningi wyrównawcze razem	[liczba·treningi <sup>-1</sup> ]

### 3.5. Analiza statystyczna

Analiza została wykonana w programie Statistica wersja 13.1 (StatSoft, Kraków, Polska) z licencją dla Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

Obliczone zostały średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe oraz wartości minimalne i maksymalne z podziałem i bez podziału na grupy. Normalność rozkładu danych sprawdzono testem Shapiro – Wilka ( $p > 0,2$ ). Zweryfikowane zostały wymagane założenia (brak odstających obserwacji, normalność reszt oraz ilościowe skale pomiarowe).

Ze względu na wiele odstających obserwacji oraz brak rozkładu normalnego wszystkich danych dla porównania zmian prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych ze zmianami każdego z badanych parametrów, czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut obliczone zostały współczynniki korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) z podziałem i bez podziału na grupy.

Istotność statystyczna międzygrupowych różnic każdego z analizowanych parametrów zarejestrowanych w Terminach Testowych, czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut przed każdym Terminem Testowym została zweryfikowana testem t-Studenta dla prób niezależnych.

Istotność statystyczna wewnątrzgrupowych różnic każdego parametru badanego w Terminach Testowych, czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut przed każdym Terminem Testowym, a także wewnątrzgrupowych różnic każdego badanego parametru, czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut w przedziałach wartości danych w obrębie parametrów  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$ ,  $REST$  została zweryfikowana testem t-Studenta dla prób zależnych.

Poziom istotności statystycznej został ustalony na poziomie  $p \leq 0,05$ .

## **4. Wyniki badań**

### **4.1. Czas trwania wysiłku fizycznego wykonywanego przez badanych**

Czas trwania wysiłku fizycznego wykonywanego [min] przez każdą z grup przed każdym TT, oraz różnice wewnątrzgrupowe zostały zobrazowane w Tabelach 12, 13, 14.

W tabeli 12 przedstawiono wyniki dotyczące czasu trwania wykonanego wysiłku fizycznego [min] przez grupę 1. Pomiedzy TT 1A, a TT 1B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiedzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie beztlenowej – glikolitycznej. Pomiedzy TT 1B, a TT 1C zaobserwowano różnice istotne statystycznie w przypadku zastosowania środków przygotowania ukierunkowanego w obszarze strefy tlenowo – beztlenowej i beztlenowej glikolitycznej, środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej oraz sumy wszystkich środków w strefie beztlenowej – glikolitycznej. Pomiedzy TT 1A, a TT 1C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiedzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie beztlenowej – glikolitycznej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie tlenowo – beztlenowej, sumy wszystkich środków przygotowania ogólnego oraz sumy wszystkich środków w strefie beztlenowej glikolitycznej.

Wyniki dotyczące czasu trwania wykonanego wysiłku fizycznego [min] przez grupę 2 przedstawiono w tabeli 13. Pomiedzy TT 2A, a TT 2B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiedzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowo - beztlenowej. Pomiedzy TT 2B, a TT 2C zaobserwowano różnice istotne statystycznie w przypadku zastosowania środków przygotowania ogólnego w obszarze strefy beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania ukierunkowanego w obszarze strefy tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania specjalnego w obszarze strefy tlenowo – beztlenowej i beztlenowej – glikolitycznej oraz sumy wszystkich środków przygotowania ogólnego, sumy wszystkich środków w strefie tlenowo – beztlenowej, sumy wszystkich środków w strefie beztlenowej – glikolitycznej oraz sumy wszystkich środków

razem. Pomędzy TT 2A i TT 2C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowo – beztlenowej.

W tabeli 14 przedstawiono wyniki dotyczące czasu trwania wykonanego wysiłku fizycznego [min] przez grupę 3. Pomędzy TT 3A, a TT 3B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności. Pomędzy TT 3B, a TT 3C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowej i beztlenowej – glikolitycznej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie tlenowej, sumy wszystkich środków przygotowania specjalnego, sumy wszystkich środków w obszarze strefy beztlenowej glikolitycznej, beztlenowej – fosfagenowej oraz sumy wszystkich środków razem. Pomędzy TT 3A, a TT 3C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ukierunkowanego w obszarze strefy tlenowo – beztlenowej oraz środków przygotowania specjalnego w obszarze strefy tlenowej.

Różnice międzygrupowe czasu trwania wysiłku fizycznego każdej badanej grupy wykonywanego przed pierwszym Terminem przedstawiono w tabeli 15. Pomędzy TT 1A, a TT 2A zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie tlenowej, środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, sumy wszystkich środków w obszarze strefy beztlenowej fosfagenowej oraz sumy wszystkich środków przygotowania specjalnego razem. Pomędzy TT 2A, a TT 3A zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie beztlenowej – fosfagenowej oraz środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej. Pomędzy TT 1A, a TT 3A zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego

we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowo – beztlenowej i beztlenowej – glikolitycznej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, sumy wszystkich środków w obszarze strefy tlenowej, tlenowo – beztlenowej i beztlenowej – fosfagenowej, sumy wszystkich środków przygotowania specjalnego oraz wszystkich środków razem. Pomędzy TT 1B, a TT 2B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowo – beztlenowej oraz sumy środków w strefie tlenowej, tlenowo – beztlenowej, beztlenowej glikolitycznej, beztlenowej fosfagenowej i wszystkich środków razem. Pomędzy TT 2B, a TT 3B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowej i beztlenowej – fosfagenowej oraz sumy środków w strefie beztlenowej – fosfagenowej. Pomędzy TT 1B, a TT 3B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowo – beztlenowej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej, środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, sumy środków przygotowania ogólnego i specjalnego, sumy środków w strefie tlenowej, tlenowo – beztlenowej i beztlenowej – fosfagenowej oraz sumy wszystkich środków razem. Pomędzy TT 1C, a TT 2C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania specjalnego w strefie tlenowo – beztlenowej, sumy wszystkich środków przygotowania specjalnego, sumy wszystkich środków w strefie tlenowej, tlenowo – beztlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowe oraz sumy wszystkich środków

razem. Pomiędzy TT 2C, a TT 3C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie tlenowej, beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania specjalnego w strefie beztlenowej – fosfagenowej, sumy wszystkich środków przygotowania ukierunkowanego i specjalnego oraz sumy wszystkich środków w strefie tlenowej. Pomiędzy TT 1C, a TT 3C zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi środkami przygotowania ogólnego, ukierunkowanego i specjalnego we wszystkich strefach intensywności z wyjątkiem środków przygotowania ogólnego w strefie tlenowej, tlenowo – beztlenowej i beztlenowej – fosfagenowej, środków przygotowania ukierunkowanego w strefie beztlenowej – glikolitycznej i beztlenowej – fosfagenowej, sumy wszystkich środków przygotowania specjalnego oraz sumy wszystkich środków w strefie tlenowej i beztlenowej – fosfagenowej.

Tabela 12. Wysilek fizyczny (w minutach) wykonywany przez Grupę 1 przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe

Strefy intensywności	Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 1A (n=11)				Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 1B (n=11)				Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 1C (n=11)				
	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	
	$\bar{x} \pm SD$	219,82 ± 63,41	104,55 ± 15,72	25,45 ± 44,11	349,82 ± 109,49	432,00 ± 146,06	341,46 ± 112,21	497,00 ± 145,80	1270,46 ± 386,66	353,91 ± 113,31	358,00 ± 118,45	258,46 ± 96,50	970,36 ± 322,93
Tlenowa [min]	Min.	107,00	80,00	0	237,00	251,00	191,00	265,00	707,00	119,00	115,00	45,00	279,00
	Max.	317,00	130,00	102,00	523,00	802,00	540,00	749,00	2086,00	473,00	482,00	330,00	1278,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 1A: TT 1B				TT 1B: TT 1C				TT 1A: TT 1C			
		<b>p=0,002</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0002</b>	n.s.	n.s.	<b>p=0,005</b>	n.s.	<b>p=0,007</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0002</b>
	$\bar{x} \pm SD$	103,73 ± 30,07	52,91 ± 24,46	135,00 ± 73,01	291,64 ± 111,16	22,55 ± 7,22	105,00 ± 46,65	432,91 ± 178,85	560,46 ± 220,46	24,64 ± 8,44	44,73 ± 15,09	501,00 ± 160,04	570,36 ± 167,75
Tlenowo – beztlenowa [min]	Min.	25,00	0	0	25,00	6,00	9,00	136,00	165,00	16,00	15,00	220,00	308,00
	Max.	156,00	96,00	270,00	454,00	32,00	171,00	794,00	997,00	46,00	66,00	744,00	830,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 1A: TT 1B				TT 1B: TT 1C				TT 1A: TT 1C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,02</b>	<b>p=0,0006</b>	<b>p=0,003</b>	n.s.	<b>p=0,004</b>	n.s.	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	<b>p=0,0001</b>	<b>p=0,001</b>
	$\bar{x} \pm SD$	328,73 ± 145,92	13,27 ± 10,26	0	342,00 ± 153,27	436,55 ± 155,30	144,00 ± 48,84	28,73 ± 6,40	609,27 ± 187,79	260,18 ± 225,24	85,18 ± 25,09	19,46 ± 5,28	364,82 ± 227,10
Beztlenowa – glikolityczna [min]	Min.	180,00	0	0	190,00	256,00	33,00	20,00	390,00	51,00	37,00	8,00	103,00
	Max.	566,00	34,00	0	587,00	778,00	200,00	38,00	1016,00	910,00	129,00	23,00	1002,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 1A: TT 1B				TT 1B: TT 1C				TT 1A: TT 1C			
		n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,02</b>	n.s.	<b>p&lt;0,01</b>	<b>p=0,01</b>	<b>p&lt;0,05</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.
	$\bar{x} \pm SD$	3,91 ± 7,61	1,27 ± 1,01	5,91 ± 10,44	11,09 ± 18,73	191,64 ± 59,03	33,27 ± 20,01	36,36 ± 31,01	261,27 ± 103,42	164,00 ± 61,95	36,91 ± 14,12	97,09 ± 34,02	298,00 ± 102,03
Beztlenowa – fosfagenowa [min]	Min.	0	0	0	0	116,00	10,00	0	165,00	58,00	6,00	35,00	99,00
	Max.	19,00	3,00	25,00	47,00	323,00	80,00	106,00	488,00	235,00	51,00	122,00	396,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 1A: TT 1B				TT 1B: TT 1C				TT 1A: TT 1C			
		<b>p=0,0001</b>	<b>p=0,0003</b>	<b>p=0,01</b>	<b>p=0,0001</b>	n.s.	n.s.	<b>p=0,007</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
	$\bar{x} \pm SD$	656,18 ± 216,17	172,00 ± 39,01	166,36 ± 121,73	994,55 ± 363,51	1082,73 ± 337,77	623,73 ± 206,01	995,00 ± 352,90	2701,46 ± 856,38	802,73 ± 285,30	524,82 ± 158,65	876,00 ± 270,52	2204,64 ± 595,72
Łączny czas pracy [min]	Min.	436,00	130,00	0	566,00	753,00	260,00	421,00	1434,00	244,00	173,00	391,00	808,00
	Max.	982,00	243,00	397,00	1608,00	1935,00	965,00	1687,00	4587,00	1321,00	711,00	1219,00	2765,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 1A: TT 1B				TT 1B: TT 1C				TT 1A: TT 1C			
		<b>p=0,01</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0002</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0003</b>



Tabela 13. Wysilek fizyczny (w minutach) wykonywany przez Grupę 2 przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe

Strefy intensywności	Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 2A (n=12)				Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 2B (n=12)				Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 2C (n=12)				
		Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie
Tlenowa [min]	$\bar{x} \pm SD$	45,83 ± 25,89	83,83 ± 57,30	30,50 ± 18,71	160,17 ± 98,55	268,50 ± 68,85	581,50 ± 131,04	207,83 ± 53,73	1057,83 ± 242,99	243,00 ± 55,79	600,25 ± 157,24	165,08 ± 53,39	1008,33 ± 254,53
	Min.	0	0	0	0	176,00	414,00	160,00	750,00	145,00	275,00	57,00	477,00
	Max.	71,00	141,00	42,00	254,00	444,00	876,00	321,00	1641,00	317,00	737,00	200,00	1249,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 2A: TT 2B				TT 2B: TT 2C				TT 2A: TT 2C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>		n.s.	n.s.	n.s.		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
Tlenowo – beztlenowa [min]	$\bar{x} \pm SD$	19,58 ± 15,73	2,50 ± 1,17	61,83 ± 36,82	83,92 ± 49,86	21,00 ± 1,86	72,58 ± 10,66	337,17 ± 128,19	430,75 ± 136,07	22,42 ± 4,50	22,25 ± 12,23	586,33 ± 192,33	631,00 ± 201,63
	Min.	0	0	0	0	19,00	54,00	152,00	229,00	17,00	3,00	231,00	254,00
	Max.	35,00	3,00	110,00	148,00	24,00	95,00	604,00	718,00	33,00	44,00	810,00	854,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 2A: TT 2B				TT 2B: TT 2C				TT 2A: TT 2C			
		n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,01</b>	<b>p=0,04</b>	n.s.	<b>p=0,0002</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
Bezettlenowa – glikolityczna [min]	$\bar{x} \pm SD$	72,50 ± 51,23	5,83 ± 2,72	0	78,33 ± 52,35	416,50 ± 83,14	106,92 ± 26,16	50,00 ± 23,35	573,42 ± 91,57	191,08 ± 61,56	71,75 ± 35,99	5,00 ± 2,34	267,83 ± 83,80
	Min.	0	0	0	0	259,00	60,00	0	395,00	85,00	9,00	0	122,00
	Max.	125,00	7,00	0	132,00	595,00	148,00	60,00	703,00	250,00	116,00	6,00	352,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 2A: TT 2B				TT 2B: TT 2C				TT 2A: TT 2C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,02</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0008</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
Bezettlenowa – fosfagenowa [min]	$\bar{x} \pm SD$	0	10,83 ± 7,64	0	10,83 ± 7,64	115,17 ± 24,39	105,08 ± 22,76	73,33 ± 21,46	293,58 ± 59,98	147,58 ± 20,20	37,92 ± 15,62	57,67 ± 21,88	243,17 ± 53,66
	Min.	0	0	0	0	92,00	49,00	50,00	228,00	113,00	3,00	6,00	137,00
	Max.	0	16,00	0	16,00	186,00	142,00	130,00	458,00	176,00	55,00	71,00	302,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 2A: TT 2B				TT 2B: TT 2C				TT 2A: TT 2C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>		<b>p=0,01</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0005</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
Łączny czas pracy [min]	$\bar{x} \pm SD$	137,92 ± 88,00	103,00 ± 65,26	92,33 ± 50,69	333,25 ± 195,65	821,17 ± 170,32	866,08 ± 172,87	668,33 ± 187,64	2355,58 ± 487,58	604,08 ± 133,14	732,17 ± 210,03	814,08 ± 254,86	2150,33 ± 558,16
	Min.	0	0	0	0	546,00	622,00	467,00	1734,00	385,00	290,00	311,00	990,00
	Max.	231,00	167,00	152,00	550,00	1249,00	1204,00	1082,00	3453,00	762,00	890,00	1060,00	2604,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 2A: TT 2B				TT 2B: TT 2C				TT 2A: TT 2C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>		<b>p=0,01</b>	n.s.	n.s.	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>

Tabela 14. Wysilek fizyczny (w minutach) wykonywany przez Grupę 3 przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe

Strefy intensywności	Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 3A (n=13)				Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 3B (n=13)				Wysilek fizyczny wykonywany przed TT 3C (n=13)				
		Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie
Tlenowa [min]	$\bar{x} \pm SD$	134,54 ± 69,27	199,38 ± 74,34	86,46 ± 42,82	420,38 ± 173,21	294,15 ± 49,89	730,46 ± 111,01	325,23 ± 32,08	1349,85 ± 179,40	307,08 ± 103,01	628,85 ± 200,59	65,15 ± 26,44	1001,08 ± 310,58
	Min.	26,00	99,00	12,00	137,00	201,00	509,00	250,00	976,00	145,00	315,00	20,00	495,00
	Max.	199,00	286,00	122,00	607,00	421,00	973,00	356,00	1750,00	475,00	991,00	116,00	1542,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 3A: TT 3B				TT 3B: TT 3C				TT 3A: TT 3C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,009</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>
Tlenowo – beztlenowa [min]	$\bar{x} \pm SD$	74,08 ± 40,21	74,62 ± 28,62	101,54 ± 35,44	250,23 ± 90,59	24,92 ± 4,73	123,00 ± 27,66	543,77 ± 97,52	691,69 ± 112,74	39,46 ± 24,78	72,92 ± 16,71	780,38 ± 240,96	892,77 ± 245,49
	Min.	16,00	6,00	45,00	122,00	21,00	46,00	460,00	572,00	16,00	46,00	347,00	461,00
	Max.	111,00	99,00	145,00	350,00	37,00	151,00	836,00	1019,00	74,00	91,00	1073,00	1231,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 3A: TT 3B				TT 3B: TT 3C				TT 3A: TT 3C			
		<b>p=0,0006</b>	<b>p=0,003</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,04</b>	<b>p=0,0006</b>	<b>p=0,01</b>	<b>p=0,04</b>	<b>p=0,03</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
Betzlenowa – glikolityczna [min]	$\bar{x} \pm SD$	134,00 ± 57,31	12,38 ± 3,07	0	146,38 ± 58,92	594,46 ± 114,91	130,46 ± 14,79	31,77 ± 6,38	756,69 ± 123,93	918,08 ± 843,71	67,92 ± 31,83	66,46 ± 25,17	1052,46 ± 838,84
	Min.	60,00	7,00	0	67,00	353,00	99,00	30,00	482,00	180,00	21,00	28,00	292,00
	Max.	220,00	14,00	0	234,00	822,00	153,00	53,00	967,00	2630,00	112,00	116,00	2691,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 3A: TT 3B				TT 3B: TT 3C				TT 3A: TT 3C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,0005</b>	n.s.	<b>p=0,006</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,002</b>
Betzlenowa – fosfagenowa [min]	$\bar{x} \pm SD$	0	1,77 ± 0,44	0	1,77 ± 0,44	121,31 ± 38,05	85,00 ± 13,30	95,38 ± 19,09	301,69 ± 60,18	205,62 ± 69,64	39,46 ± 15,61	66,15 ± 21,71	311,23 ± 97,49
	Min.	0	1,00	0	1,00	77,00	60,00	60,00	227,00	99,00	16,00	35,00	156,00
	Max.	0	2,00	0	2,00	238,00	114,00	120,00	472,00	303,00	75,00	85,00	453,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 3A: TT 3B				TT 3B: TT 3C				TT 3A: TT 3C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,005</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p=0,01</b>	n.s.	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>
Łączny czas pracy [min]	$\bar{x} \pm SD$	342,62 ± 153,43	288,15 ± 99,41	188,00 ± 73,74	818,77 ± 311,78	1034,85 ± 189,19	1068,92 ± 154,77	996,15 ± 131,07	3099,92 ± 424,46	1470,23 ± 943,13	809,15 ± 234,19	978,15 ± 265,37	3257,54 ± 1122,04
	Min.	116,00	135,00	57,00	341,00	677,00	719,00	861,00	2257,00	444,00	470,00	493,00	1536,00
	Max.	530,00	396,00	267,00	1193,00	1437,00	1391,00	1365,00	4193,00	3126,00	1245,00	1350,00	5020,00
Istotność różnic p (≤ 0,05)		TT 3A: TT 3B				TT 3B: TT 3C				TT 3A: TT 3C			
		<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	n.s.	<b>p=0,02</b>	n.s.	n.s.	<b>p=0,001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>	<b>p&lt;0,0001</b>

Tabela 15. Różnice międzygrupowe wykonywanego wysiłku fizycznego

Strefy intensywności		Ogólne	Ukierunkowane	Specjalne	Łączny czas pracy w strefie	
Tlenowa [min]	Istotność różnic p (≤ 0,05)	TT 1A: TT 2A	p<0,0001	n.s.	n.s.	p=0,0003
		TT 2A: TT 3A	p=0,0004	p=0,0003	p=0,0004	p=0,0001
		TT 1A: TT 3A	p=0,005	p=0,0004	p=0,002	n.s.
		TT 1B: TT 2B	p=0,002	p=0,0001	p<0,0001	n.s.
		TT 2B: TT 3B	n.s.	p=0,005	p<0,0001	p=0,002
		TT 1B: TT 3B	p=0,004	p<0,0001	p=0,0004	n.s.
		TT 1C: TT 2C	p=0,007	p=0,0005	p=0,008	n.s.
		TT 2C: TT 3C	n.s.	n.s.	p<0,0001	n.s.
		TT 1C: TT 3C	n.s.	p=0,0007	p<0,0001	n.s.
Tlenowo – beztlenowa [min]	Istotność różnic p (≤ 0,05)	TT 1A: TT 2A	p<0,0001	p<0,0001	p=0,005	p<0,0001
		TT 2A: TT 3A	p=0,0002	p<0,0001	p=0,01	p<0,0001
		TT 1A: TT 3A	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		TT 1B: TT 2B	n.s.	p=0,03	n.s.	n.s.
		TT 2B: TT 3B	p=0,01	p<0,0001	p=0,0001	p<0,0001
		TT 1B: TT 3B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		TT 1C: TT 2C	n.s.	p=0,0008	n.s.	n.s.
		TT 2C: TT 3C	p=0,03	p<0,0001	p=0,04	p=0,008
		TT 1C: TT 3C	n.s.	p=0,0003	p=0,003	p=0,001
Bezettlenowa – glikolityczna [min]	Istotność różnic p (≤ 0,05)	TT 1A: TT 2A	p<0,0001	p=0,02	n.s.	p<0,0001
		TT 2A: TT 3A	p<0,01	p<0,0001	n.s.	p=0,006
		TT 1A: TT 3A	p=0,0002	n.s.	n.s.	p=0,0003
		TT 1B: TT 2B	n.s.	p=0,03	p=0,008	n.s.
		TT 2B: TT 3B	p=0,0002	p=0,01	p=0,01	p=0,0004
		TT 1B: TT 3B	p=0,009	n.s.	n.s.	p=0,03
		TT 1C: TT 2C	n.s.	n.s.	p<0,0001	n.s.
		TT 2C: TT 3C	p=0,007	n.s.	p<0,0001	p=0,004
		TT 1C: TT 3C	p=0,02	n.s.	p<0,0001	p=0,02
Bezettlenowa – fosfagenowa [min]	Istotność różnic p (≤ 0,05)	TT 1A: TT 2A	n.s.	p<0,005	n.s.	n.s.
		TT 2A: TT 3A	n.s.	p=0,0003	n.s.	p=0,0003
		TT 1A: TT 3A	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		TT 1B: TT 2B	p=0,0005	p<0,0001	p=0,003	n.s.
		TT 2B: TT 3B	n.s.	p<0,0001	p=0,01	n.s.
		TT 1B: TT 3B	p=0,002	p<0,0001	p<0,0001	n.s.
		TT 1C: TT 2C	n.s.	n.s.	p=0,003	n.s.
		TT 2C: TT 3C	p=0,01	n.s.	n.s.	p=0,04
		TT 1C: TT 3C	n.s.	n.s.	p=0,01	n.s.
Łączny czas pracy [min]	Istotność różnic p (≤ 0,05)	TT 1A: TT 2A	p<0,0001	p=0,006	n.s.	p<0,0001
		TT 2A: TT 3A	p=0,0005	p<0,0001	p=0,001	p=0,0001
		TT 1A: TT 3A	p=0,0004	p=0,001	n.s.	n.s.
		TT 1B: TT 2B	p=0,03	p=0,006	p=0,01	n.s.
		TT 2B: TT 3B	p=0,007	p=0,005	p<0,0001	p=0,0005
		TT 1B: TT 3B	n.s.	p<0,0001	n.s.	n.s.
		TT 1C: TT 2C	p=0,04	p=0,01	n.s.	n.s.
		TT 2C: TT 3C	p=0,005	n.s.	n.s.	p=0,005
		TT 1C: TT 3C	p=0,03	p=0,002	n.s.	p=0,01

#### 4.2. Czas trwania rozegranych meczów i liczba meczów rozegranych powyżej 45 minut przez badanych

Czas rozegranych meczów [min] i liczba meczów rozegranych powyżej 45 minut przez każdą z grup oraz różnice wewnątrzgrupowe zostały zobrazowane w tabeli 16. Różnice istotne statystycznie zaobserwowano w każdej z grup zarówno pomiędzy czasem rozegranych meczów, jak i liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut. W grupie 1 pomiędzy TT 1A, a TT 1B i TT 1A, a TT 1C, w grupie 2 pomiędzy TT 2A, a TT 2B i TT 2A, a TT 2C oraz w grupie 3 pomiędzy TT 3A, a TT 3B i TT 3A, a TT 3C.

Pomiędzy czasem rozegranych meczów i liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut w pozostałych Terminach Testowych w pozostałych cyklach nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie.

Różnice międzygrupowe czasu rozegranych meczów (w minutach) i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut przedstawiono w tabeli 17. Pomiędzy TT 2A, a TT 3A oraz TT 2B, a TT 3B zaobserwowano różnice statystyczne zarówno pomiędzy czasem rozegranych meczów (w minutach), jak i liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut. Pomiędzy TT 1B, a TT 2B zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut. Nie zaobserwowano różnic międzygrupowych pomiędzy czasem rozegranych meczów (w minutach) i liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut pomiędzy pozostałymi porównywanymi TT.

Tabela 16. Czas rozegranych meczów (w minutach) i liczba meczów rozegranych powyżej 45 minut przez każdą z grup przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe

		Mecze rozegrane [min]	Istotność różnic $p \leq 0,05$	Mecze rozegrane powyżej 45 minut [liczba]	Istotność różnic $p \leq 0,05$				
Grupa 1 (n = 11)	Przed Terminem 1A	$\bar{x} \pm SD$	77,73 ± 58,96	TT 1A: TT 1B	<b>p=0,0002</b>	1,18 ± 0,87	TT 1A: TT 1B	<b>p&lt;0,0001</b>	
		Min.	0						0
		Max.	195						3
	Przed Terminem 1B	$\bar{x} \pm SD$	382,09 ± 164,58	TT 1B: TT 1C	n.s.	5,82 ± 2,14	TT 1B: TT 1C	n.s.	
		Min.	90						2
		Max.	700						10
	Przed Terminem 1C	$\bar{x} \pm SD$	360,00 ± 172,34	TT 1A: TT 1C	<b>p=0,0006</b>	4,73 ± 2,10	TT 1A: TT 1C	<b>p=0,0002</b>	
		Min.	208						2
		Max.	665						8
Grupa 2 (n = 12)	Przed Terminem 2A	$\bar{x} \pm SD$	50,08 ± 31,57	TT 2A: TT 2B	<b>p=0,0002</b>	0,83 ± 0,39	TT 2A: TT 2B	<b>p=0,0003</b>	
		Min.	0						0
		Max.	90						1
	Przed Terminem 2B	$\bar{x} \pm SD$	261,00 ± 130,54	TT 2B: TT 2C	n.s.	3,42 ± 1,73	TT 2B: TT 2C	n.s.	
		Min.	26						0
		Max.	537						7
	Przed Terminem 2C	$\bar{x} \pm SD$	423,25 ± 226,34	TT 2A: TT 2C	<b>p=0,0002</b>	4,92 ± 2,91	TT 2A: TT 2C	<b>p=0,0006</b>	
		Min.	40						0
		Max.	763						9
Grupa 3 (n = 13)	Przed Terminem 3A	$\bar{x} \pm SD$	95,38 ± 32,43	TT 3A: TT 3B	<b>p&lt;0,0001</b>	1,69 ± 0,48	TT 3A: TT 3B	<b>p&lt;0,0001</b>	
		Min.	45						1
		Max.	135						2
	Przed Terminem 3B	$\bar{x} \pm SD$	389,92 ± 82,23	TT 3B: TT 3C	n.s.	6,08 ± 1,19	TT 3B: TT 3C	n.s.	
		Min.	250						4
		Max.	543						8
	Przed Terminem 3C	$\bar{x} \pm SD$	541,77 ± 263,83	TT 3A: TT 3C	<b>p&lt;0,0001</b>	6,31 ± 3,57	TT 3A: TT 3C	<b>p=0,0006</b>	
		Min.	181						1
		Max.	958						11

Tabela 17. Różnice międzygrupowe czasu rozegranych meczów (w minutach) i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut

		Mecze rozegrane [min]	Mecze rozegrane powyżej 45 minut [liczba]
Istotność różnic	p≤0,05	TT 1A: TT 2A	n.s.
		TT 2A: TT 3A	<b>p=0,002</b>
		TT 1A: TT 3A	n.s.
		TT 1B: TT 2B	n.s.
		TT 2B: TT 3B	<b>p=0,007</b>
		TT 1B: TT 3B	<b>p=0,0002</b>
		TT 1C: TT 2C	n.s.
		TT 2C: TT 3C	n.s.
		TT 1C: TT 3C	n.s.

#### 4.3. Zmiany prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych w półrocznych cyklach treningowych

Wszystkie wartości obu parametrów osiągnięte w każdej grupie, w każdym Terminie Testowym oraz wszystkie różnice statystyczne wykazane w teście t-Studenta zostały zobrazowane na rycinach od 3 do 6.

##### 4.3.1. Zmiany $V_{PPT}$ w półrocznych cyklach treningowych

Średnia prędkość biegu na PPT w grupie 1, w TT 1A wynosiła  $9,94 \pm 0,84 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (od  $8,50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $11,30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). W TT 1B  $10,45 \pm 0,82 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w zakresie od  $9,00 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $11,50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a w TT 1C  $9,54 \pm 0,98 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $8,10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i maksymalnym  $10,90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Różnice istotne statystycznie obserwowano pomiędzy wartościami  $V_{PPT} [\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$  zarejestrowanymi w TT 1A i TT 1B ( $p=0,005$ ) oraz TT 1B i TT 1C ( $p=0,0003$ ) w pierwszej grupie (Ryc. 3).

W grupie 2, w TT 2A średnia prędkość biegu na PPT wyniosła  $9,73 \pm 0,64 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $8,10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i maksymalnym  $10,50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . W TT 2B  $10,11 \pm 0,89 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w przedziale od  $8,40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $11,70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a w TT 2C  $10,31 \pm 0,79 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w zakresie od  $9,00 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $12,10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w prędkości biegu na PPT w grupie 2 pomiędzy kolejnymi TT (Ryc. 4).

Średnia prędkość biegu na progu tlenowym w grupie 3, w TT 3A wyniosła  $10,41 \pm 0,79 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (od  $9,30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $11,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). W TT 3B  $10,25 \pm 0,68 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

w zakresie od  $9,00 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $11,30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a w TT 3C  $10,62 \pm 0,81 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $9,40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i maksymalnym  $11,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Również w przypadku grupy 3 nie zanotowano istotnych różnic w prędkości biegu na progu tlenowym pomiędzy kolejnymi TT (Ryc. 5).

Pomiędzy wartościami  $V_{\text{PPT}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] zarejestrowanymi w pozostałych Terminach Testowych w pozostałych cyklach nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie.

Test t-Studenta wykazał istotne różnice międzygrupowe pomiędzy wartościami  $V_{\text{PPT}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] zarejestrowanymi w Terminach Testowych 2A i 3A ( $p=0,03$ ), 1C i 2C ( $p=0,05$ ) oraz 1C i 3C ( $p=0,007$ ) (Ryc. 6).

#### 4.3.2. Zmiany $V_{\text{PPB}}$ w półrocznych cyklach treningowych

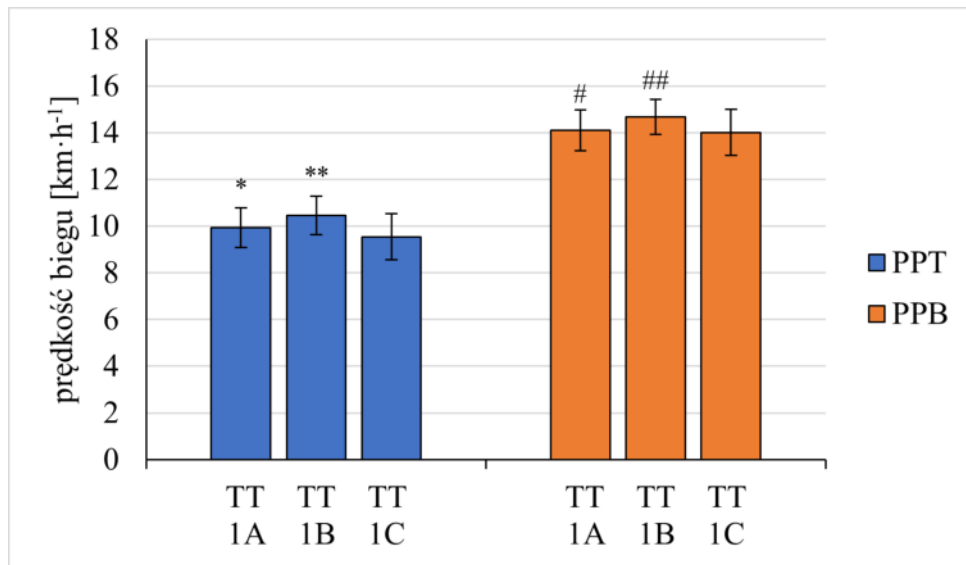
Średnia prędkość biegu na PPB w TT 1A wyniosła  $14,09 \pm 0,87 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (od  $12,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $15,50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). W TT 1B  $14,67 \pm 0,75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w zakresie od  $13,70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $15,90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a w TT 1C  $14,01 \pm 0,99 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $12,40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i maksymalnym  $15,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . W pierwszej grupie różnice istotne statystycznie obserwowano pomiędzy wartościami  $V_{\text{PPB}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] zarejestrowanymi w TT 1A i TT 1B ( $p=0,05$ ) oraz TT 1B i TT 1C ( $p=0,02$ ) (Ryc. 3).

W TT 2A średnia prędkość biegu w warunkach progu przemian beztlenowych wyniosła  $13,96 \pm 0,64 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $13,20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i maksymalnym  $15,60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . W TT 2B  $14,81 \pm 0,78 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w przedziale od  $13,30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $15,90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a w TT 2C  $14,55 \pm 0,86 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w zakresie od  $13,40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $16,20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . W drugiej grupie różnice istotne statystycznie obserwowano pomiędzy wartościami  $V_{\text{PPB}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] zarejestrowanymi w TT 2A i TT 2B ( $p=0,01$ ) (Ryc. 4).

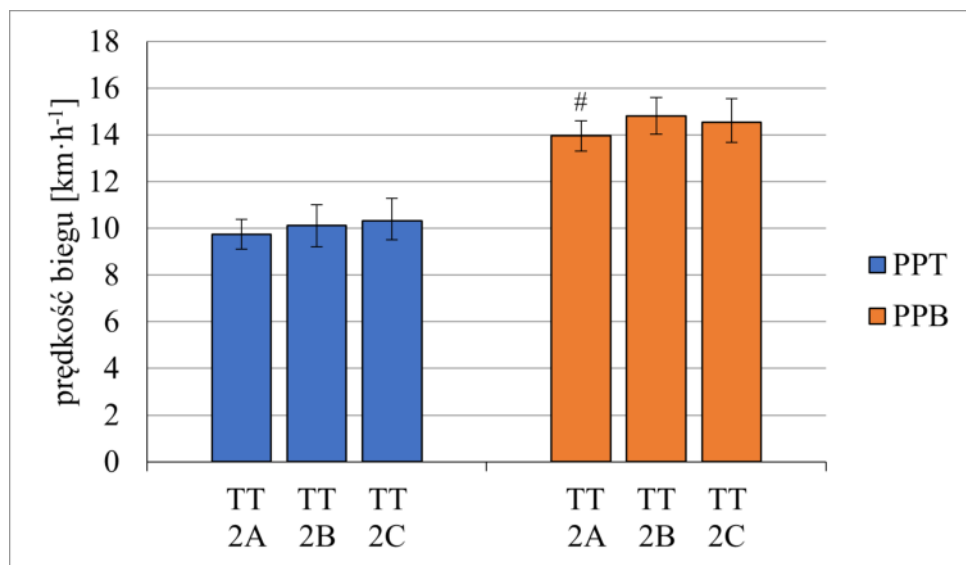
Średnia prędkość biegu w warunkach progu przemian beztlenowych w TT 3A wyniosła  $14,30 \pm 0,78 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w przedziale od  $13,20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $15,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . W TT 3B  $14,75 \pm 0,52 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  w zakresie od  $13,80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $15,60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a w TT 3C  $14,31 \pm 0,86 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $13,10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i maksymalnym  $15,70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w prędkości biegu na PPB w grupie 3 pomiędzy kolejnymi TT (Ryc. 5).

Pomiędzy wartościami  $V_{\text{PPB}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] zarejestrowanymi w pozostałych Terminach Testowych w pozostałych cyklach nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie.

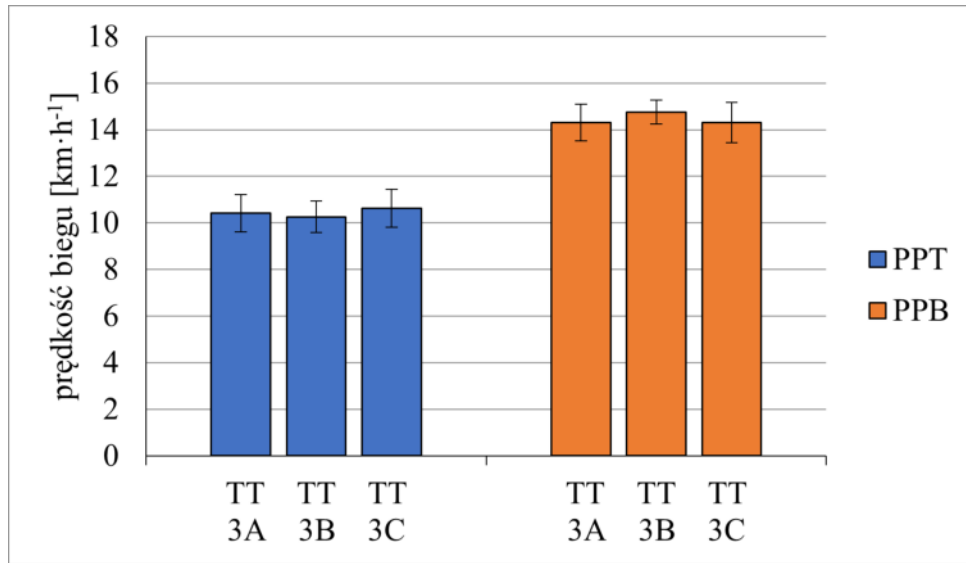
Nie zaobserwowano różnic międzygrupowych  $V_{\text{PPB}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] pomiędzy porównywanymi TT (Ryc. 7).



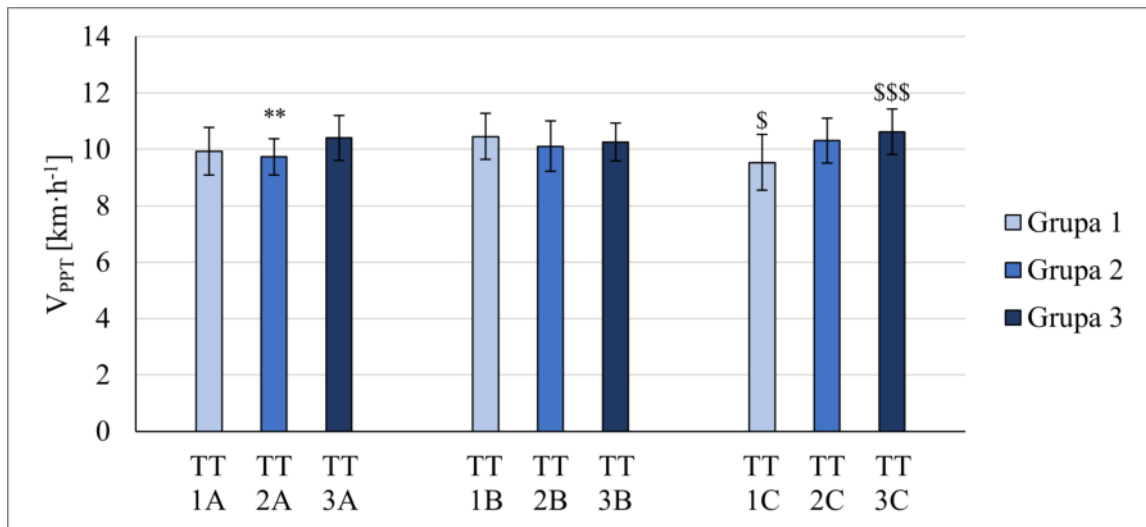
Rycina 3. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe prędkości biegu na PPT i PPB w grupie 1 \*  $p < 0,005$  - PPT TT 1A: PPT TT 1B; \*\*  $p = 0,0003$  - PPT TT 1B - PPT TT 1C; #  $p < 0,05$  - PPB TT 1A: PPB TT 1B; ##  $p = 0,02$  - PPB TT 1B: PPB TT 1C



Rycina 4. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe prędkości biegu na PPT i PPB w grupie 2. #  $p = 0,008$  - PPB TT 2A: PPB TT 2B

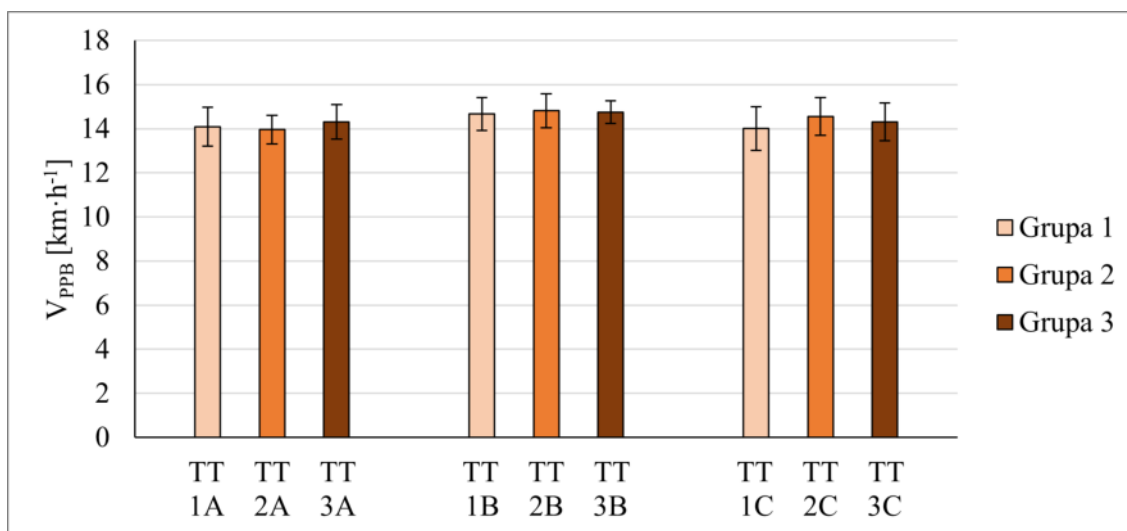


Rycina 5. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe prędkości biegu na PPT i PPB w grupie 3



Rycina 6. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice międzygrupowe prędkości biegu na PPT. \*\* p=0,03 - TT 2A: TT 3A; \$ p = 0,05 - TT 1C: TT 2C; \$\$\$ p=0,007 - TT 1C: TT 3C





Rycina 7. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice międzygrupowe prędkości biegu na PPB

#### 4.4. Zmiany pozostałych parametrów w półrocznych cyklach treningowych

Wszystkie wartości maksymalnego poboru tlenu osiągnięte w każdym cyklu treningowym, w każdym Terminie Testowym oraz wszystkie różnice statystyczne wykazane w teście t-Studenta zostały zobrazowane na rycinach 8 i 9. Wszystkie wartości maksymalnej wentylacji minutowej oraz czasu restytucji powysiłkowej osiągnięte w każdym cyklu treningowym, w każdym Terminie Testowym oraz wszystkie różnice statystyczne wykazane w teście t-Studenta przedstawiono w tabelach 18 i 19.

##### 4.4.1. Zmiany $VO_{2max}$ w półrocznych cyklach treningowych

Średni maksymalny pobór tlenu w grupie 1, w TT 1A wynosił  $53,62 \pm 1,51 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (od  $51,60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  do  $56,06 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). W TT 1B  $56,24 \pm 3,22 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  w zakresie od  $52,00 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  do  $62,40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , a w TT 1C  $58,70 \pm 2,51 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $54,30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  i maksymalnym  $63,06 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . W pierwszej grupie różnice istotne statystycznie obserwowano pomiędzy wartościami  $VO_{2max} [\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}]$  zarejestrowanymi w TT 1A i TT 1B ( $p=0,005$ ), TT 1B i TT 1C ( $p<0,01$ ) oraz TT 1A i TT 1C ( $p<0,0001$ ) w pierwszej grupie (Ryc. 7).

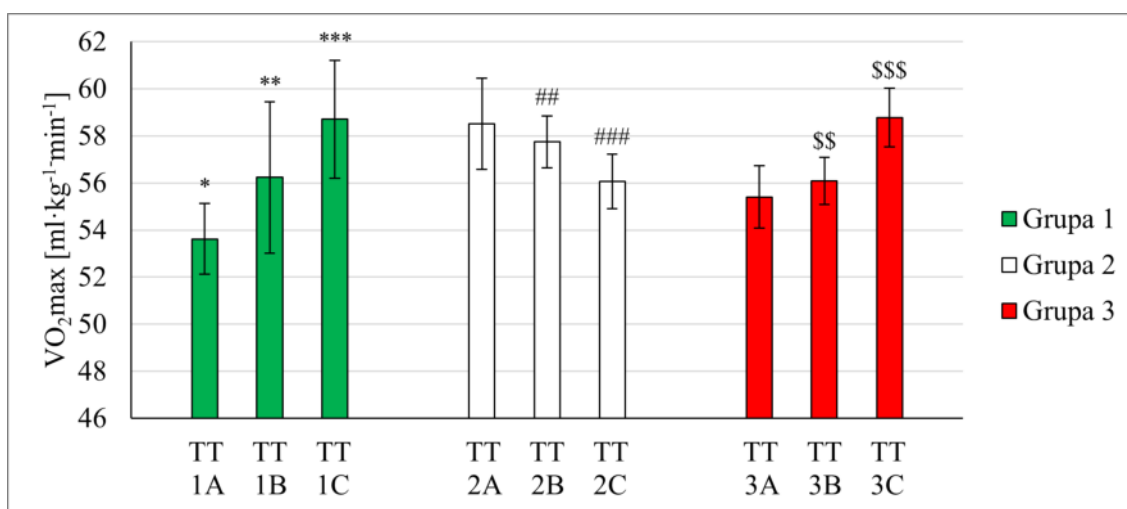
W TT 2A średni maksymalny pobór tlenu wyniósł  $58,51 \pm 1,94 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  przy minimalnym osiągniętym rezultacie  $55,60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  i maksymalnym

61,00 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. W TT 2B 57,75 ± 1,10 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> w przedziale od 55,40 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> do 59,30 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, a w TT 2C 56,06 ± 1,15 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> w zakresie od 53,60 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> do 58,40 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. W drugiej grupie różnice istotne statystycznie obserwowano pomiędzy wartościami VO<sub>2</sub>max [ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>] zarejestrowanymi w TT 2B i TT 2C (p<0,0001) oraz TT 2A i TT 2C (p<0,0001) (Ryc. 7).

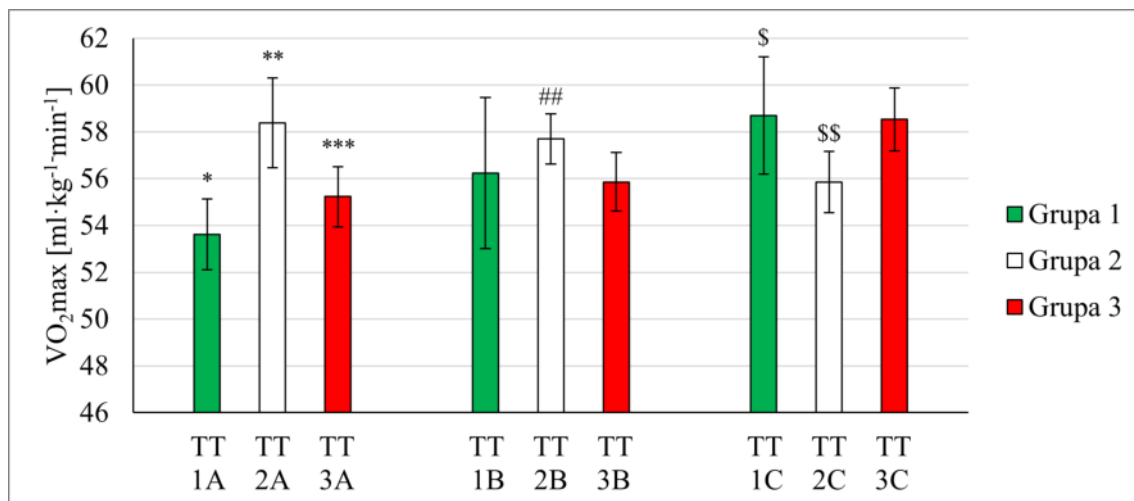
Średnia maksymalny pobór tlenu w TT 3A wyniósł 55,40 ± 1,32 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (od 53,40 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> do 57,50 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). W TT 3B 56,08 ± 1,00 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> w zakresie od 53,00 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> do 58,10 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, a w TT 3C 58,78 ± 1,25 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> przy minimalnym osiągniętym rezultacie 56,30 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> i maksymalnym 60,90 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. W trzeciej grupie różnice istotne statystycznie obserwowano pomiędzy wartościami VO<sub>2</sub>max [ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>] zarejestrowanymi w TT 3B i TT 3C (p<0,0001) oraz TT 3A i TT 3C (p<0,0001) (Ryc. 7).

Pomiędzy wartościami VO<sub>2</sub>max [ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>] zarejestrowanymi w pozostałych Terminach Testowych w pozostałych cyklach nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie.

Test t-Studenta wykazał istotne różnice międzygrupowe pomiędzy wartościami VO<sub>2</sub>max [ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>] zarejestrowanymi w Terminach Testowych 1A i 2A (p<0,0001), 2A i 3A (p<0,0001), 1A i 3A (p<0,01), 2B i 3B (p=0,0007), 1C i 2C (p<0,0001) oraz 2C i 3C (p<0,0001) (Ryc. 8).



Rycina 8. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe VO<sub>2</sub>max w każdej z grup. \* p=0,005 - TT 1A: TT 1B; \*\* p<0,01 - TT 1B – TT 1C; \*\*\* p<0,0001 – TT 1A: TT 1C; ## p<0,0001 - TT 2B: TT 2C; ### p<0,0001 - TT 2A: TT 2C; \$\$ p<0,0001 – TT 3B: TT 3C; \$\$\$ p<0,0001 – TT 3A: TT 3C



Rycina 9. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice międzygrupowe VO<sub>2</sub>max. \* p<0,0001 - TT 1A: TT 2A; \*\* p<0,0001 - TT 2A: TT 3A; \*\*\* p<0,01 - TT 1A: TT 3A; ## p=0,0007 - TT 2B: TT 3B; \$ p=0,002 - TT 1C: TT 2C; \$\$ p<0,0001 - TT 2C: TT 3C

#### 4.4.2. Zmiany VEmax i REST w półrocznych cyklach treningowych

Tabela 17 przedstawia wyniki maksymalna wentylacji minutowej i czasu restytucji powysiłkowej w każdej z grup. Różnice istotne statystycznie pomiędzy maksymalną wentylacją minutową zaobserwowano w grupie 1 pomiędzy TT 1A i TT 1B. Różnice istotne statystycznie pomiędzy czasem restytucji powysiłkowej zaobserwowano w grupie 1 pomiędzy TT 1A, a TT 1B oraz w grupie 2 pomiędzy TT 2A, a TT 2B i TT 3A, a TT 3C. Pomędzy czasem rozegranych meczów, jak i liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut w pozostałych Terminach Testowych w pozostałych cyklach nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie.

Różnice międzygrupowe maksymalnej wentylacji minutowej i czasu restytucji powysiłkowej przedstawiono w tabeli 18. Zaobserwowano różnice istotne statystycznie pomiędzy wartościami VEmax [l·min<sup>-1</sup>] w TT 1A i TT 2A, TT 2B i TT 3B, TT 1C i TT 2C, TT 2C i TT 3C oraz pomiędzy wartościami REST [s] w TT 2A i 3A. Nie zaobserwowano różnic międzygrupowych VEmax [l·min<sup>-1</sup>] i REST [s] pomiędzy pozostałymi porównywanymi TT.

Tabela 18. Maksymalna wentylacja minutowa i czas restytucji powysiłkowej w każdej z grup przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe

		VE <sub>max</sub> [l·min <sup>-1</sup> ]		Istotność różnic p≤0,05		REST [s]	Istotność różnic p≤0,05	
Grupa 1 (n = 11)	TT 1A	$\bar{x} \pm SD$	146,88 ± 9,62	TT 1A: TT 1B	<b>p=0,001</b>	83,36 ± 20,63	TT 1A: TT 1B	<b>p=0,02</b>
		Min.	131,90			60		
		Max.	159,50			125		
	TT 1B	$\bar{x} \pm SD$	154,07 ± 6,64	TT 1B: TT 1C	n.s.	70,91 ± 18,82	TT 1B: TT 1C	n.s.
		Min.	142,50			50		
		Max.	163,20			115		
	TT 1C	$\bar{x} \pm SD$	148,27 ± 11,94	TT 1A: TT 1C	n.s.	79,18 ± 18,04	TT 1A: TT 1C	n.s.
		Min.	131,60			55		
		Max.	167			120		
Grupa 2 (n = 12)	TT 2A	$\bar{x} \pm SD$	155,35 ± 9,45	TT 2A: TT 2B	n.s.	101,42 ± 21,84	TT 2A: TT 2B	<b>p=0,0002</b>
		Min.	141,80			70		
		Max.	170,20			135		
	TT 2B	$\bar{x} \pm SD$	156,51 ± 9,51	TT 2B: TT 2C	n.s.	81,92 ± 21,22	TT 2B: TT 2C	n.s.
		Min.	141,60			48		
		Max.	169,20			110		
	TT 2C	$\bar{x} \pm SD$	160,16 ± 9,50	TT 2A: TT 2C	n.s.	74,33 ± 22,19	TT 2A: TT 2C	<b>p=0,0005</b>
		Min.	144,20			50		
		Max.	173,40			119		
Grupa 3 (n = 13)	TT 3A	$\bar{x} \pm SD$	150,32 ± 7,54	TT 3A: TT 3B	n.s.	76,54 ± 22,22	TT 3A: TT 3B	n.s.
		Min.	136,90			36		
		Max.	158,40			112		
	TT 3B	$\bar{x} \pm SD$	144,83 ± 8,71	TT 3B: TT 3C	n.s.	82,92 ± 20,42	TT 3B: TT 3C	n.s.
		Min.	123			58		
		Max.	157			117		
	TT 3C	$\bar{x} \pm SD$	149 ± 13,58	TT 3A: TT 3C	n.s.	79,23 ± 27,56	TT 3A: TT 3C	n.s.
		Min.	123			37		
		Max.	167,02			137		

Tabela 19. Różnice międzygrupowe maksymalnej wentylacji minutowej i czasu restytucji powysiłkowej

		VE <sub>max</sub> [l·min <sup>-1</sup> ]	REST [s]	
Istotność różnic	p≤0,05	TT 1A: TT 2A	<b>p=0,04</b>	n.s.
		TT 2A: TT 3A	n.s.	<b>p=0,01</b>
		TT 1B: TT 2B	n.s.	n.s.
		TT 2B: TT 3B	<b>p=0,04</b>	n.s.
		TT 1C: TT 2C	<b>p=0,01</b>	n.s.
		TT 2C: TT 3C	<b>p=0,03</b>	n.s.

#### **4.5. Wewnątrzgrupowe zmiany $V_{PPT}$ i $V_{PPB}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów w każdej z grup**

W poprzednich rozdziałach dokonano międzygrupowego porównania wartości zarejestrowanych w TT 1A, TT 2A i TT 3A parametrów  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$ , a także wewnątrzgrupowego porównania zarejestrowanych we wszystkich TT wartości parametrów  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$  oraz czasu wysiłku fizycznego, czasu rozegranych meczów i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut.

W tym rozdziale porównano istotne statystycznie zmiany  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$  z istotnymi zmianami czasu wysiłku fizycznego, czasu rozegranych meczów i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut przed Terminami Testowymi. Dokonano także porównania istotnych zmian innych badanych parametrów, przedstawionych w tabeli 10, których zmiany wykazywały silną lub bardzo silną zależność z istotnymi zmianami  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$  w Terminach Testowych.

Względem istotnych zmian  $V_{PPT}$  w TT 1A i TT 1B, TT 1B i TT 1C oraz  $V_{PPB}$  w TT 1A i TT 1B, TT 2A i TT 2B nie wykazano istotnych zmian pozostałych parametrów, spełniających warunki silnej lub silnej korelacji.

W TT 1B i TT 1C względem zarejestrowanych istotnych zmian  $V_{PPB}$  wykazano w korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) silne ( $p=0,7-0,9$ ) i bardzo silne ( $p>0,9$ ) zależności istotnych zmian  $VO_2max$ , wysokości ciała oraz czasu wykorzystania w treningu środków specjalnych tlenowych, środków beztlenowych – glikolitycznych razem i środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką. Wszystkie zależności zostały zobrazowane w tabeli 20.

Tabela 20. Zależności zmian  $V_{PPB}$  w relacji do zmian pozostałych parametrów w TT 1B i 1C

	$\bar{x} \pm SD$	$\Delta$	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman $r_s$ (p<0,05)	test t-Studenta (p ≤ 0,05)	
						t	p
$V_{PPB}$ [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm SD$	$0,58 \pm 0,86$	$14,67 \pm 0,75$	$14,01 \pm 0,99$	<b>1</b>	2,83	<b>0,02</b>
	Min.	-0,500	13,70	12,40			
	Max.	2,20	15,90	15,80			
$VO_{2max}$ [ $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm SD$	$2,62 \pm 2,43$	$56,24 \pm 3,22$	$58,70 \pm 2,51$	<b>0,79</b>	-3,20	<b>0,01</b>
	Min.	-0,90	52,00	54,30			
	Max.	6,34	62,40	63,06			
wysokość ciała [cm]	$\bar{x} \pm SD$	$0,23 \pm 0,56$	$181,95 \pm 8,12$	$181,23 \pm 8,18$	<b>-0,73</b>	2,59	<b>0,03</b>
	Min.	-0,01	1,66	1,65			
	Max.	0,01	1,92	1,92			
środki specjalne tlenowe [min]	$\bar{x} \pm SD$	$471,55 \pm 156,17$	$497,00 \pm 145,80$	$258,45 \pm 96,50$	<b>0,73</b>	3,57	<b>0,005</b>
	Min.	248,00	265,00	45,00			
	Max.	749,00	749,00	330,00			
środki beztlenowe - glikolityczne razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	$267,27 \pm 308,416$	$609,27 \pm 187,79$	$364,82 \pm 227,10$	<b>0,70</b>	2,23	<b>0,05</b>
	Min.	-176,00	390,00	103,00			
	Max.	766,00	1016,00	1002,00			
środki beztlenowe - glikolityczne z piłką [min]	$\bar{x} \pm SD$	$159,45 \pm 54,91$	$172,73 \pm 53,84$	$104,64 \pm 27,20$	<b>0,70</b>	3,31	<b>0,01</b>
	Min.	50,00	53,00	52,00			
	Max.	228,00	238,00	152,00			

#### 4.5. Zmiany $V_{PPT}$ i $V_{PPB}$ oraz parametrów wydolnościowych w zależności od ich wyjściowego poziomu w relacji do zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów.

Zależności pomiędzy zmianami parametrów  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$  i REST w relacji do zmian pozostałych parametrów, przedstawionych w tabeli 10, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut **zdeteminowano wartościami wejściowymi**  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$ , REST.

Biorąc pod uwagę wyniki  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$ , REST uzyskane przez wszystkich badanych zawodników, niezależnie od okresu badawczego zakwalifikowano badanych do przedziałów wartości  $V_{PPT}$  w interwałach co  $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (w zakresie  $8,00 - 11,99 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ),  $V_{PPB}$  w interwałach co  $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (w zakresie  $12,50 - 15,99 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ),  $VO_{2max}$  w interwałach co  $1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  (w zakresie  $51,00 - 62,99 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),  $VE_{max}$  w interwałach co  $5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (w zakresie  $120,00 - 169,99 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) oraz REST w interwałach co 5 s (w zakresie 135 – 30 s).

Względem istotnych zmian zarejestrowanych parametrów, czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, natężenia treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut o silnej ( $p=0,7-0,9$ ) i bardzo silnej ( $p>0,9$ ) zależności, wykazanych w korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) zostały zaobserwowane istotne wprost proporcjonalne zmiany parametrów  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale: 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $V_{PPB}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale: 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; REST [s] w przedziałach: 135-115 s, 125-115 s oraz istotne odwrotnie proporcjonalne zmiany  $VO_{2\text{max}}$  [ $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] w przedziałach: 60,00-61,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 60,00-62,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

#### **4.5.1. Zmiany $V_{PPT}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów**

Wykazano, że zmiany wejściowej  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = 1,15 \pm 0,70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  były wprost proporcjonalne do zmian środków ukierunkowanych tlenowych [min] o średniej wartości  $\Delta = 306,25 \pm 135,24 \text{ min}$ , środków tlenowych razem [ $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 8,47 \pm 4,54 \text{ min}\cdot\text{treningi}^{-1}$  oraz  $VE_{\text{max}}$  [ $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 6,10 \pm 1,88 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Analiza statystyczna testu t-Studenta wykazała istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] ( $p=0,05$ ), środków ukierunkowanych tlenowych [min] ( $p=0,02$ ), środków tlenowych razem [ $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ ] ( $p=0,03$ ),  $VE_{\text{max}}$  [ $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ] ( $p=0,01$ ).

Istotne wprost proporcjonalne zmiany  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale: 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , względem istotnych zmian parametrów, spełniających kryteria silnej i bardzo silnej zależności, wykazanych w korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) oraz wyniki wykonanych testów t-Studenta zostały zobrazowane w Tabeli 21.

Tabela 21. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowej  $V_{PPT}$  w przedziale 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

		$\Delta$	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman $r_s$ ( $p < 0,05$ )	test t-Studenta ( $p \leq 0,05$ )	
						t	p
$V_{PPT}$ [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$1,15 \pm 0,70$	$8,48 \pm 0,33$	$9,63 \pm 0,43$			
	Min.	0,10	8,10	9,00	<b>1</b>	-3,26	<b>0,05</b>
	Max.	1,60	8,90	10,00			
środki ukierunkowane tlenowe [min]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$306,25 \pm 135,24$	$172,25 \pm 211,39$	$478,50 \pm 143,71$			
	Min.	187,00	0	325,00	<b>0,8</b>	-4,53	<b>0,02</b>
	Max.	498,00	479,00	666,00			
środki tlenowe razem [ $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$8,47 \pm 4,54$	$23,05 \pm 4,33$	$31,52 \pm 1,10$			
	Min.	1,78	20,17	30,24	<b>0,80</b>	-3,73	<b>0,03</b>
	Max.	11,89	29,48	32,89			
$VE_{\text{max}}$ [ $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$6,10 \pm 1,88$	$149,58 \pm 13,59$	$155,68 \pm 11,89$			
	Min.	4,30	135,20	142,50	<b>-0,80</b>	-6,48	<b>0,01</b>
	Max.	8,10	164,90	169,20			

#### 4.5.2. Zmiany $V_{PPB}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów

Zmiany wejściowej  $V_{PPB}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  o średniej wartości  $\Delta = 1,50 \pm 0,67 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  były wprost proporcjonalne do zmian meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem [liczba] o średniej wartości  $\Delta = 4,67 \pm 1,50$  oraz  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 0,58 \pm 0,43 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Analiza statystyczna wykonanego testu t-Studenta wykazała istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi  $V_{PPB}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] ( $p=0,0002$ ), meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem [liczba] ( $p=0,0007$ ),  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] ( $p=0,004$ ).

Wszystkie istotne, wprost proporcjonalne zmiany wejściowego parametru  $V_{PPB}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale: 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  względem istotnych zmian parametrów, spełniających kryteria silnej i bardzo silnej zależności, wykazanych w korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) oraz wyniki wykonanych testów t-Studenta zostały zobrazowane w Tabeli 22.



Tabela 22. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowej  $V_{PPB}$  w przedziale 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

		$\Delta$	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman $r_s$ ( $p < 0,05$ )	test t-Studenta ( $p \leq 0,05$ )	
						t	p
$V_{PPB}$ [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$1,50 \pm 0,67$	$13,18 \pm 0,19$	$14,68 \pm 0,72$			
	Min.	0,10	12,80	13,40	<b>1</b>	-6,71	<b>0,0002</b>
	Max.	2,20	13,30	15,50			
mecze rozegrane powyżej 45 minut i treningi wyrównawcze razem [liczba]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$4,67 \pm 1,50$	$1,44 \pm 0,73$	$6,11 \pm 1,69$			
	Min.	3,00	0	4,00	<b>-0,73</b>	-5,34	<b>0,001</b>
	Max.	7,00	2,00	8,00			
$V_{PPT}$ [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$0,58 \pm 0,43$	$9,64 \pm 0,63$	$10,22 \pm 0,58$			
	Min.	0,00	8,50	9,30	<b>-0,73</b>	-4,01	<b>0,004</b>
	Max.	1,50	10,40	11,00			

#### 4.5.3. Zmiany $\text{VO}_2\text{max}$ w relacji do zmian zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów

Zmiany wejściowego  $\text{VO}_2\text{max}$  [ $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] w przedziale 60,00-61,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = -2,17 \pm 0,32$   $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  były odwrotnie proporcjonalne do zmian środków ogólnych beztlenowych – glikolitycznych [min] o średniej wartości  $\Delta = 345,00 \pm 39,69$  min, środków beztlenowych – glikolitycznych razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 507,33 \pm 17,56$  min, środków ogólnych beztlenowych – fosfagenowych [min] o średniej wartości  $\Delta = 114,00 \pm 8,66$  min, środków ukierunkowanych beztlenowych – fosfagenowych [min] o średniej wartości  $\Delta = 104,00 \pm 20,07$  min, środków specjalnych beztlenowych – fosfagenowych [min] o średniej wartości  $\Delta = 70,00 \pm 8,66$  min, środków tlenowych i tlenowo – beztlenowych razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 1233,00 \pm 298,13$  min, środków ukierunkowanych razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 801,67 \pm 156,05$  min, środków specjalnych razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 535,00 \pm 172,00$  min, środków z piłką razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 1336,67 \pm 328,02$  min, środków ukierunkowanych tlenowo – beztlenowych [ $\text{min}\cdot\text{dni}^{-1}$ ] o średniej wartości  $2,08 \pm 0,21$   $\text{min}\cdot\text{dni}^{-1}$ , środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych [ $\text{min}\cdot\text{dni}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 2,09 \pm 0,04$   $\text{min}\cdot\text{dni}^{-1}$ , środków ukierunkowanych tlenowo - beztlenowych [ $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 1,80 \pm 0,18$   $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ , środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych [ $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 1,78 \pm 0,03$   $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ , środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [ $\text{min}\cdot\text{treningi}^{-1}$ ] o średniej wartości

$\Delta = 3,39 \pm 0,32 \text{ min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ , środków ukierunkowanych beztlenowych – glikolitycznych [%] o średniej wartości  $\Delta = 3,46 \pm 1,38 \%$ , środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych [%] o średniej wartości  $\Delta = 2,54 \pm 0,13 \%$ , środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [%] o średniej wartości  $\Delta = 4,84 \pm 0,60 \%$ , meczów rozegranych powyżej 45 minut [liczba] o średniej wartości  $\Delta = 2,67 \pm 1,53$ , środków razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 2028,33 \pm 305,31 \text{ min}$ , środków tlenowych z piłką [min] o średniej wartości  $\Delta = 683,33 \pm 140,16 \text{ min}$ , środków beztlenowych - fosfagenowych z piłką [min] o średniej wartości  $\Delta = 174,00 \pm 28,69 \text{ min}$ , środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 4,88 \pm 1,19 \text{ min} \cdot \text{dni}^{-1}$  oraz środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] o średniej wartości  $\Delta = 4,23 \pm 1,03 \text{ min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ .

Wykonany test t-Studenta wykazał istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi  $\text{VO}_2\text{max}$  [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] ( $p=0,01$ ), środków specjalnych razem [min] ( $p=0,03$ ), środków ogólnych beztlenowych - glikolitycznych [min] ( $p=0,004$ ), środków beztlenowych - glikolitycznych razem [min] ( $p=0,0004$ ), środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [min] ( $p=0,002$ ), środków ukierunkowanych beztlenowych – fosfagenowych [min] ( $p=0,01$ ), środków specjalnych beztlenowych – fosfagenowych [min] ( $p=0,01$ ), środków tlenowych i tlenowo - beztlenowych razem [min] ( $p=0,02$ ), środków ukierunkowanych razem [min] ( $p=0,01$ ), środków z piłką razem [min] ( $p=0,02$ ), środków ukierunkowanych tlenowo - beztlenowych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] ( $p=0,003$ ), środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] ( $p=0,0001$ ), środków ukierunkowanych tlenowo – beztlenowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] ( $p=0,003$ ), środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] ( $p=0,0001$ ), środków ogólnych beztlenowych – fosfagenowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] ( $p=0,003$ ), środków ukierunkowanych beztlenowych – glikolitycznych [%] ( $p=0,05$ ), środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych [%] ( $p=0,001$ ), środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [%] ( $p=0,01$ ), meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem [liczba] ( $p=0,01$ ), środków razem [min] ( $p=0,01$ ), środków tlenowe z piłką [min] ( $p=0,01$ ), środków beztlenowych - fosfagenowych z piłką [min] ( $p=0,01$ ), środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ] ( $p=0,02$ ) oraz środków beztlenowych - glikolitycznych z piłką [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] ( $p=0,02$ ).

Zmiany wejściowego  $\text{VO}_2\text{max}$  [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] w przedziale 60,00-62,99  $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = -1,8 \pm 0,78 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  były odwrotnie proporcjonalne do zmian środków specjalnych beztlenowych - fosfagenowych

[min·dni<sup>-1</sup>] o średniej wartości  $\Delta = 2,31 \pm 0,35$  min·dni<sup>-1</sup>, środków beztlenowych – fosfagenowych razem [min·treningi<sup>-1</sup>] o średniej wartości  $\Delta = 5,83 \pm 3,15$  min·treningi<sup>-1</sup> oraz środków beztlenowych - fosfagenowych razem [%] średniej wartości  $8,45 \pm 4,00$  %.

Wykonany test t-Studenta wykazał istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi VO<sub>2</sub>max [ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>] (p=0,02), środków specjalnych beztlenowych - fosfagenowych [min·dni<sup>-1</sup>] (p=0,001), środków beztlenowych – fosfagenowych razem [min·treningi<sup>-1</sup>] (p=0,03) oraz środków beztlenowych – fosfagenowych razem [%] (p=0,02).

Wszystkie istotne odwrotnie proporcjonalne zmiany wejściowego VO<sub>2</sub>max [ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>] w przedziałach: 60,00-61,99 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>, 60,00-62,99 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> względem istotnych zmian parametrów, spełniających kryteria silnej i bardzo silnej zależności, wykazanych w korelacji rang Spearman'a (r<sub>s</sub>) oraz wyniki wykonanych testów t-Studenta zostały zobrazowane w Tabelach 23, 24.

Tabela 23. Odwrotnie proporcjonalne zmiany wejściowego VO<sub>2</sub>max w przedziale 60,00-61,99 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>

		Δ	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman r <sub>s</sub> (p<0,05)	test t-Studenta (p ≤ 0,05)	
						t	p
VO <sub>2</sub> max [ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	-2,17 ± 0,32	60,73 ± 0,38	58,57 ± 0,61			
	Min.	-2,40	60,30	57,90	<b>1</b>	11,67	<b>0,01</b>
	Max.	-1,80	61,00	59,10			
środki ogólne beztlenowe - - glikolityczne [min]	$\bar{x} \pm SD$	345,00 ± 39,69	81,67 ± 33,29	426,67 ± 44,81			
	Min.	315,00	60,00	375,00	<b>1</b>	-15,06	<b>0,004</b>
	Max.	390,00	120,00	455,00			
środki beztlenowe - - glikolityczne razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	507,33 ± 17,56	86,33 ± 35,73	593,67 ± 43,55			
	Min.	489,00	60,00	549,00	<b>-1</b>	-50,04	<b>0,0004</b>
	Max.	524,00	127,00	636,00			
środki ogólne beztlenowe - - fosfagenowe [min]	$\bar{x} \pm SD$	114,00 ± 8,66	0 ± 0	114,00 ± 8,66			
	Min.	109,00	0	109,00	<b>0,87</b>	-22,80	<b>0,002</b>
	Max.	124,00	0	124,00			
środku ukierunkowane beztlenowe - fosfagenowe [min]	$\bar{x} \pm SD$	104,00 ± 20,07	10,67 ± 9,24	114,67 ± 10,97			
	Min.	90,00	0	106,00	<b>-1</b>	-8,97	<b>0,01</b>
	Max.	127,00	16,00	127,00			
środki specjalne beztlenowe - - fosfagenowe [min]	$\bar{x} \pm SD$	70,00 ± 8,66	0 ± 0	70,00 ± 8,66			
	Min.	65,00	0	65,00	<b>-0,87</b>	-14,00	<b>0,01</b>
	Max.	80,00	0	80,00			
środki tlenowe i tlenowo - - beztlenowe razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	1233,00 ± 298,13	240,00 ± 164,79	1473,00 ± 138,48			
	Min.	1028,00	50,00	1354,00	<b>-1</b>	-7,16	<b>0,02</b>
	Max.	1575,00	344,00	1625,00			
środki ukierunkowane razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	801,67 ± 156,05	93,33 ± 69,82	895,00 ± 99,06			
	Min.	678,00	15,00	794,00	<b>-1</b>	-8,90	<b>0,01</b>
	Max.	977,00	149,00	992,00			
środki specjalne razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	535,00 ± 172,00	104,67 ± 65,43	639,67 ± 107,15			
	Min.	395,00	30,00	547,00	<b>-1</b>	-5,39	<b>0,03</b>
	Max.	727,00	152,00	757,00			
środki z piłką razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	1336,67 ± 328,02	198,00 ± 132,66	1534,67 ± 204,78			
	Min.	1073,00	45,00	1341,00	<b>-1</b>	-7,06	<b>0,02</b>
	Max.	1704,00	281,00	1749,00			
środki ukierunkowane tlenowo - - beztlenowe [min·dni <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	2,08 ± 0,21	0,40 ± 0,35	2,48 ± 0,21			
	Min.	1,86	0	2,28	<b>-1</b>	-17,45	<b>0,003</b>
	Max.	2,28	0,60	2,69			
środki specjalne beztlenowe - - glikolityczne [min·dni <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	2,09 ± 0,04	0 ± 0	2,09 ± 0,04			
	Min.	2,07	0	2,07	<b>0,87</b>	-85,00	<b>0,0001</b>
	Max.	2,14	0	2,14			

Tabela 23. Odwrotnie proporcjonalne zmiany wejściowego VO<sub>2</sub>max w przedziale 60,00-61,99 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> – kontynuacja

	Δ	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman r <sub>s</sub> (p<0,05)	test t-Studenta (p ≤ 0,05)	
					t	p
środki ukierunkowane tlenowo - - beztlenowe [min·treningi <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	1,80 ± 0,18	0,31 ± 0,27	2,11 ± 0,18		
	Min.	1,59	0	1,94	<b>-1</b>	-16,91 <b>0,003</b>
	Max.	1,94	0,50	2,29		
środki specjalne beztlenowe - - glikolityczne [min·treningi <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	1,78 ± 0,03	0 ± 0	1,78 ± 0,03		
	Min.	1,77	0	1,77	<b>0,87</b>	-100,00 <b>0,0001</b>
	Max.	1,82	0	1,82		
środki ogólne beztlenowe - - fosfagenowe [min·treningi <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	3,39 ± 0,32	0 ± 0	3,39 ± 0,32		
	Min.	3,21	0	3,21	<b>0,87</b>	-18,43 <b>0,003</b>
	Max.	3,76	0	3,76		
środki ukierunkowane beztlenowe - glikolityczne [%]	$\bar{x} \pm SD$	3,46 ± 1,38	1,04 ± 0,91	4,51 ± 0,87		
	Min.	1,90	0	3,60	<b>-1</b>	-4,34 <b>0,05</b>
	Max.	4,60	1,70	5,30		
środki specjalne beztlenowe - - glikolityczne [%]	$\bar{x} \pm SD$	2,54 ± 0,13	0 ± 0	2,54 ± 0,13		
	Min.	2,40	0	2,40	<b>1</b>	-33,48 <b>0,001</b>
	Max.	2,70	0	2,70		
środki ogólne beztlenowe - - fosfagenowe [%]	$\bar{x} \pm SD$	4,84 ± 0,60	0 ± 0	4,84 ± 0,60		
	Min.	4,40	0	4,40	<b>1</b>	-13,87 <b>0,01</b>
	Max.	5,50	0	5,50		
mecze rozegrane powyżej 45 minut i treningi wyrównawcze razem [liczba]	$\bar{x} \pm SD$	3,33 ± 0,58	0,67 ± 0,58	4,00 ± 0		
	Min.	3,00	0	4,00	<b>-0,87</b>	-10,00 <b>0,01</b>
	Max.	4,00	1,00	4,00		
środki razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	2028,33 ± 305,31	337,00 ± 199,95	2365,33 ± 122,56		
	Min.	1831,00	110,00	2245,00	<b>-1</b>	-11,51 <b>0,01</b>
	Max.	2380,00	487,00	2490,00		
środki tlenowe z piłką [min]	$\bar{x} \pm SD$	683,33 ± 140,16	114,00 ± 61,99	797,33 ± 83,48		
	Min.	596,00	45,00	728,00	<b>-1</b>	-8,44 <b>0,01</b>
	Max.	845,00	165,00	890,00		
środki beztlenowe - - fosfagenowe z piłką [min]	$\bar{x} \pm SD$	174,00 ± 28,69	10,67 ± 9,24	184,67 ± 19,50		
	Min.	155,00	0	171,00	<b>-1</b>	-10,51 <b>0,01</b>
	Max.	207,00	16,00	207,00		
środki beztlenowe - - glikolityczne z piłką [min·dni <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	4,88 ± 1,19	0,93 ± 0,81	5,82 ± 0,71		
	Min.	3,64	0	5,04	<b>-1</b>	-7,12 <b>0,02</b>
	Max.	6,00	1,40	6,41		
środki beztlenowe - - glikolityczne z piłką [min·treningi <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	4,23 ± 1,03	0,72 ± 0,63	4,95 ± 0,62		
	Min.	3,11	0	4,27	<b>-1</b>	-7,14 <b>0,02</b>
	Max.	5,12	1,17	5,47		

Tabela 24. Odwrotnie proporcjonalne zmiany wejściowego VO<sub>2</sub>max w przedziale 60,00-62,99 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>

		Δ	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman r <sub>s</sub> (p<0,05)	test t-Studenta (p ≤ 0,05)	
						t	p
VO <sub>2</sub> max [ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	-1,8 ± 0,78	61,15 ± 0,89	59,35 ± 1,64	<b>1</b>	4,62	<b>0,02</b>
	Min.	-2,40	60,30	57,90			
	Max.	-0,70	62,40	61,70			
środki specjalne beztlenowe - - fosfagenowe [min·dni <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	2,31 ± 0,35	0,19 ± 0,39	2,50 ± 0,26	<b>-0,80</b>	-13,21	<b>0,001</b>
	Min.	1,91	0	2,24			
	Max.	2,76	0,77	2,76			
środki beztlenowe - - fosfagenowe razem [min·treningi <sup>-1</sup> ]	$\bar{x} \pm SD$	5,83 ± 3,15	2,72 ± 2,45	8,55 ± 0,74	<b>-0,80</b>	-3,70	<b>0,03</b>
	Min.	1,64	0	7,59			
	Max.	9,29	5,95	9,29			
środki beztlenowe - - fosfagenowe razem [%]	$\bar{x} \pm SD$	8,45 ± 4,00	3,97 ± 3,59	12,41 ± 0,62	<b>-0,80</b>	-4,22	<b>0,02</b>
	Min.	3,04	0	11,76			
	Max.	12,69	8,71	13,14			

#### 4.5.4. Zmiany REST w relacji do zastosowanych środków treningowych oraz pozostałych parametrów

Zmiany wejściowego REST [s] w przedziale 135-115 s o średniej wartości  $\Delta = -28,67 \pm 12,80$  s były wprost proporcjonalne do zmian rozegranych meczów i treningów wyrównawczych razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 148,17 \pm 109,69$  min, środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [%] o średniej wartości  $\Delta = 4,62 \pm 2,23$  %, środków razem [min] o średniej wartości  $\Delta = 1687,83 \pm 665,96$  min oraz środków tlenowo – beztlenowych z piłką [min] o średniej wartości  $\Delta = 223,83 \pm 148,05$  min.

Wykonany test t-Studenta wykazał istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi REST [s] (p=0,003), rozegranych meczów i treningów wyrównawczych razem [min] (p=0,02), środków ogólnych beztlenowych – fosfagenowych [%] (p=0,004), środków razem [min] (p=0,002), środków tlenowo – beztlenowych z piłką [min] (p=0,01).

Zmiany parametru wyjściowego REST [s] w przedziale 125-115 s o średniej wartości  $\Delta = -29,40 \pm 14,17$  s były wprost proporcjonalne do zmian rozegranych meczów [min] o średniej wartości  $\Delta = 157,20 \pm 121,40$  min oraz meczów rozegranych powyżej 45 minut [liczba] o średniej wartości  $\Delta = 2,40 \pm 1,34$ .

Wykonany test t-Studenta wykazał istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi REST [s] (p=0,01), rozegranych meczów [min] (p=0,04), meczów rozegranych powyżej 45 minut [liczba] (p=0,02).

Wszystkie istotne wprost proporcjonalne zmiany wejściowego REST [s] w przedziałach: 135-115 s, 125-115 s względem istotnych zmian parametrów, spełniających kryteria silnej i bardzo silnej zależności, wykazanych w korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) oraz wyniki wykonanych testów t-Studenta zostały zobrazowane w Tabelach 25, 26.

Tabela 25. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowego REST w przedziale 135-115 s

		$\Delta$	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman $r_s$ ( $p < 0,05$ )	test t-Studenta ( $p \leq 0,05$ )	
						t	p
REST PROGRES [s]	$\bar{x} \pm SD$	-28,67 $\pm$ 12,80	122,83 $\pm$ 6,49	94,17 $\pm$ 14,18	<b>1</b>	5,49	<b>0,003</b>
	Min.	-48,00	117,00	72,00			
	Max.	-14,00	135,00	110,00			
rozegrane mecze i treningi wyrównawcze razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	148,17 $\pm$ 109,69	145,00 $\pm$ 162,85	293,17 $\pm$ 167,02	<b>0,75</b>	-3,31	<b>0,02</b>
	Min.	55,00	0	100,00			
	Max.	360,00	450,00	581,00			
środki ogólne beztlenowe - fosfagenowe [%]	$\bar{x} \pm SD$	4,62 $\pm$ 2,23	0,79 $\pm$ 1,43	5,41 $\pm$ 1,56	<b>-0,70</b>	-5,08	<b>0,004</b>
	Min.	0,50	0	4,10			
	Max.	7,20	3,50	8,30			
środki razem [min]	$\bar{x} \pm SD$	1687,83 $\pm$ 665,96	951,83 $\pm$ 1154,69	2639,67 $\pm$ 1119,15	<b>0,78</b>	-6,21	<b>0,002</b>
	Min.	405,00	77,00	1854,00			
	Max.	2380,00	3015,00	4875,00			
środki tlenowo - beztlenowe z piłką [min]	$\bar{x} \pm SD$	223,83 $\pm$ 148,05	216,33 $\pm$ 263,99	440,17 $\pm$ 239,83	<b>0,78</b>	-3,70	<b>0,01</b>
	Min.	37,00	0,00	206,00			
	Max.	478,00	696,00	893,00			

Tabela 26. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowego REST w przedziale 125-115 s

		$\Delta$	Parametr wejściowy	Parametr wyjściowy	Spearman $r_s$ ( $p < 0,05$ )	test t-Studenta ( $p \leq 0,05$ )	
						t	p
REST PROGRES [s]	$\bar{x} \pm SD$	-29,40 $\pm$ 14,17	120,40 $\pm$ 2,88	91,00 $\pm$ 13,27	<b>1</b>	4,64	<b>0,01</b>
	Min.	-48,00	117,00	72,00			
	Max.	-14,00	125,00	106,00			
rozegrane mecze [min]	$\bar{x} \pm SD$	157,20 $\pm$ 121,40	165,00 $\pm$ 173,64	322,20 $\pm$ 166,68	<b>1</b>	-2,90	<b>0,04</b>
	Min.	42,00	0	132,00			
	Max.	360,00	450,00	581,00			
mecze rozegrane powyżej 45 minut [liczba]	$\bar{x} \pm SD$	2,40 $\pm$ 1,34	2,20 $\pm$ 2,77	4,60 $\pm$ 2,19	<b>0,74</b>	-4,00	<b>0,02</b>
	Min.	1,00	0	2,00			
	Max.	4,00	7,00	8,00			

## 5. Dyskusja

Celem badań było prześledzenie zmian prędkości biegu na progu przemian tlenowych i beztlenowych na przestrzeni półrocznego cyklu treningowego u piłkarzy nożnych ligi amatorskiej, w relacji do zastosowanych środków treningowych, analizowanych w teście progresywnym wykonywanym w warunkach terenowych. Analizowano również istotność oddziaływania parametrów wydolnościowych, określających ogólny poziom wydolności fizycznej ( $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$ , REST) na prędkości biegu w warunkach obu progów metabolicznych, a także zależność zmian prędkości biegu na progu przemian tlenowych i beztlenowych oraz parametrów wydolnościowych od ich wyjściowego poziomu w relacji do zastosowanych środków treningowych.

### 5.1. Wewnątrzgrupowe i międzygrupowe zmiany $V_{PPT}$ i $V_{PPB}$ w półrocznych cyklach treningowych

Średnie prędkości biegu w warunkach progów przemian tlenowych, zarejestrowane w poszczególnych grupach wahały się w przedziale od  $9,98 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $10,43 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Były to wartości większe od średnich prędkości  $8,20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i  $9,30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  zarejestrowanych kolejno przez Condessa'ego i wsp. (2015), Altmann'a i wsp. (2020) u profesjonalnych piłkarzy brazylijskich i niemieckich, ale zbliżone do średnich prędkości  $9,83 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i  $9,90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  zarejestrowanych kolejno przez Cottin'a i wsp. (2007) u profesjonalnych piłkarzy francuskich oraz Cunha'a i wsp. (2016) u młodych brazylijskich zawodników piłki nożnej. Zaznaczyć należy, że zawodnicy uczestniczący w badaniach Cottin'a i wsp. (2007) wykonali testy przed rozpoczęciem okresu przygotowawczego, a badania Condessa'ego i wsp. (2015), Cunha'a i wsp. (2016) oraz Altmann'a i wsp. (2020) były przeprowadzone na bieżni mechanicznej o różnym kącie nachylenia, której wpływ na ekonomię biegu, mógł zaniżyć również prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych (Mooses i wsp. 2015; Massini i wsp. 2018; Miller i wsp. 2019; Schücker i Parrington 2019).

Prędkości biegu zarejestrowane w badaniach własnych były mniejsze od prędkości zarejestrowanych przez Dunbar'a i Treasure'a (2005) ( $13,87 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), Castagna'ego i wsp. (2013) (od  $10,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  do  $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , Colosio i wsp. (2020) ( $10,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), Modric'a i wsp. (2020) (od  $12,18$  do  $14,31 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) u elitarnych i profesjonalnych zawodników piłki nożnej, a także mniejsze od tych zarejestrowanych przez



Di Michele'go i wsp. (2009) (od 11,1 km·h<sup>-1</sup> do 12,3 km·h<sup>-1</sup>), Baumgart'a (2014) (od 11,9 km·h<sup>-1</sup> do 12,6 km·h<sup>-1</sup>), Schwesig'a i wsp. (2019) (od 12,1 km·h<sup>-1</sup> do 12,5 km·h<sup>-1</sup>), Toro i wsp. (2020) (od 10,55 km·h<sup>-1</sup> do 10,71 km·h<sup>-1</sup>) u młodych włoskich zawodników piłki nożnej oraz amatorskich piłkarzy hiszpańskich (3 liga) i niemieckich (3 i 4 liga) mimo, że badania powyższych autorów były przeprowadzone na bieżni mechanicznej. Ponadto część badań Castagna'ego i wsp. (2013) oraz Modric'a i wsp. (2020) dotyczy okresu, w którym zawodnicy nie brali udziału w żadnym zorganizowanym programie treningowym w ciągu kolejno czterech tygodni oraz dwudziestu dni poprzedzających badanie. Wskazuje to jednoznacznie, że zawodnicy biorący udział w tym badaniu byli na poziomie amatorskich zawodników piłki nożnej.

Średnie prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych, zarejestrowane w badanych grupach, w poszczególnych cyklach treningowych wahały się w przedziale od 14,26 km·h<sup>-1</sup> do 14,45 km·h<sup>-1</sup> i były to wartości większe od średnich prędkości, zarejestrowanych przez Cottin'a i wsp. (2007) (12,55 km·h<sup>-1</sup>), Kalapotharakos'a i wsp. (2011) (od 12,3 km·h<sup>-1</sup> do 13,7 km·h<sup>-1</sup>), Castagna'ego i wsp. (2013) (13,9 km·h<sup>-1</sup>) u profesjonalnych piłkarzy, francuskich, greckich, włoskich, a także od średnich prędkości od 11,10 km·h<sup>-1</sup> do 14,10 km·h<sup>-1</sup> zarejestrowanych przez Helgerud'a i wsp. (2001) (11,1 km·h<sup>-1</sup>) u młodych norweskich zawodników piłki nożnej oraz Yildirim i wsp. (2008) (od 13,5 km·h<sup>-1</sup> do 14,1 km·h<sup>-1</sup>), Hoppe'a i wsp. (2013) (14 km·h<sup>-1</sup>) u trzecioligowych piłkarzy tureckich i niemieckich. Zaznaczyć należy jednak, że w badaniach Cottin'a i wsp. (2007) zawodnicy wykonali testy przed rozpoczęciem okresu przygotowawczego, a z wyjątkiem Hoppe'a i wsp. (2013) pozostali autorzy przeprowadzali swoje badania na bieżni mechanicznej. Ponadto w badaniach, Castagna'ego i wsp. (2013) zawodnicy powstrzymywali się od ciężkich i nadzorowanych treningów w ciągu czterech tygodni poprzedzających badanie.

Wyniki uzyskane w badaniach własnych były zbliżone do prędkości biegu zarejestrowanych przez Di Michele'go i wsp. (2009) (14,40 km·h<sup>-1</sup>), Śliwowskiego i wsp. (2013) (14,44 km·h<sup>-1</sup>), Cunha'a i wsp. (2016) (14,30 km·h<sup>-1</sup>), Riboli'ego i wsp. (2019) (14,40 km·h<sup>-1</sup>) kolejo u młodych polskich, włoskich i brazylijskich zawodników piłki nożnej oraz półprofesjonalnych piłkarzy włoskich (4 liga), ale mniejsze od prędkości zarejestrowanych przez McMillan'a i wsp. (2005) (14,67 km·h<sup>-1</sup>), Manzi'ego i wsp. (2014) (14,7 km·h<sup>-1</sup>), Modric'a i wsp. (2020) (od 15,45 km·h<sup>-1</sup> do 16,46 km·h<sup>-1</sup>), u elitarnych i profesjonalnych zawodników piłki nożnej, a także mniejsze

od tych zarejestrowanych przez Baumgart'a i wsp. (2014) ( $14,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), Cunha'a i wsp. (2016) ( $14,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), Schwesig'a i wsp. (2019) ( $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) oraz Toro i wsp. (2020) ( $15,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) u amatorskich piłkarzy hiszpańskich (3 liga) i niemieckich (3 i 4 liga) mimo, że badania McMillan'a i wsp. (2005), Manzi'ego i wsp. (2014), Riboli'ego i wsp. (2019), Schwesig'a i wsp. (2019), Modric'a i wsp. (2020), oraz Toro i wsp. (2020) były przeprowadzone na bieżni mechanicznej. Ponadto Modric i wsp. (2020) przeprowadzili swoje badania na początku sezonu po dwudziestu dniach przerwy. Potwierdza to, że zawodnicy biorący udział w tym badaniu byli na poziomie amatorskich zawodników piłki nożnej.

Różnice międzygrupowe pomiędzy średnimi wartościami  $V_{\text{PPT}}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] zarejestrowanymi w Terminach Testowych 2A ( $9,73 \pm 0,64 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) i 3A ( $10,41 \pm 0,79 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) świadczą o wyższym początkowym poziomie wytrenowania grupy trzeciej w porównaniu do grupy drugiej, co mogło oddziaływać na kierunek rozwoju prędkości biegu na progu tlenowym w obu grupach. Różnice te mogą jednak wynikać z istotnych różnic w czasie rozegranych meczów i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut przed pierwszym Terminem u obu grup. Badanych sklasyfikowano jednak jako zawodników na poziomie amatorskim, a brak istotnych statystycznie wewnątrzgrupowych różnic  $V_{\text{PPT}}$  uniemożliwia wyznaczenie kierunku zmian prędkości biegu na progu tlenowym w obu grupach. Brak innych międzygrupowych różnic prędkości biegu w warunkach progów przemian tlenowych i beztlenowych świadczy o zbliżonym, niskim poziomie wytrenowania pozostałych analizowanych w tej pracy grup mimo istotnych różnic wysiłku fizycznego wykonywanego przez każdą z nich przed pierwszym Terminem.

Istotne statystycznie wewnątrzgrupowe różnice prędkości biegu rejestrowane w warunkach progów przemian beztlenowych pomiędzy badaniami 1A i 1B, 1B i 1C oraz 2A w porównaniu do 2B, a także istotne statystycznie wewnątrzgrupowe różnice prędkości biegu w warunkach progów przemian tlenowych pomiędzy badaniami 1A i 1B oraz 1B i 1C pokazują, że możliwa jest nie tylko istotna poprawa prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych wskutek stosowania różnych środków treningowych, co sugerują w swoich badaniach m. in. Hottenrott i wsp. (2012), Castagna i wsp. (2013), Śliwowski i wsp. (2013) czy Michaelides i wsp. (2021), ale także ich pogorszenie, które nie zostało zaobserwowane przez innych autorów. Wyniki prezentowane w moich badaniach są sprzeczne z obserwacjami McMillan'a i wsp. (2005), Kalapotharakos'a i wsp. (2011), którzy stwierdzili że prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych nie tylko

wzrastają istotnie po okresie przygotowawczym, co w przypadku prędkości w warunkach progu przemian beztlenowych zaobserwowali także Śliwowski i wsp. (2008) oraz Śliwowski i wsp. (2013), ale zostają również niezmienione do końca sezonu. Zaznaczyć należy jednak, że Jastrzębski i wsp. (2013) zwrócili uwagę na możliwość obniżenia, utrzymania lub poprawy sprawności fizycznej pod koniec sezonu.

## **5.2. Wewnątrzgrupowe zmiany $V_{PPT}$ i $V_{PPB}$ w relacji do zmian pozostałych parametrów w półrocznych cyklach treningowych**

Istotne zmiany  $V_{PPB}$  w badaniach 1B i 1C, o wartości  $\Delta = 0,58 \pm 0,86 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , wprost proporcjonalne do istotnych zmian czasu środków specjalnych tlenowych, środków beztlenowych – glikolitycznych razem i środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką wskazują, że dłuższy czas poświęcony na trening o charakterze tlenowym, zbliżony celem do gry w piłkę nożną oraz trening o charakterze glikolitycznym poprawia istotnie prędkość biegu w warunkach przemian beztlenowych.

Poprawa  $V_{PPB}$  wskutek zastosowania środków specjalnych tlenowych oraz środków beztlenowych - glikolitycznych została potwierdzona przez innych autorów (Impellizzeri i wsp. 2006; Ferrari Bravo i wsp. 2008; Sheykhlovand i wsp. 2016; Ortiz i wsp. 2018).

Podobnie jak środki ogólne, środki specjalne o charakterze tlenowym nasilają m. in. procesy angiogenezy, biogenezy mitochondriów oraz izoform białek będących transporterami mleczanu, osłabiają odpowiedź katecholamin na daną intensywność ćwiczeń, wywołują przekształcenie włókien mięśniowych, zwiększając odsetek włókien typu I, a także indukują stopniowy wzrost wykorzystania tłuszczu i zmniejszenie utleniania glukozy (Howald i wsp. 1985; Jones i Carter 2000; Żołądź 2003; Zierath i Hawley 2004; da Silva i wsp. 2011; Stöggli i Sperlich 2014; Sheykhlovand i wsp. 2016; Ortiz i wsp. 2018).

Tym samym poprzez zwolnienie tempa produkcji mleczanu i poprawę zdolności wymiany i usuwania mleczanu z krwi zmniejszają stopień laktacemii dla dowolnej bezwzględnej (prędkość biegu lub mocy) lub względnej (%  $VO_{2max}$ ) intensywności ćwiczeń, umożliwiając utrzymanie wyższej bezwzględnej i względnej intensywności ćwiczeń przy tym samym poziomie stężenia mleczanu we krwi (Jones i Carter 2000).

Z kolei środki interwałowe o charakterze beztlenowym – glikolitycznym, poprzez aktywację lub zwiększenie wydzielania dehydrogenazy bursztynianowej i oksydazy cytochromowej sprzyjają usprawnieniu lipolizy, co skutkuje zmniejszaniem

glikogenu. Ponadto sprzyjają zmniejszeniu zużycia glikogenu w większym stopniu niż trening ciągły i stymulować aktywność enzymatyczną syntazy cytrynianowej i dehydrogenazy hydroksyacylo-CoA związaną z metabolizmem tlenowym (Sheykhrouvand i wsp. 2016). Te reakcje metaboliczne mogą mieć wpływ na poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych. Badania dotyczą jednak środków o charakterze ogólnym. Bezpośredni związek poprawy prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych ze zwiększeniem czasu piłkarskich środków beztlenowych – glikolitycznych nie został dotychczas opublikowany i wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

Wprost proporcjonalne zmiany  $V_{PPB}$  i  $VO_{2max}$  w relacji do zastosowanych środków treningowych mogą sugerować, że wraz ze wzrostem prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych wskutek zastosowanych środków specjalnych tlenowych, środków beztlenowych – glikolitycznych razem i środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką poprawia się także maksymalny pobór tlenu.

Maksymalny pobór tlenu jest silnie związany z maksymalnym rzutem serca ( $Q_{max}$ ), który podczas maksymalnego wysiłku, wraz ze zwiększoną ekstrakcją tlenu (będącą z definicji różnicą między tętniczym i żylnym wysyceniem hemoglobiny tlenu) z krwi przepływającej przez pracujące mięśnie, skutkuje większym  $VO_{2max}$  (Jones i Carter 2000).

Trening wytrzymałościowy o charakterze tlenowym obniża maksymalną częstość skurczów serca, będącą zgodnie z równaniem Fick'a jednym z czynników determinujących maksymalny pobór tlenu (Levine 2008; Zatoń i Michalik 2015).

Według Jones'a i Carter (2000) wysokie wartości  $Q_{max}$  i  $VO_{2max}$ , powszechnie rejestrowane u elitarnych sportowców, związane są jednak z bardzo wysokimi maksymalnymi objętościami wyrzutowymi, wynikającymi ze wzrostu wielkości lewej komory, kurczliwości mięśnia sercowego i objętości końcoworozkurczowej podczas treningu, które wraz ze zmniejszoną wrażliwością na katecholaminy, prowadzą do spowolnienia akcji serca podczas wysiłku submaksymalnego. Ponadto, zdolność krwi do transportu tlenu zwiększa się po treningu wytrzymałościowym z powodu zwiększonej całkowitej zawartości hemoglobiny we krwi. Autorzy zwrócili również uwagę, na występowanie wzrostu 2,3-difosfoglicerynianu krwinek czerwonych (kompensującego zmniejszone stężenie hemoglobiny w wyniku stosunkowo większego wzrostu objętości osocza w porównaniu z masą krwinek czerwonych) oraz, że niższa wartość hemoglobiny po treningu może być

korzystna, ponieważ zmniejszona lepkość krwi może zmniejszyć opór układu naczyniowego na przepływ krwi.

Dotychczas opisano również poprawę maksymalnego poboru tlenu wskutek zastosowania środków tlenowych z piłką, wywołujących obserwowane także w wyniku interwencji klasycznego treningu wytrzymałościowego obniżenie częstości skurczów serca i stężenia mleczanu podczas submaksymalnego ciągłego biegu oraz zwiększenie liczby mitochondriów i naczyń włosowatych (Krustrup i wsp. 2009; Bangsbo i wsp. 2010; Andersen i wsp. 2014; de Sousa i wsp. 2014; Ortiz i wsp. 2018).

Część autorów (Bangsbo i wsp. 2010; Andersen i wsp. 2014; de Sousa i wsp. 2014) podważa jednak tlenowy charakter środków specjalnych, takich jak rekreacyjna gra w piłkę nożną, odzwierciedlona w grach w małej grupie, trwających nieprzerwanie ponad 5 minut i uznawanych za intensywną, zmieniającą się co 4 sekundy aktywność interwałową, złożoną z wielu akcji takich jak m. in. biegi w różnych kierunkach, zderzenia, strzały, dryblingi i zwroty, przeplatane okresami regeneracji o niskiej intensywności, zwracając uwagę na udział beztlenowego toru przemian energetycznych (na co wskazują m. in. wysoka częstość skurczów serca i podwyższony poziom stężenia mleczanu we krwi).

Poprawę maksymalnego poboru tlenu wskutek zastosowania środków ogólnych beztlenowych - glikolitycznych, opartych na metodzie interwałowej związanej ze zdolnością do powtarzalnych sprintów – RSA (*Repeated-Sprint Ability*) wykazali Ferrari Bravo i wsp. (2008). Wzrost wartości  $VO_{2max}$  zaobserwowano także wskutek zastosowania środków ogólnych beztlenowych – glikolitycznych z wykorzystaniem metody interwałowej o wysokiej intensywności – HIIT (*High Intensity Interval Training*) (Ouerghi i wsp. 2014). Autorzy nie wykorzystali jednak bezpośredniej metody pomiarowej, jedynie oszacowali  $VO_{2max}$ . Natomiast, skuteczność metody interwałowej opartej na RSA potwierdziły badania Kaynak'a i wsp. (2017), którzy przypisali aerobowe adaptacje mięśniowe niepełnym przerwom wypoczynkowym pomiędzy sprintami występującymi w tej metodzie.

Trening interwałowy zwiększa m.in. rzut serca i pozwala na efektywniejsze wykorzystanie tlenu przez mięśnie szkieletowe poprzez większy przepływ krwi przez mięśnie szkieletowe wskutek zwiększonej liczby naczyń włosowatych, zwiększoną różnicę tlenowo-tętniczo-żylną i aktywność enzymów mitochondrialnych (Zatoń i Michalik 2015; Sheykhlovand i wsp. 2016).

Poprawę maksymalnego poboru tlenu po zastosowaniu środków ukierunkowanych beztlenowych – glikolitycznych wykazali Sporis i wsp. (2008). Jednak dowody na poprawę maksymalnego poboru tlenu wskutek stosowania środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych, specyficznych dla piłki nożnej są znikome (Dellal i wsp. 2008; Dellal i wsp. 2011; Halouani i wsp. 2014).

Dotychczas opisana została zależność poprawy  $V_{PPB}$  i  $VO_{2max}$  od stosowanych środków specjalnych tlenowych i różnych środków beztlenowych – glikolitycznych, jednak przedmiotem badań autorów nie było zjawisko jednoczesnej poprawy obu parametrów wskutek stosowanych środków treningowych.

Choć Castagna i wsp. (2011, 2013) stwierdzili jednoczesną poprawę  $V_{PPB}$  i  $VO_{2max}$  wskutek zwiększenia objętości pracy powyżej progu przemian beztlenowych, potwierdzenie jednoczesnego rozwoju  $V_{PPB}$  i  $VO_{2max}$  wskutek zwiększenia czasu środków specjalnych tlenowych, środków beztlenowych – glikolitycznych razem i środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką wymaga dalszych badań.

Ponadto zaobserwowane w niniejszym badaniu zjawisko odwrotnie proporcjonalnie zmieniającej się prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych w stosunku do wysokości ciała nie znajduje podparcia w dostępnej obecnie literaturze i również może zachęcać do przeprowadzenia nowego eksperymentu.

### **5.3. Zmiany $V_{PPT}$ , $V_{PPB}$ , $VO_{2max}$ i tempa restytucji wskutek zastosowanych środków treningowych**

W rozdziale tym przedstawiono jak w zależności od nasilenia wejściowych parametrów  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $VE_{max}$  i  $REST$  różne zestawy badanych zmiennych zachowują się w relacji do pozostałych parametrów, rozumianych jako: parametry antropometryczne, środki treningowe, czas rozegranych meczów, liczba rozegranych meczów powyżej 45 minut, temperatura i ciśnienie atmosferyczne.

#### **5.3.1. Zależność zmian $V_{PPT}$ od zastosowanych środków treningowych**

Istotne zmiany parametru wejściowego  $V_{PPT}$  [ $km \cdot h^{-1}$ ] w przedziale 8,00-8,99  $km \cdot h^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = 1,15 \pm 0,70$   $km \cdot h^{-1}$ , wprost proporcjonalne do istotnych zmian objętości środków ukierunkowanych tlenowych oraz częstotliwości

środków tlenowych razem wskazują, że dłuższy czas poświęcony na trening ukierunkowany o charakterze tlenowym oraz zwiększona częstotliwość środków o charakterze tlenowym ogólnie poprawia istotnie prędkość biegu w warunkach przemian tlenowych u niewytrenowanych zawodników.

Względem środków ogólnych o charakterze tlenowym podobne obserwacje zanotowali w swoich badaniach Tomescu i wsp. (2016), którzy wykazali pozytywny wpływ zwiększenia objętości tlenowego treningu biegowego o umiarkowanej intensywności na poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych u niewytrenowanych mężczyzn oraz Manzi i wsp. (2009), Vesterinen i wsp. (2016a, b), którzy wykazali poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych wskutek zastosowanych środków ogólnych o charakterze tlenowym u rekreacyjnych biegaczy i biegaczek. Potwierdzają to także badania Carter i wsp. (1999), Jones'a i Carter (2000), którzy stwierdzili, że trening przy intensywności zbliżonej lub nieco wyższej od progu przemian tlenowych jest ważny dla uzyskania znacznej poprawy tego parametru. Intensywność ta jest uważana za minimalną dolną granicę, wywołującą poprawę wydolności i może zostać wykorzystana w treningu regeneracyjnym (da Silva i wsp. 2011).

Ortiz i wsp. (2018) z kolei udowodnili poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych wskutek zastosowania środków ogólnych o charakterze tlenowym u niewytrenowanych kobiet.

Podobnie jak w przypadku progu przemian beztlenowych, wystąpienie progu przemian tlenowych przy wyższej mocy lub prędkości biegu, charakterystyczne dla efektów programu treningu wytrzymałościowego jest związane ze zmniejszeniem stopnia laktacdemii dla dowolnej bezwzględnej (prędkości biegu lub mocy) lub względnej (%  $\text{VO}_2\text{max}$ ) intensywności ćwiczeń oraz utrzymaniem wyższej bezwzględnej i względnej intensywności ćwiczeń bez wzrostu stężenia mleczanu we krwi po treningu (Jones i Carter 2000).

Przypisuje się ją zjawiskom zmniejszenia tempa produkcji mleczanu (dzięki wolniejszemu tempu wykorzystania glikogenu w mięśniach lub przyspieszonej kinetyki poboru tlenu) lub wzrostu zdolności do wymiany i usuwania mleczanu z krwi następujących m. in. w wyniku zwiększonej gęstości naczyń włosowatych, liczby mitochondriów oraz transporterów mleczanu: transportera monokarboksyłanu 1 - MCT1 (*Monocarboxylate transporter 1*) i transportera monokarboksyłanu 4 - MCT4 (*Monocarboxylate transporter 4*), osłabionej odpowiedzi hormonalnej przy danej intensywności ćwiczeń, a także selektywnego

przerostu włókien typu I i przekształceniu włókien mięśniowych od typu IIb do typu IIa oraz od typu IIa do typu I (Howald i wsp. 1985; Jones i Carter 2000; Żołądź 2003; Zierath i Hawley 2004; Ortiz i wsp. 2018).

Nie opublikowano dotychczas żadnych badań stwierdzających wpływ stosowania ukierunkowanych i specjalnych, piłkarskich środków tlenowych na poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych.

Istotne wprost proporcjonalne zmiany  $V_{E_{max}}$  o średniej wartości  $\Delta = 6,10 \pm 1,88 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  względem zmian wejściowego parametru  $V_{PPT}$  w przedziale 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  mogą oznaczać, że środki o charakterze tlenowym rozwijają także maksymalną wentylację minutową płuc u niewytrenowanych mężczyzn. Choć zgodne z tym przypuszczeniem wyniki badań Eisenman'a i Golding'a (1975) dotyczące młodych kobiet i dziewcząt nie dowodzą temu zjawisku w sposób jednoznaczny, istotny wpływ stosowania środków tlenowych na zmiany maksymalnej wentylacji minutowej płuc u niewytrenowanych mężczyzn potwierdzają badania Pollock'a i wsp. (1975) oraz Broeder'a i wsp. (1992).

Wyższą wentylację płucną poprzez zwiększenie objętości oddechowej i niższą częstotliwość oddychania przy submaksymalnym wysiłku wykazują osoby trenujące regularnie sporty wytrzymałościowe (m. in. kolarstwo, maraton, narciarstwo biegowe) (Eastwood i wsp. 2001, Zatoń i Michalik 2015). Yilmaz i Dağlioğlu (2018) wykazali podobny efekt u elitarnych zawodników judo, a zjawisko zaobserwowane w grupie badawczej o relatywnie niskim poziomie wartości  $VO_{2max}$  i  $V_{E_{max}}$  w stosunku do badanych młodych mężczyzn trenujących piłkę nożną wydaje się potwierdzać skuteczność zastosowania środków tlenowych w celu zwiększenia maksymalnej wentylacji minutowej płuc u osób o niskim poziomie wydolności tlenowej.

Ze względu na brak doniesień na temat jednoczesnego zwiększenia maksymalnej wentylacji minutowej płuc i prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych wskutek zastosowania środków o charakterze tlenowym, stwierdzenie wprost proporcjonalnego zwiększenia obu parametrów wskutek zastosowania treningu tlenowego u osób o niskim poziomie wytrenowania wymaga dalszych badań.



### 5.3.2. Zależność zmian $V_{PPB}$ od zastosowanych środków treningowych

Istotne zmiany parametru wejściowego  $V_{PPB}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  o średniej wartości  $\Delta = 1,50 \pm 0,67 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , wprost proporcjonalne do istotnych zmian liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem, wskazują że zwiększenie objętości wysiłku o charakterze i intensywności meczu piłki nożnej u zawodników o niskim poziomie wytrenowania pozytywnie wpływa na poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych. W dostępnym piśmiennictwie nie ma doniesień na temat tej zależności.

Podczas meczów aktywowane są różne reakcje metaboliczne, obserwuje się m. in. obniżenie zasobów ATP i fosfokreatyny, aktywację glikolizy beztlenowej i obniżenie pH mięśni oraz znaczny udział metabolizmu tlenowego (Ferrari Bravo i wsp. 2008). Próg przemian beztlenowych jest parametrem najbardziej wrażliwym na efekty treningu piłkarskiego, a także lepiej różnicuje wyniki wśród sportowców trenujących piłkę nożną na różnych poziomach wyczynowych, co wynika z ciągłego występowania bodźców supramaksymalnych ( $>VO_2\text{max}$ ) w piłce nożnej, które głównie powodują obwodowe adaptacje tlenowe (bezpośrednio związane z progiem przemian beztlenowych), takie jak zwiększenie liczby naczyń włosowatych oraz zdolność krwi do transportu mleczanu i jonów  $\text{H}^+$  (da Silva i wsp. 2011).

Według McMillan'a i wsp. (2005) ważne jest, aby zawodnicy, którzy nie uczestniczą regularnie w meczach, wykonywali dodatkowy indywidualny trening wytrzymałościowy w celu utrzymania, a nawet poprawy swojego poziomu wytrzymałości.

Zmiany zaobserwowane w niniejszym badaniu wynikać mogą z faktu, że zawodnicy o niskim poziomie wytrenowania, osiągający niskie prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych, większość czasu podczas meczu oraz treningów wyrównawczych o zbliżonej intensywności, stosowanych w celu zmniejszenia ryzyka kontuzji (Wąs i wsp. 2009; Buchheit 2019a, b) wykonywali wysiłek fizyczny powyżej progu przemian beztlenowych. Jak pokazują badania Castagna'ego (2011, 2013) oraz Taylor i wsp. (2018) taki bodziec poprawia prędkość biegu w warunkach progu przemian beztlenowych u wytrenowanych zawodników, co może wskazywać, że u niewytrenowanych zawodników efekt będzie podobny. Według Castagna'ego (2013) czas trwania wysiłku przy intensywności powyżej progu przemian beztlenowych powinien mieścić się w zakresie

6-8% całkowitego czasu treningu, aby był skuteczny w rozwoju wydolności tlenowej, a niesystematyczna interwencja treningowa wykazuje nieco mniejszą poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych w porównaniu z eksperymentalnie wdrażanymi ogólnymi lub specyficznymi interwencjami treningowymi w piłce nożnej mężczyzn.

Innym wytłumaczeniem poprawy prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych wskutek zwiększenia liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem może być zmienny, przerywany (interwałowy) charakter gry w piłkę nożną i treningów wyrównawczych (Iaia i wsp. 2009; Duk i wsp. 2011; Andrzejewski i wsp. 2016; Bishop i Girard 2013; Chmura i wsp. 2017; Altmann i wsp. 2020; Modric i wsp. 2020), który częściowo może być odzwierciedleniem m. in. środków ogólnych o charakterze tlenowym, beztlenowym – glikolitycznym oraz tlenowo – beztlenowym, a także środków specjalnych tlenowych i tlenowo – beztlenowych, mającym udowodniony związek z poprawą prędkości w warunkach progu przemian beztlenowych (Impellizzeri i wsp. 2006; Sheykhlovand i wsp. 2016; Vesterinen i wsp. 2016b; Ortiz i wsp. 2018).

Jak wspomniano wcześniej środki ogólne o charakterze tlenowym, umożliwiają poprzez zmniejszony stopień laktacystemii dla dowolnej bezwzględnej (prędkość biegu lub mocy) lub względnej (%  $VO_2max$ ) intensywności ćwiczeń, utrzymanie wyższej bezwzględnej i względnej intensywności ćwiczeń przy tym samym poziomie stężenia mleczanu we krwi (Howald i wsp. 1985; Jones i Carter 2000; Żołądź 2003; Zierath i Hawley 2004; Ortiz i wsp. 2018).

Mechanizm oddziaływania środków interwałowych o charakterze beztlenowym – glikolitycznym na poprawę ekonomii pracy poprzez zwiększenie zdolności oksydacyjnej i zmniejszenie zużycia glikogenu również został opisany w poprzednim rozdziale. Stosowanie środków ogólnych interwałowych o charakterze tlenowo – beztlenowym natomiast, sprzyja zwiększaniu objętości wyrzutowej serca, objętości krwi, ekstrakcji tlenu (stosunek tlenu zużytego przez tkanki do objętości tlenu dostarczonego do tkanek), zdolności oksydacyjnych oraz stymuluje adaptacje molekularne od angiogenezy i biogenezy mitochondriów (zwiększającej aktywność enzymów mitochondrialnych do glikolizy, fosforylacji oksydacyjnej i ostatecznie do zwiększenia zdolności metabolicznej organizmu), poprawiając metabolizm tlenowy i beztlenowy, będąc tak samo skuteczne jak środki specjalne o tym samym charakterze (Impellizzeri i wsp. 2006; Stöggla i Sperlich'a 2014). Wszystkie

te reakcje odpowiadają prawdopodobnie za poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych.

Zmiany prędkości biegu w warunkach progu przemian tlenowych o średniej wartości  $\Delta = 0,58 \pm 0,43 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  zachodzące wprost proporcjonalnie do istotnych zmian  $V_{PPB} [\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$  w przedziale 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  sugerują, że wraz ze zwiększającą się liczbą meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych wzrasta również prędkość biegu w warunkach progu przemian tlenowych u słabo wytrenowanych zawodników. Nie zostało to jednak potwierdzone we wcześniejszych wynikach badań dotyczących parametru  $V_{PPT}$ , ani przez innych autorów. W dotychczasowym piśmiennictwie wykazano wpływ zmiany prędkości w warunkach obu progów metabolicznych na efekty treningu piłkarzy nożnych (rozgrzewki, stretching, biegowe treningi wytrzymałościowe, gry na małym boisku - SSG (*ang. Small-Sided Games*), treningi techniczne, treningi siłowe oraz udział w meczach piłki nożnej), co zdaje się tylko częściowo potwierdzać pozytywny wpływ zwiększonej liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych na poprawę obu parametrów u słabo wytrenowanych mężczyzn (McMillan i wsp. 2005; da Silva i wsp. 2011).

Być może zmiany te wynikają z zastosowanych w treningach wyrównawczych środków ogólnych tlenowych oraz tlenowo - beztlenowych, które wg Jones'a i Carter (2000) Manzi'ego i wsp. (2009), Stöggl'a i Sperlich'a (2014), Tomescu'a i wsp. (2016), Vesterinen'a i wsp. (2016b) zwiększają zarówno prędkość w warunkach progu przemian tlenowych jak i beztlenowych.

Jednoznaczne rozwiązanie zagadnienia zmiany prędkości biegu w warunkach obu progów metabolicznych wskutek zastosowanych środków treningowych wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

### **5.3.3. Zależność zmian $VO_2\text{max}$ od zastosowanych środków treningowych**

Maksymalny pobór tlenu w trakcie sezonu uzależniony jest od wyjściowego poziomu wydolności na początku cyklu treningowego oraz harmonogramu treningów w jego trakcie (Stølen i wsp. 2005).

Istotne zmiany wejściowego  $VO_2\text{max} [\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}]$  w przedziale 60,00-62,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = -1,8 \pm 0,78 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , odwrotnie proporcjonalne do istotnych zmian środków specjalnych beztlenowych -

- fosfagenowych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ], środków beztlenowych - fosfagenowych razem [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ], środków beztlenowych - fosfagenowych razem [%] oraz istotne zmiany parametru wyjściowego  $\text{VO}_2\text{max}$  [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] w przedziale 60,00-61,99  $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = -2,17 \pm 0,32 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , odwrotnie proporcjonalne do istotnych zmian środków ogólnych beztlenowych – fosfagenowych [min], środków ukierunkowanych beztlenowych – fosfagenowych [min], środków specjalnych beztlenowych – fosfagenowych [min], środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ], środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [%], środków beztlenowych - fosfagenowych z piłką [min] zaprzeczają możliwości rozwoju maksymalnego poboru tlenu z wykorzystaniem środków fosfagenowych u wytrenowanych mężczyzn. Jest to bliskie obserwacji Millet'a i wsp. (2002), Vikmoen'a i wsp. (2016), którzy wykazali brak istotnych zmian pomiędzy stosowanymi środkami fosfagenowymi, a  $\text{VO}_2\text{max}$  u wytrenowanych mężczyzn i kobiet oraz Berryman'a i wsp. (2010), którzy wykazali brak istotnych zmian pomiędzy stosowanymi środkami fosfagenowymi, a  $\text{VO}_2\text{peak}$  (Casajus 2001; Stöggl'a i Sperlich'a 2014; Sheykhlovand i wsp. 2016), oszacowanym w teście progresywnym w sposób zbliżony do  $\text{VO}_2\text{max}$ . Żaden z autorów nie zaobserwował jednak istotnego pogorszenia wartości maksymalnego poboru tlenu i szczytowej mocy tlenowej (Lortie i wsp. 1984; Haykowsky i wsp. 2005; da Silva i wsp. 2011) wskutek zastosowania środków fosfagenowych.

Na regres maksymalnego poboru tlenu w niniejszym badaniu wpływać mogły źle dobrane proporcje innych środków wpływających na zmianę  $\text{VO}_2\text{max}$  i  $\text{VO}_2\text{peak}$  (Hoff i wsp. 2002; Castagna i wsp. 2013; Ouerghi i wsp. 2014; Stöggl i Sperlich 2014), co zdają się potwierdzać istotne zmiany parametru wyjściowego  $\text{VO}_2\text{max}$  [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] w przedziale 60,00-61,99  $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , o średniej wartości  $\Delta = -2,17 \pm 0,32 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , odwrotnie proporcjonalne do istotnych zmian środków ogólnych beztlenowych – glikolitycznych [min], środków beztlenowych – glikolitycznych razem [min], środków beztlenowych - glikolitycznych z piłką [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ], środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ], środków ukierunkowanych beztlenowych – glikolitycznych [%], środków specjalnych beztlenowych - glikolitycznych [%], środków specjalnych beztlenowych - glikolitycznych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ], środków specjalnych beztlenowych - glikolitycznych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ], środków tlenowych i tlenowo – beztlenowych razem [min], środków tlenowych z piłką [min], środków ukierunkowanych razem [min], środków specjalnych razem [min], środków z piłką razem [min], meczów rozegranych

powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem [liczba], środków ukierunkowanych tlenowo – beztlenowych [ $\text{min} \cdot \text{dni}^{-1}$ ], środków ukierunkowanych tlenowo – beztlenowych [ $\text{min} \cdot \text{treningi}^{-1}$ ] oraz środków razem [min].

Wskazuje to na fakt, że u zawodników o wysokim poziomie wytrenowania nie wystarczy dowolne zwiększenie objętości wszystkich środków razem, ani liczby, objętości, częstotliwości lub udziału procentowego środków poprawiających szczytową moc tlenową i maksymalny pobór tlenu, który mimo tego uległ obniżeniu.

Strukturalne i funkcjonalne efekty treningu fizycznego zależą od czynników takich jak rodzaj bodźca treningowego, jego częstotliwość, intensywność i czas trwania, interwały odpoczynku, czas trwania i rodzaj regeneracji między sesjami treningowymi, ogólna sprawność fizyczna oraz czynniki genetyczne, a u wytrenowanych sportowców o poprawie wydolności tlenowej decyduje głównie przyjęta intensywność treningu (Zatoń i Michalik 2015).

Castagna i wsp. (2011) i Castagna i wsp. (2013) wykazali, że u wytrenowanych zawodników maksymalny pobór tlenu poprawia się wskutek zwiększonej objętości pracy powyżej progu przemian beztlenowych, wynoszącej do 6-8% całkowitego czasu treningu. Autorzy zwrócili jednak uwagę, że niesystematyczna interwencja treningowa rozważana w ich badaniu wykazała nieco mniejszą poprawę  $\text{VO}_{2\text{max}}$  w porównaniu z eksperymentalnie wdrażanymi ogólnymi lub specyficznymi interwencjami treningowymi w piłce nożnej mężczyzn.

Całkowicie sprzeczne z wynikami Castagna'ego i wsp. (2011) i Castagna'ego i wsp. (2013) są wyniki badań uzyskane przez Taylor'a i wsp. (2018), którzy zaobserwowali pogorszenie tego parametru wskutek zwiększonej objętości dystansu pokonanego z prędkością biegu powyżej  $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Ich badania dotyczyły jednak grupy rugbyistów akademickich o małej liczebności, a autorzy nie podali prawdopodobnych przyczyn takiego zjawiska, zaznaczając, że jest ono pierwszym zarejestrowanym w aktualnej literaturze.

Ouerghi i wsp. (2014) wykazali poprawę  $\text{VO}_{2\text{max}}$  po dwunastu tygodniach treningu piłkarskiego, będącego składową środków ogólnych tlenowych, ogólnych beztlenowych – fosfagenowych oraz środków z piłką. Zwrócili także uwagę, że o sześć tygodni szybsza poprawa  $\text{VO}_{2\text{max}}$  nastąpiła wskutek dodatkowego zastosowania środków ogólnych beztlenowych – glikolitycznych z wykorzystaniem metody interwałowej o wysokiej intensywności – HIIT (*ang. High Intensity Interval Training*). Ponadto zaznaczyć należy

także, że do oszacowania  $VO_2\max$  autorzy nie wykorzystali bezpośredniej metody pomiarowej, a przedmiotem ich badań byli trzecioligowi zawodnicy z Tunezji.

W rozdziale 5.2. zostało opisane zjawisko zwiększającego się  $VO_2\max$  (silnie związanego z maksymalnym rzutem serca ( $Q_{\max}$ )) pomimo zastosowania treningu wytrzymałościowego o charakterze tlenowym (obniżającego maksymalną częstość skurczów serca).

Według Stöggel'a i Sperlich'a (2014) środki ogólne tlenowe o niskiej intensywności poprawiają adaptację metaboliczną i hemodynamiczną w ciągu 3 dni, jednakże aby poprawić szczytową moc tlenową u wytrenowanych, potrzebna jest większa liczba, objętość i częstotliwość tych środków. Wielkość wzrostu  $VO_2\max$  wynikającego z treningu wytrzymałościowego zależy od wielu czynników, w szczególności od początkowego stanu wydolności,

czasu trwania programu treningowego oraz intensywności, czasu trwania i częstotliwości poszczególnych sesji treningowych, jednak optymalna objętość i intensywność ćwiczeń dla rozwoju tego parametru nie jest znana (Jones i Carter 2000).

Według Krusturp'a i wsp. (2009) oraz Ortiz'a i wsp. (2018) trening piłki nożnej oddziałuje na poprawę  $VO_2\max$  lepiej niż trening biegowy, zapewniając przy tym przyjemniejsze doznania. Badania opisujące poprawę maksymalnego poboru tlenu wskutek zastosowania środków tlenowych z piłką dotyczą jednak niewytrenowanych kobiet i mężczyzn, diabetyków oraz osób starszych (Krusturp i wsp. 2009; Bangsbo i wsp. 2010; Andersen i wsp. 2014; de Sousa i wsp. 2014; Ortiz i wsp. 2018). Ponadto, część autorów (Bangsbo i wsp. 2010; Andersen i wsp. 2014; de Sousa i wsp. 2014) podważa tlenowy charakter środków specjalnych, co również zostało opisane w rozdziale 5.2., a badania jednoznacznie opisujące oddziaływanie środków ukierunkowanych tlenowych, zawierających ćwiczenia takie jak prowadzenia piłki, podania, drybling oraz innych środków tlenowych z piłką u wytrenowanych mężczyzn na rozwój maksymalnego poboru tlenu nie zostały dotychczas opublikowane.

Według Holfelder'a i wsp. (2016), gdy tylko zostanie osiągnięty określony poziom  $VO_2\max$  u wysoko wytrenowanych sportowców, dalszy wzrost objętości treningów o charakterze tlenowym w zakresie submaksymalnym nie prowadzi do dalszej poprawy wydolności tlenowej ani zmiennych związanych z wytrzymałością (m. in. próg przemian beztlenowych i  $VO_2\max$ ). Według nich zakłada się, że ci sportowcy wymagają również bodźców treningowych o charakterze tlenowo – beztlenowym oraz beztlenowym.

Jest to potwierdzeniem wcześniejszych obserwacji Stöggl'a i Sperlich'a (2014). Autorzy zwrócili uwagę na odpowiednie dobranie proporcji środków ogólnych tlenowych o niskiej intensywności w stosunku do środków ogólnych tlenowo - beztlenowych, które zaniedbywane mogą doprowadzić do obniżenia szczytowej mocy tlenowej.

Wydaje się, że wymagania wysoko wytrenowanych sportowców w celu poprawy maksymalnego poboru tlenu spełniać może trening spolaryzowany. Stöggl i Sperlich (2014) zaproponowali trening spolaryzowany składający się w 68% z ćwiczeń o niskiej intensywności, 6% ćwiczeń o intensywności równej progowi przemian beztlenowych oraz 26% ćwiczeń o wysokiej intensywności. Z kolei Holfelder i wsp. (2016) uwzględnili proporcję w stosunku 80% dla środków o charakterze tlenowym do 20% dla środków o charakterze tlenowo - beztlenowym i beztlenowym (Holfelder i wsp. 2016). Pamiętać należy jednak, że Stöggl i Sperlich (2014), Holfelder i wsp. (2016) przedstawili wyniki badań uwzględniające tylko środki treningowe ogólne, wykonywane przez zawodników uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe takie jak bieganie, triathlon, narciarstwo biegowe, łyżwiarstwo szybkie czy kolarstwo. Holfelder i wsp. (2016) zwrócili uwagę na konieczność przeprowadzenia dalszych badań w celu wyjaśnienia działania przedstawionych proporcji stosowanych środków w treningu spolaryzowanym zarówno u zawodników wytrenowanych, jak i niewytrenowanych.

Berdejo del Fresno i wsp. (2015) dowiedli istotnej progresji wydolności tlenowej w grupie wytrenowanych zawodników futsalu, uczestniczących w sześciotygodniowym protokole treningowym bazującym na środkach specjalnych o charakterze tlenowym oraz tlenowo – beztlenowym.

Poprawę maksymalnego i szczytowego poboru tlenu wskutek zastosowania środków ogólnych, ukierunkowanych i specjalnych o charakterze tlenowo – beztlenowym wykazali Helgerud i wsp. (2001), Hoff i wsp. (2002), McMillan'a i wsp. (2005), Impellizzieri i wsp. (2006), Ferrari Bravo i wsp. (2008), Stöggl i Sperlich (2014) zarówno u juniorów, jak i wytrenowanych dorosłych z różnych dyscyplin sportowych, przypisując zmianę obu parametrów (podobnie jak w przypadku poprawy prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych) zwiększonej objętości wyrzutowej serca, objętości krwi, ekstrakcji tlenu i zdolności oksydacyjnych oraz angiogenezie i biogenezie mitochondriów.

Według Hoff'a i wsp. (2002), zawodnicy z wysokim  $VO_{2max}$  mogą być zmuszeni do kształtowania mocy tlenowej (Fox 1973; Lortie i wsp. 1984; da Silva i wsp. 2011; Tuimil i wsp. 2011; Falk i Dotan 2019) w środkach ukierunkowanych lub ogólnych

o charakterze tlenowo – beztlenowym takich jak tor piłkarski, biegi interwałowe o intensywności około 90-95% HRmax czy biegi pod górę, ponieważ w ten sposób można osiągnąć wyższą intensywność ćwiczeń niż podczas wykonywania środków specjalnych tlenowo – beztlenowych, takich jak gra na małym boisku - SSG (*ang. Small-Sided Game*).

Helgerud i wsp. (2011) udowodnili, że na rozwój  $VO_2\text{max}$  u wytrenowanych mężczyzn wpływają środki ogólne tlenowo – beztlenowe, wspomagane w ramach tego samego protokołu treningowego środkami ogólnymi beztlenowymi – fosfagenowymi (kształtującymi siłę maksymalną), które stosowane w tej samej, powtarzającej się przez dłuższy okres sesji treningowej nie wydają się mu zagrażać.

Według McMillan'a i wsp. (2005) środki ukierunkowane tlenowo – beztlenowe, obfitujące w działania z piłką takie jak drybling, zmiany tempa i kierunku biegu, zwiększają zapotrzebowanie na tlen bardziej niż standardowe bieganie stosowane w środkach ogólnych, skutecznie oddziałując na poprawę maksymalnego poboru tlenu

Natomiast, Impellizzeri i wsp. (2006) wykazali, że środki ogólne tlenowo – beztlenowe są tak samo skuteczne w kształtowaniu maksymalnego poboru tlenu jak środki specjalne tlenowo – beztlenowe, odnotowując największy progres w okresie przygotowawczym. Badania dotyczyły jednak juniorów włoskich.

Ferrari Bravo i wsp. (2008) wykazali, że środki ogólne beztlenowe - glikolityczne, bazujące na metodzie interwałowej związanej ze zdolnością do powtarzalnych sprintów – RSA (*ang. Repeated-Sprint Ability*) rozwijają maksymalny pobór tlenu w podobnym stopniu jak środki ogólne tlenowo – beztlenowe, oparte na metodzie HIIT opisanej także przez Stöggl'a i Sperlich'a (2014). Kaynak i wsp. 2017 wykazali ponadto, że stosując metodę interwałową opartą na RSA możliwa jest poprawa maksymalnego poboru tlenu bez udziału treningu wydolności tlenowej. Ich badania dotyczyły jednak tureckich siatkarzy ligi uniwersyteckiej o stosunkowo niskiej wartości wyjściowego  $VO_2\text{max}$ .

Trening interwałowy o charakterze beztlenowym - glikolitycznym jest bardziej skuteczny w poprawie maksymalnego poboru tlenu niż trening ciągły o charakterze tlenowym i trening mieszany (Zatoń i Michalik 2015). Inni autorzy potwierdzili jego skuteczność także w poprawie szczytowego poboru tlenu (Sheykhlovand i wsp. 2016). Mechanizm działania treningu interwałowego został opisany w rozdziale 5.2., gdzie zwrócono również uwagę na wykazaną przez Sporis'a i wsp. (2008) poprawę maksymalnego poboru tlenu wskutek zastosowanych środków ukierunkowanych beztlenowych – glikolitycznych oraz znikome



dowody na poprawę  $VO_2\max$  wskutek stosowania środków specjalnych beztlenowych – glikolitycznych, specyficznych dla piłki nożnej.

Sprzeczne z doniesieniami autorów na temat poprawy  $VO_2\max$  i  $VO_2\text{peak}$  wskutek środków treningowych zastosowanych także w niniejszym badaniu jest obniżenie maksymalnego poboru tlenu u wytrenowanych zawodników w wyniku zwiększonej liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem, mimo że wg nich zwiększony czas wysiłku fizycznego wykonywanego powyżej prędkości na progu beztlenowym (występującego średnio w 30% podczas meczów piłki nożnej na profesjonalnym poziomie rozgrywek) oraz wysiłek przerywany (interwałowy) o charakterze beztlenowym – glikolitycznym, tlenowo – beztlenowym i tlenowym, występujący również podczas meczów i zastosowany w treningach wyrównawczych, w których uczestniczyli badani, poprawiają  $VO_2\max$  lub  $VO_2\text{peak}$  oszacowane w teście progresywnym w sposób zbliżony do  $VO_2\max$ .

Regres ten można jednak wytłumaczyć zwiększoną liczbą rozegranych meczów o relatywnie niższej intensywności na amatorskim, czwartoligowym poziomie rozgrywkowym w stosunku do poziomu profesjonalnego oraz treningów wyrównawczych o zbliżonej intensywności.

Helgerud i wsp. (2001) wykazali wprost proporcjonalne zmiany maksymalnego poboru tlenu do prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych wskutek zastosowania środków ogólnych tlenowo – beztlenowych, a odzwierciedlającą je zdolność do wykonywania wysiłku fizycznego przez dłuższy czas przy tej samej względnej intensywności przypisali m. in. efektywnemu wykorzystaniu glikogenu i wytrenowaniu układu mięśniowego. Ponadto zasugerowali, że poprawa prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych następuje zwykle w wyniku poprawy  $VO_2\max$ , a trening wytrzymałościowy w piłce nożnej powinien być ukierunkowany bardziej na poprawę maksymalnego poboru tlenu niż kształtowanie prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych. Zaznaczyć jednak należy, że podmiotem badań Helgerud'a i wsp. (2001) byli norwescy juniorzy.

Stølen i wsp. (2005) zasugerowali z kolei, że trening zwiększający maksymalny pobór tlenu jest najlepszym sposobem na poprawę prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych.

W niniejszym badaniu nie zaobserwowano opisanych przez Helgerud'a i wsp. (2001) oraz Stølen'a i wsp. (2005) zmian w prędkości biegu w warunkach obu progów

metabolicznych wprost proporcjonalnych ze zmianami  $VO_{2max}$ , co jest bliższe wynikom badań Impellizzeri'ego i wsp. (2006), którzy zasugerowali, że submaksymalne wskaźniki wydolności tlenowej, takie jak próg przemian beztlenowych, mogą być bardziej wrażliwe na trening niż  $VO_{2max}$  w fizjologicznej ocenie wyników treningu aerobowego w piłce nożnej, szczególnie gdy „podstawa aerobowa” została ustanowiona. Znajduje to także potwierdzenie we wcześniejszych badaniach (Edwards i wsp. 2003). Impellizzeri i wsp. (2006) przypisali poprawie  $VO_{2max}$  głównie adaptacje układu sercowo-naczyniowego do transportu  $O_2$  do aktywnych mięśni, a poprawie prędkości w warunkach progu przemian beztlenowych - obwodową zdolność do wykorzystania  $O_2$  (w szczególności zwiększoną aktywność enzymów mitochondrialnych).

Być może wpływ na obniżenie maksymalnego poboru tlenu w cyklach treningowych u osób wytrenowanych i nieproporcjonalne zmiany prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych miało zastosowanie zbyt dużej objętości sumy środków beztlenowych – fosfagenowych ukierunkowanych i specyficznych dla piłki nożnej, częstotliwości środków specjalnych beztlenowych – fosfagenowych, sumy środków beztlenowych – glikolitycznych ukierunkowanych i specyficznych dla piłki nożnej, udziału procentowego środków ukierunkowanych beztlenowych – glikolitycznych, częstotliwości i udziału procentowego środków ogólnych beztlenowych – fosfagenowych i środków beztlenowych fosfagenowych razem.

Nieodpowiednio zastosowane proporcje powyższych środków w relacji do źle dobranej objętości środków ogólnych interwałowych o charakterze beztlenowym – glikolitycznym, środków interwałowych beztlenowych – glikolitycznych razem, sumy środków ukierunkowanych i specyficznych dla piłki nożnej, środków o charakterze tlenowym ściśle związanych z grą w piłkę nożną, środków o charakterze mocy i pojemności tlenowej, częstotliwości środków o charakterze mocy tlenowej, ukierunkowanych na grę w piłkę nożną lub udział w rozgrywkach na zbyt niskim poziomie rozgrywkowym w stosunku do poziomu wytrenowania mogły spowodować obniżenie  $VO_{2max}$  oraz brak proporcjonalnych zmian  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$ .

Ponieważ do poprawy wydolności tlenowej u wytrenowanych osób konieczne jest zastosowanie treningu o większej intensywności niż u słabo wytrenowanych (Sporis i wsp. 2008), możliwe jest także, że objętość wszystkich zastosowanych środków razem została nieodpowiednio zwiększona w stosunku do ich intensywności.

Istnieją również pewne dowody, że podczas długotrwałego programu treningowego  $VO_{2max}$  ostatecznie stabilizuje się, z późniejszą poprawą wydajności wynikającą z ciągłej poprawy submaksymalnych czynników, takich jak ekonomia pracy i próg przemian beztlenowych (Jones i Carter 2000). Wykazano także, że próg przemian beztlenowych może zmieniać się bez zmian  $VO_{2max}$ , a progi metaboliczne są bardziej czułymi wskaźnikami zmian wydolności tlenowej wywołanych treningiem (Edwards i wsp. 2003; Ziogas i wsp. 2011; Paraskevas i Hadjicharalambous 2018).

Dlatego brak poprawy maksymalnego poboru tlenu u wytrenowanych osób wskutek dalszego stosowania różnych środków i metod treningowych, zaobserwowany także przez Burdon'a (2000), Plato i wsp. (2008), a w konsekwencji jego regresja może wynikać z konieczności poprawy innej, korzystniejszej cechy fizjologicznej, adaptującej wytrenowany organizm do charakteru wykonywanego wysiłku fizycznego.

Jednoznaczne wyjaśnienie tego zagadnienia i określenie doboru optymalnych proporcji środków treningowych w celu jak najlepszego rozwoju maksymalnego poboru tlenu w cyklu treningowym wymaga dalszych badań.

#### **5.3.4. Zależność zmian tempa restytucji od zastosowanych środków treningowych**

W niniejszym badaniu jako kryterium tempa restytucji powysiłkowej zastosowano czas powrotu częstości skurczów serca do wartości obserwowanej na progu przemian tlenowych po zakończonym wysiłku. W literaturze podaje się, że normalizacja częstości skurczów serca po treningu – HRR (*ang. Heart Rate Recovery*), uzależniona od intensywności i czasu trwania wykonywanego wysiłku oraz zapotrzebowania metabolicznego podczas niego, związana jest z aktywnością nerwu błędnego, wchodzącego w skład autonomicznego układu nerwowego oraz relacją pomiędzy aktywnością przywspółczulnego i współczulnego układu nerwowego (Dellal i wsp. 2015; Del Rosso i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018).

Za wskaźniki obrazujące aktywność układu przywspółczulnego można uznać dynamikę restytucji w pierwszych 60 sekundach. Z kolei dynamikę restytucji w kolejnej fazie przypisuje się stopniowemu wycofywaniu układu współczulnego i usuwaniu metabolitów (Cataldo i wsp. 2014; Dellal i wsp. 2015; Del Rosso i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018).

W związku z dynamiką restytucji w pierwszych 60 sekundach po teście progresywnym, krótkimi okresami restytucji podczas gry w piłkę nożną oraz przesłankami fizjologicznymi dotyczącymi zasad restytucji, przyjęto że szybsza dynamika restytucji odzwierciedla dobre przygotowanie zawodników. Uznano w prezentowanych badaniach osoby uzyskujące częstość skurczów serca porównywalną z wartościami HR na progu przemian tlenowych po zakończonym wysiłku w ciągu minuty lub szybciej za wytrenowane, a osoby niespełniające tego kryterium za niewytrenowane. Zasadę taką przyjęto za (Spencer i wsp. 2005; Buchheit i wsp. 2012; Cataldo i wsp. 2014; Dellal i wsp. 2015; Chmura i wsp. 2017; Schneider i wsp. 2018; van de Vegte i wsp. 2018).

Zatem istotne zmiany parametru wejściowego REST [s] w przedziale 135-115 s o średniej wartości  $\Delta = -28,67 \pm 12,80$  s, wprost proporcjonalne do istotnych zmian, środków razem [min], czasu rozegranych meczów i treningów wyrównawczych razem [min], środków tlenowo - beztlenowych z piłką [min] oraz środków ogólnych beztlenowych - fosfagenowych [%] sugerują, że na poprawę dynamiki restytucji u osób niewytrenowanych ma wpływ zwiększenie objętości wszystkich środków razem, sumy czasu rozegranych meczów piłki nożnej i wykonanych treningów wyrównawczych oraz objętości środków związanych ze specyfiką treningu piłki nożnej i kształtujących jednocześnie moc tlenową, a także proporcji stosowanych środków kształtujących moc i pojemność fosfagenową.

Poprawę dynamiki restytucji wskutek zastosowania środków o charakterze mocy tlenowej zaobserwowali Lamberts i wsp. (2009) oraz Lamberts i wsp. (2010), a efektywność wykorzystanej przez nich metody treningowej została potwierdzona przez Stöggl'a i Björklund'a (2017). Zaznaczyć należy jednak, że badania Lamberts'a i wsp. (2009), Lamberts'a i wsp. (2010) oraz Stöggl'a i Björklund'a (2017) dotyczyły osób wytrenowanych, a proces treningowy bazował na wykorzystaniu środków ogólnych. Boulossa i wsp. (2013) opisali w swoich badaniach poprawę restytucji u wytrenowanych osób w pierwszych 20 sekundach po okresie ośmiodniowego stosowania środków specjalnych na przykładzie gier na małym boisku.

Carnethon i wsp. (2005), Buchheit i Gindre (2006), Schneider i wsp. (2018) natomiast, zaznaczyli w swoich badaniach, że na poprawę dynamiki restytucji ma wpływ zwiększenie ogólnej objętości treningowej zarówno u wytrenowanych sportowców, jak i w szerokiej populacji, co mogą potwierdzać także badania Hautala'a i wsp. (2006), Buchheit'a i wsp. (2008), Lamberts'a i wsp. (2009), Lamberts'a i wsp. (2010),

Boullosa'a i wsp. (2013) oraz Stöggl'a i Björklund'a (2017) wykazujące jej poprawę wskutek stosowania innych środków treningowych.

Poprawę tempa restytucji wskutek zwiększenia sumy czasu rozegranych meczów piłki nożnej i wykonanych treningów wyrównawczych u niewytrenowanych mężczyzn zdają się potwierdzać istotne zmiany parametru wyjściowego REST [s] w przedziale 125-115 s o średniej wartości  $\Delta = -29,40 \pm 14,17$  s, wprost proporcjonalne do istotnych zmian minut rozegranych meczów oraz liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut. Wskazuje to, że nie tylko dłuższy czas gry, ale także większa liczba rozegranych meczów nawet na niskim poziomie rozgrywek jest w stanie poprawić dynamikę restytucji u niewytrenowanych zawodników. Jest to tożsame z wcześniej opisanymi obserwacjami dotyczącymi rozwoju prędkości biegu w warunkach progu przemian beztlenowych u słabo wytrenowanych mężczyzn. Zjawisko poprawy dynamiki restytucji wynikać może jednak z przerywanego charakteru gry w piłkę nożną i zbliżonych intensywnością treningów wyrównawczych, jaki obserwujemy m. in. w środkach o charakterze interwałowym oraz środkach specjalnych (Buchheit i wsp. 2010b; Boullosa i wsp. 2013; Stöggl i Björklund 2017; Buchheit 2019a; Buchheit 2019b; Modric i wsp. 2020)

Jest to jednak sprzeczne z wynikami Buchheit'a i wsp. (2010), którzy nie znaleźli ani korelacji, ani wpływu czasu gry na dynamikę restytucji powysiłkowej. Zaznaczyć należy jednak, że badania Buchheit'a i wsp. (2010) dotyczą niepełnoletnich zawodników piłki nożnej o zróżnicowanym stopniu wytrenowania.

Dotychczas nie przeprowadzono badań potwierdzających jednoznacznie wpływu zastosowania środków związanych ze specyfiką treningu piłki nożnej, kształtujących jednocześnie moc tlenową, ani środków kształtujących moc i pojemność fosfagenową na poprawę dynamiki powrotu częstości skurczów serca. Na podstawie opisanych wcześniej przykładów poprawy tempa restytucji wskutek stosowanych, środków o charakterze mocy tlenowej, środków specjalnych oraz sumy rozgrywanych meczów i wykonanych treningów wyrównawczych można przypuszczać, że zastosowanie środków związanych ze specyfiką treningu piłki nożnej, kształtujących jednocześnie moc tlenową również przyczyni się do jej progresji. Podobnie, doniesienia Otsuki'ego i wsp. (2007) o analogicznej progresji dynamiki restytucji u oszczepników, uczestniczących w programie treningowym, składającym się z ćwiczeń o charakterze siłowym, plyometrycznym, sprinterskim, a także rzutów oszczepem, jak u biegaczy długodystansowych, wykonujących treningi o charakterze wytrzymałościowym sugerują, że trening o charakterze fosfagenowym przyczyni się

do poprawy tempa powrotu częstości skurczów serca w podobnym stopniu jak trening o charakterze tlenowym, mimo postadaptacyjnych różnic w morfologii lewej komory serca. Choć skuteczność zastosowania środków o charakterze pojemności tlenowej na poprawę dynamiki restytucji zaobserwowali Buchheit i Gindre (2006) oraz Hautala i wsp. (2006) u osób niewytrenowanych, brak jest wystarczających dowodów na potwierdzenie przypuszczeń o progresji dynamiki restytucji wskutek zastosowania środków o charakterze fosfagenowym.

Lamberts i wsp. (2010) wykazali poprawę tempa restytucji u zawodników o niższym poziomie wytrenowania w grupie dobrze wytrenowanych kolarzy wskutek zastosowania środków ogólnych o charakterze tlenowo - beztlenowym. Z kolei brak poprawy dynamiki restytucji u lepiej wytrenowanych zawodników w tej samej grupie badanej, autorzy próbowali wytłumaczyć zbyt dużym zindywidualizowanym obciążeniem treningowym, które stało się nie do zniesienia przy kumulującym się zmęczeniu.

Powyższe przykłady zdają się potwierdzać przypuszczenia dotyczące obserwacji zmian prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych i  $VO_2max$  w niniejszej pracy, które wskazują że zawodnicy lepiej wytrenowani nie poprawiają swojej wydolności w wyniku stosowania różnych środków treningowych, w takim samym stopniu jak słabiej wytrenowani, a wydolność fizyczna słabo wytrenowanych poprawia się wskutek zwiększonej objętości treningowej.

Jest to spójne z obserwacjami Vesterinen'a i wsp. (2016a), którzy zauważyli, że poszczególne osoby różnie dostosowują się do obciążenia treningowego. Sportowcy charakteryzujący się największym poziomem wydolności krążeniowo-oddechowej, wykonują zazwyczaj największe obciążenia treningowe, a trenujący mniej są mniej sprawni fizycznie (Du i wsp. 2005; Buchheit i Gindre 2006). Przyspieszona dynamika restytucji u osób lepiej wytrenowanych sugeruje, że tempo restytucji powysiłkowej jest markerem zmian kontroli autonomicznej wywołanych treningiem (Du i wsp. 2005; Ostojic i wsp. 2010; Cataldo i wsp. 2014).

Trening fizyczny zwiększa napięcie nerwu błędnego i przyspiesza regenerację częstości skurczów serca po wysiłku, ale dynamika restytucji po wysiłku zależy od kilku czynników, m. in. intensywności ćwiczeń, wydolności krążeniowo-oddechowej, modulacji autonomicznego układu nerwowego, zmian hormonalnych i czułości baroreceptorów (Du i wsp. 2005; Otsuki i wsp. 2007; Cataldo i wsp. 2014). Chociaż różne stopnie intensywności ćwiczeń skutkują innym przebiegiem restytucji, zmiany markerów

częstości skurczów serca mogą wystąpić dopiero po wielu tygodniach treningu (Du i wsp. 2005; Buchheit i wsp. 2010b; Cataldo i wsp. 2014; van de Vegte i wsp. 2018).

Buchheit i Gindre (2006) sugerują, że wpływ sprawności fizycznej i obciążenia treningowego na funkcje autonomiczne jest często mylony i zakładają, że jakikolwiek związek sprawności fizycznej z dynamiką restytucji należy przypisać bardziej adaptacjom wywołanym treningiem, które towarzyszą poprawie wydolności krążeniowo-oddechowej, niż samemu  $VO_2\max$  lub czynnikom uwarunkowanym genetycznie. Stwierdzają również, że adaptacje sercowo-naczyniowe i mięśniowe (zwiększony przepływ krwi w mięśniach, któremu towarzyszy podwyższony rzut serca i zwiększona kapilarizacja tkanki mięśniowej, zmiany w równowadze między akceleracją współczulno-nadnerczową, a zwalnianiem pod wpływem działania nerwu błędnego i zmiany proporcji udziału substratów energetycznych) towarzyszące zwykle treningowi fizycznemu rozwijają skuteczność regulacji metabolicznej, a tym samym pomagają w poprawie tempa powrotu częstości skurczów serca, co zdają się potwierdzać późniejsze badania Barak'a i wsp. (2011). Ponadto wg Schneider'a i wsp. (2018) trening wywołuje różnorodne reakcje i adaptacje na różnych poziomach (np. sercowo-naczyniowym, hormonalnym, nerwowo-mięśniowym, psychologicznym), z których każdy może skutkować zmianami w sprawności lub zmęczeniu, oddzielnie lub w połączeniu, także mało prawdopodobne, aby jakikolwiek pojedynczy marker mógł dokładnie pokazać wielowymiarowe zmiany wydajności lub zmęczenia. Schneider i wsp. (2018) podkreślają, że zmiany aktywności statusu autonomicznego układu nerwowego nie są bezpośrednio odzwierciedlane w zmianach miar częstości skurczów serca takich jak czas jego powrotu do wartości na progu przemian tlenowych po zakończonym wysiłku. Ponadto nie można zakładać bezpośrednich powiązań ponieważ, kluczowy jest kontekst procesu treningowego, któremu poddawany jest zawodnik, a najważniejsze informacje dotyczące kontekstualizacji m.in. dynamiki powrotu częstości skurczów serca do wartości na progu przemian tlenowych obejmują fazę treningu, obciążenie treningowe i rozkład intensywności.

Jednoznaczne potwierdzenie zmiany tempa restytucji u słabo wytrenowanych mężczyzn pod wpływem zastosowanych środków treningowych w badaniach własnych jest ograniczone przez znikome informacje w dostępnym piśmiennictwie na temat jego poprawy wskutek stosowania środków o charakterze mocy tlenowej u osób słabo wytrenowanych. Brak jest również doniesień naukowych na temat wpływu skutecznego zastosowania środków specjalnych tlenowo – beztlenowych, a także środków kształtujących

moc i pojemność fosfagenową na dynamikę powrotu częstości skurczów serca. Tym samym wpływ obciążenia treningowego na dynamikę restytucji u piłkarzy nożnych wymaga dalszych badań, na co zwrócił uwagę także Buchheit (2014).



## 6. Podsumowanie

Trening piłkarzy nożnych ma na celu poprawę cech technicznych, taktycznych, psychologicznych i fizycznych. (Dupont i wsp. 2004)

Adaptacje występujące u sportowców są generalnie związane ze zmiennymi bodźcami treningowymi stosowanymi podczas różnych cykli treningowych, a odpowiednia dawka treningowa na poziomie indywidualnym może pozwolić na optymalną poprawę sprawności i wydajności. (Buchheit 2014; Holfelder i wsp. 2016; Silva i wsp. 2016). Nadrzędnym celem w sporcie wyczynowym jest takie zaprojektowanie treningu, aby indywidualne, maksymalne wyniki mogły być wywoływane w kulminacyjnym momencie zawodów bez zbytniego ryzyka negatywnych korekt treningowych w procesie treningowym (Holfelder i wsp. 2016).

Aby obciążenie treningowe i zawartość treningu można było dostosować i zindywidualizować zarówno w trakcie, jak i pomiędzy cyklami treningowymi, niezwykle ważne jest monitorowanie zmęczenia, sprawności i/lub reakcji sportowców na różne fazy treningu (Buchheit 2014).

Ponieważ kluczowym elementem przy projektowaniu dowolnego procesu treningowego jest specyficzność, aby poprawić konkretną składową sprawności fizycznej, program treningowy musi stymulować systemy fizjologiczne wykorzystywane do wykonywania określonej czynności w celu osiągnięcia określonych adaptacji związanych z treningiem (Sheykhlovand i wsp. 2016; Ortiz i wsp. 2018).

Niniejsze badania nie dały jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, od których czynników zależne są prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych, ani od których czynników zależne są inne parametry określające ogólny poziom wydolności fizycznej. Nadal nieznany jest także sposób na ich rozwój w cyklu treningowym u zawodników o zróżnicowanym poziomie wytrenowania. Nie ma również porozumienia co do tego, która koncepcja szkolenia, tj. które połączenie intensywności treningu, czasu jego trwania i częstotliwości treningów prowadzi do najlepszego rozwoju w poszczególnych dyscyplinach sportu (Holfelder i wsp. 2016). Wskazówką może być dobór środków treningowych opisanych w tym opracowaniu w proporcjach dostosowanych do indywidualnych potrzeb zawodnika.

Podsumowane wyniki dotyczą tylko wąskiej grupy badanych o niskim lub wysokim poziomie wydolności i ze względu na brak wykazanych istotnych zależności

nie dotyczą większości uczestników eksperymentu. Nie dokonano także podziału zawodników wg pozycji na boisku, jak w przypadku badań innych autorów (Andrzejewski i wsp. 2016; Schwesig i wsp. 2019; Altmann i wsp. 2020; Modric i wsp. 2020; Metaxas 2021; Modric i wsp. 2021).

Dotychczas opisany został efekt oddziaływania prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych (Castagna i wsp. 2011; da Silva i wsp. 2011; Aslan i wsp. 2012; Modric i wsp. 2021) oraz maksymalnego i szczytowego poboru tlenu (Dupont i wsp. 2004; Ziogas i wsp. 2011; Aslan i wsp. 2012; Doncaster i wsp. 2018; Aquino i wsp. 2020; Modric i wsp. 2021) na wydajność podczas gry w piłkę nożną. Natomiast, nie potwierdzono poprawy parametrów kinematycznych podczas gry w piłkę nożną wskutek zwiększonego tempa restytucji (Rave i wsp. 2018; de Araújo i wsp. 2019). Da Silva i wsp. (2011), Ziogas i wsp. (2011), Modric i wsp. (2020) zaznaczają przy tym, że prędkości w warunkach progów metabolicznych są lepszym predyktorem wydajności gry w piłkę nożną niż maksymalny pobór tlenu.

Ponadto Dupont i wsp. (2004), Ziogas i wsp. (2011), Aslan i wsp. (2012), Modric i wsp. (2021) poddają pod wątpliwość zależność efektywnego wykonywania działań techniczno – taktycznych, dystansu pokonanego w różnych strefach intensywności oraz całkowitego dystansu pokonanego podczas meczu piłki nożnej od osiąganego przez zawodników pułapu tlenowego, a Dupont i wsp. (2004), Aslan i wsp. (2012), Modric i wsp. (2020), Modric i wsp. (2021) także od osiągniętych przez zawodników prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych. Przy czym Modric i wsp. (2020), Modric i wsp. (2021) zwracają uwagę na konieczność uwzględnienia pozycji zawodników na boisku podczas oceny ich wydolności na podstawie prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych.

Należy jednak zaznaczyć, że badania Aslan'a i wsp. (2012), Modric'a i wsp. (2020, 2021), Metaxas'a (2021) dotyczyły wąskiej grupy tureckich juniorów, drugoligowych greckich piłkarzy i profesjonalnych piłkarzy chorwackich.

W związku z powyższymi informacjami konieczne jest nie tylko przeprowadzenie dalszych badań dotyczących sposobu rozwoju wyżej wymienionych parametrów fizjologicznych w cyklu treningowym u zawodników o zróżnicowanym poziomie wytrenowania, ale także mających na celu ustalenie istotności ich rozwoju u zawodników trenujących piłkę nożną.

Powyższe aspekty powinny być uwzględnione przez naukowców oraz trenerów przy planowaniu badań oraz procesu treningowego.

## **7. Wnioski**

1. Wyjściowy poziom wytrenowania zawodników lepiej determinuje rodzaj środków prowokujących poprawę parametrów wydolnościowych niż z góry narzucone środki w cyklu treningowym.
2. Wskutek stosowania różnych środków treningowych możliwa jest zarówno istotna poprawa prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych, jak i ich pogorszenie.
3. Ze względu na nieproporcjonalne zmiany prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych, maksymalnego poboru tlenu, tempa restytucji oraz maksymalnej wentylacji minutowej płuc w półrocznych cyklach treningowych niemożliwe jest jednoznaczne stwierdzenie efektu zastosowania jednego lub kilku środków treningowych na zmiany poszczególnych parametrów u zawodników o różnym poziomie wydolności.
4. Konieczne jest przeprowadzanie regularnych badań wydolnościowych oraz stałego monitorowania aktywności fizycznej zawodników i zmian parametrów wydolnościowych w celu optymalizacji i indywidualizacji obciążeń treningowych.
5. Wydolność fizyczna słabo wytrenowanych zawodników poprawia się wskutek zwiększonej objętości treningowej.
6. Zawodnicy lepiej wytrenowani nie poprawiają wydolności fizycznej wskutek stosowania różnych środków treningowych w takim samym stopniu jak słabiej wytrenowani.

## 8. Piśmiennictwo

1. Adamczyk J. G., Sozański H. (2014). Trening wszechstronny jako podstawa prawidłowego rozwoju młodych lekkoatletów. *Magazyn Lekkoatletyczny*, 1(1-2), 1-7.
2. Ademović A., Čolakhodžić E., Talović M., Kajmović H. (2012). Top footballer model based on indicators of situational efficiency in the Round of 16 at the 2010 FIFA World Cup. *Homo Sporticus*, 14(2), 33-40.
3. Altmann S., Neumann R., Woll A., Härtel S. (2020). Endurance capacities in professional soccer players: are performance profiles position specific? *Frontiers in Sports and Active Living*, 2.
4. Andersen, T. R., Schmidt, J. F., Nielsen, J. J., Randers, M. B., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Adersen L.L., Suetta C., Aagaard P., Bangsbo J., Krstrup P. (2014). Effect of football or strength training on functional ability and physical performance in untrained old men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, 76-85.
5. Andrzejewski M., Chmura J., Pluta B., Kasprzak A. (2012). Analysis of motor activities of professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1481-1488.
6. Andrzejewski M., Chmura J., Pluta B., Strzelczyk R., Kasprzak A. (2013). Analysis of sprinting activities of professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2134-2140.
7. Andrzejewski M., Chmura P., Konefał M., Kowalczyk E., Chmura J. (2017). Match outcome and sprinting activities in match play by elite German soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 785-792.
8. Andrzejewski M., Konefał M., Chmura P., Kowalczyk E., Chmura J. (2016). Match outcome and distances covered at various speeds in match play by elite German soccer players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 817-828.
9. Aquino R., Carling C., Maia J., Vieira L. H. P., Wilson R. S., Smith N., Almeida R., Gonçalves L. G. C., Kalva-Filho C. A., Garganta J., Puggina E. F. (2020). Relationships between running demands in soccer match-play, anthropometric,

- and physical fitness characteristics: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(3), 534-555.
10. Aslan A., Acikada C., Güvenç A., Gören H., Hazir T., Özkara A. (2012). Metabolic demands of match performance in young soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(1), 170.
  11. Baiget E., Fernandez-Fernandez J., Iglesias X., Rodríguez F. A. (2015). Tennis play intensity distribution and relation with aerobic fitness in competitive players. *PLOS One*, 10(6), e0131304.
  12. Bangsbo J., Nielsen J. J., Mohr M., Randers M. B., Krstrup B. R., Brito J., Nybo L., Krstrup, P. (2010). Performance enhancements and muscular adaptations of a 16-week recreational football intervention for untrained women. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20, 24-30.
  13. Barak O. F., Ovcin Z. B., Jakovljevic D. G., Lozanov-Crvenkovic Z., Brodie D. A., Grujic N. G. (2011). Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(2), 369.
  14. Berdejo del Fresno D., Moore R., Laupheimer M. W. (2015).  $VO_2$ max changes in English futsal players after a 6-week period of specific small-sided games training. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 3(2), 28-34.
  15. Baumgart C., Hoppe M. W., Freiwald, J. (2014). Different endurance characteristics of female and male german soccer players. *Biology of Sport*, 31(3), 227.
  16. Beltz N.M., Gibson A.L., Janot J.M., Kravitz L., Mermier C.M., Dalleck L.C. (2016). Graded exercise testing protocols for the determination of  $VO_2$ max: historical perspectives, progress, and future considerations. *Journal of Sports Medicine*, 2016, 1-12
  17. Berryman N., Maurel D., Bosquet L. (2010). Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1818-1825.
  18. Binder R. K., Wonisch M., Corra U., Cohen-Solal A., Vanhees L., Saner H. Schmid, J. P. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15(6), 726-734.

19. Bishop D.J., Girard O. (2013). Determinants of team - sport performance: implications for altitude training by team - sport athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 47(Supplement 1), i17-i21.
20. Boas E.P. (1931). The heart rate of boys during and after exhausting exercise. *Journal of Clinical Investigation*, 10(1): 145-152
21. Boone J., Vaeyens R., Steyaert A., Bossche L.V., Bourgois J. (2012). Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2051-2057.
22. Borg G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics. Champaign, Illinois, USA.
23. Bosquet L., Léger L., Legros P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine*, 32(11), 675-700.
24. Boullosa D. A., Abreu L., Nakamura F. Y., Muñoz V. E., Domínguez E., Leicht A. S. (2013). Cardiac autonomic adaptations in elite Spanish soccer players during preseason. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(4), 400-409.
25. Broeder C. E., Burrhus K. A., Svanevik L. S., Wilmore J. H. (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55(4), 802-810.
26. Broich, H., Sperlich, B., Buitrago, S., Mathes, S., & Mester, J. (2012). Performance assessment in elite football players: field level test versus spiroergometry. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(1), 287-295
27. Buchheit M., Chivot A., Parouty J., Mercier D., Al Haddad H., Laursen P. B., Ahmaidi S. (2010a). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1153-1167.
28. Buchheit M., Gindre C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H451-H458.
29. Buchheit M., Laursen P. B. (2013a). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313- 338.

30. Buchheit, M., Laursen, P. B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(5), 927-954.
31. Buchheit M. (2019a). Managing high-speed running load in professional soccer players: The benefit of high-intensity interval training supplementation. *Sport Performance and Science Reports*, 53, 1-5.
32. Buchheit M., Mendez-Villanueva A., Quod M. J., Poulos N., Bourdon P. (2010b). Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 109(5), 869-878.
33. Buchheit M., Millet G. P., Parisy A., Pourchez S., Laursen P. B., Ahmaidi S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 362-371.
34. Buchheit M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in Physiology*, 5, 73.
35. Buchheit M. (2019b). Programming high-speed running and mechanical work in relation to technical contents and match schedule in professional soccer. *Sport Performance and Science Reports*, 64(1).
36. Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 711-723.
37. Buchheit M. (2008). The 30 - 15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365-374.
38. Buono M.J., Clancy T.R., Cook J.R. (1984). Blood lactate and ammonium ion accumulation during graded exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 57(1), 135-139.
39. Carnethon M. R., Jacobs Jr D. R., Sidney S., Sternfeld B., Gidding S. S., Shoushtari C., Liu K. (2005). A longitudinal study of physical activity and heart rate recovery: CARDIA, 1987-1993. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(4), 606-612.
40. Carter H., Jones A. M., Doust J. H. (1999). Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *Journal of Sports Sciences*, 17(12), 957-967.



41. Casajús J.A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(4), 463-469.
42. Castagna C., Impellizzeri F. M., Chaouachi A., Bordon C., Manzi V. (2011). Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 66-71.
43. Castagna C., Impellizzeri F. M., Chaouachi A., Manzi V. (2013). Preseason variations in aerobic fitness and performance in elite-standard soccer players: a team study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 2959-2965.
44. Cataldo A., Cerasola D., Zangla D., Russo G., Sahin F. N., Traina M. (2014). Assessment of autonomic function as marker of training status: the role of heart rate recovery after exercise. *European Journal of Sport Science*, 2(1), 89-97.
45. Cetolin T., Teixeira A. S., Netto A. S., Hauptenthal A., Nakamura F. Y., Guglielmo L. G. A., da Silva J. F. (2018). Training loads and RSA and aerobic performance changes during the preseason in youth soccer squads. *Journal of Human Kinetics*, 65(1), 235-248.
46. Chmura P, Konefał M, Kowalczyk E, Andrzejewski M, Rokita A, Chmura J. (2015). Distances covered above and below the anaerobic threshold by professional football players in different competitive conditions. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 10(2): 25-31.
47. Chmura P., Andrzejewski M., Konefał M., Mroczek D., Rokita A., Chmura, J. (2017). Analysis of motor activities of professional soccer players during the 2014 World Cup in Brazil. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 187-195.
48. Chmura P., Konefał M., Chmura J., Kowalczyk E., Zając T., Rokita A., Andrzejewski M. (2018). Match outcome and running performance in different intensity ranges among elite soccer players. *Biology of Sport*, 35(2), 197.
49. Clemente F. M., Clark C., Castillo D., Sarmiento H., Nikolaidis P. T., Rosemann T., Knechtle B. (2019). Variations of training load, monotony, and strain and dose-response relationships with maximal aerobic speed, maximal oxygen uptake, and isokinetic strength in professional soccer players. *PLOS One*, 14(12), e0225522.
50. Clemente F. M., Couceiro M. S., Martins F. M. L., Ivanova M. O., Mendes R. (2013). Activity profiles of soccer players during the 2010 world cup. *Journal of Human Kinetics*, 38, 201.

51. Cole C.R., Blackstone E.H., Pashkow F.J., Snader C.E., Lauer M.S. (1999). Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *New England Journal of Medicine*, 341:1351-57.
52. Colosio A. L., Lievens M., Pogliaghi S., Bourgois J. G., Boone J. (2020). Heart rate-index estimates aerobic metabolism in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(12), 1208-1214.
53. Condessa L. A., Cabido C. E. T., Lima A. M., Coelho D. B., Rodrigues V. M., Chagas M. H., Garcia E. S. (2015). Analysis and comparison of intensity in specific soccer training sessions. *Motriz: Revista de Educação Física*, 21(1), 54-60.
54. Cottin F., Médigue C., Lopes P., Leprêtre P. M., Heubert R., Billat V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *International Journal of Sports Medicine*, 28(04), 287-294.
55. Cunha G. D. S., Lopes A. L., Geremia J. M., Leites G. T., Baroni B. M., Voser R. D. C., Vaz M. A., Reischak-Oliveira Á. (2016). Aerobic fitness profile of youth soccer players: effects of chronological age and playing position. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 18(6), 700-712.
56. Czaprowski D., Kotwicki T., Kowalski I. M. (2009). Wydolność fizyczna i adaptacja wysiłkowa dziewcząt z bocznymi idiopatycznymi skrzywieniami kręgosłupa. *Postępy Rehabilitacji*, 1, 29-33.
57. da Silva J. F., Dittrich N., Guglielmo L. G. A. (2011). Aerobic evaluation in soccer. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 13(5), 384-391.
58. de Araújo M. C., Baumgart C., Freiwald J., Hoppe M. W. (2019). Contrasts in intermittent endurance performance and heart rate response between female and male soccer players of different playing levels. *Biology of Sport*, 36(4), 323.
59. Dellal A., Casamichana D., Castellano J., Haddad M., Moalla W., Chamari K. (2015). Cardiac parasympathetic reactivation in elite soccer players during different types of traditional high-intensity training exercise modes and specific tests: interests and limits. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(4).
60. Dellal A., Chamari K., Pintus A., Girard O., Cotte T., Keller D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1449-1457.

61. Dellal A., Jannault R., Lopez-Segovia M., Pialoux V. (2011). Influence of the numbers of players in the heart rate responses of youth soccer players within 2 vs. 2, 3 vs. 3 and 4 vs. 4 small-sided games. *Journal of Human Kinetics*, 28(1), 107-114.
62. Del Rosso S., Nakamura F. Y., Boullosa D. A. (2017). Heart rate recovery after aerobic and anaerobic tests: is there an influence of anaerobic speed reserve?. *Journal of Sports Sciences*, 35(9), 820-827.
63. de Sousa M. V., Fukui R., Krstrup P., Pereira R. M. R., Silva P. R. S., Rodrigues A. C., de Andre J. L., Hernandez A. J., da Silva M. R. (2014). Positive effects of football on fitness, lipid profile, and insulin resistance in Brazilian patients with type 2 diabetes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24, 57-65.
64. Di Michele R., Di Renzo A. M., Ammazalorso S., Merni F. (2009). Comparison of physiological responses to an incremental running test on treadmill, natural grass, and synthetic turf in young soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 939-945.
65. Di Paco A., Catapano G. A., Vagheggini G., Mazzoleni S., Micheli M. L., Ambrosino N. (2014). Ventilatory response to exercise of elite soccer players. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 9(1), 1-5.
66. Di Paco A., Dubé B.P., Laveneziana, P. (2017). Changes in ventilatory response to exercise in trained athletes: respiratory physiological benefits beyond cardiovascular performance. *Archivos de Bronconeumologia (English Edition)*, 53(5), 237-244.
67. Di Salvo V., Baron R., Tschan H., Montero F.C., Bachl N., Pigozzi F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*. 28(03), 222-227.
68. Di Salvo V., Benito P.J., Calderon F.J., Di Salvo M., Pigozzi F. (2008). Activity profile of elite goalkeepers during football match-play. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 443.
69. Doncaster G., Iga J., Unnithan V. (2018). Influence of Cardio-Respiratory Fitness on Physical Performance in Elite Youth Soccer. *Journal of Physical Fitness, Medicine and Treatment in Sports*, 4(5), 1-8.
70. Du N., Bai S., Oguri K., Kato Y., Matsumoto I., Kawase H., Matsuoka T. (2005). Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30-40 year old female marathon runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4:9-17

71. 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.
72. Dunbar J. M. G., Treasure D. C. (2005). An analysis of fitness profiles as a function of playing position and playing level in three English Premier League soccer clubs. [W:] T. Reilly, J. Cabri, D. Araújo. *Science and football VI: the proceedings of the Sixth World Congress on Science and Football*. Routledge, Nowy Jork, 160-164.
73. Dupont G., Akakpo K., Berthoin S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 584-589.
74. Eastwood P. R., Hillman D. R., Finucane K. E. (2001). Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology*, 6(2), 95-104.
75. Edwards A. M., Clark N., Macfadyen A. M. (2003). Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2(1), 23.
76. Eisenman P. A., Golding L. A. (1975). Comparison of effects of training on VO<sub>2</sub>max in girls and young women. *Medicine and Science in Sports*, 7(2), 136-138.
77. Falk B., Dotan R. (2019). Measurement and interpretation of maximal aerobic power in children. *Pediatric Exercise Science*, 31(2), 144-51.
78. Ferrari Bravo D., Impellizzeri F. M., Rampinini E., Castagna C., Bishop D., Wisloff U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(08), 668-674.
79. Fox E. L. (1973). A simple, accurate technique for predicting maximal aerobic power. *Journal of Applied Physiology*, 35(6), 914-916.
80. Fox S.M., Naughton J.P., Haskell W.L. (1971). Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Annals of Clinical Research*, 3(6), 404-432.
81. Frisancho A. R. (1993). *Human adaptation and accommodation*. University of Michigan Press. Ann Arbor, 4.

82. Gharbi Z., Dardouri W., Haj-Sassi R., Chamari K., Souissi, N. (2015). Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of Sport*, 32(3), 207.
83. Haddock C. K., Poston W. S., Heinrich K. M., Jahnke S. A., Jitnarin N. (2016). The benefits of high-intensity functional training fitness programs for military personnel. *Military Medicine*, 181(11), 508-514.
84. Halouani J., Chtourou H., Gabbett T., Chaouachi A., Chamari K. (2014). Small-sided games in team sports training: a brief review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3594-3618.
85. Harper D. J., Carling C., Kiely J. (2019). High-intensity acceleration and deceleration demands in elite team sports competitive match play: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Sports Medicine*, 49(12), 1923-1947.
86. Hautala A. J., Rankinen T., Kiviniemi A. M., Makikallio T. H., Huikuri H. V., Bouchard C., Tulppo M. P. (2006). Heart rate recovery after maximal exercise is associated with acetylcholine receptor M2 (CHRM2) gene polymorphism. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H459-H466.
87. Haykowsky M., McGavock J., Vonder Muhll I., Koller M., Mandic S., Welsh R., Taylor D. (2005). Effect of exercise training on peak aerobic power, left ventricular morphology, and muscle strength in healthy older women. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(3), 307-311.
88. Hazir T. (2010). Physical characteristics and somatotype of soccer players according to playing level and position. *Journal of Human Kinetics*, 26, 83-95.
89. Helgerud J., Engen L.C., Wisløff U., Hoff J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931.
90. Helgerud J., Rodas G., Kemi O. J., Hoff J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9), 677.
91. Hoff J., Wisløff U., Engen L. C., Kemi O. J., Helgerud J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221.
92. Holfelder B., Schauerhammer S., Bubeck D., Brack R., Brown N. (2016). Polarized Training: eine systematische Übersichtsarbeit. *Swiss Sports and Exercise Medicine*, 64(2), 44-50.

93. Hoppe M. W., Baumgart C., Sperlich B., Ibrahim H., Jansen C., Willis S. J., Freiwald J. (2013). Comparison between three different endurance tests in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 31-37.
94. Howald H., Hoppeler H., Claassen H., Mathieu O., Straub R. (1985). Influences of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, 403(4), 369-37.
95. Iaia F. M., Rampinini E., Bangsbo J. (2009). High-Intensity Training in Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 291-306. 10.1123/ijsp.4.3.291.
96. Impellizzeri F. M., Marcora S. M., Castagna C., Reilly T., Sassi A., Iaia F. M., Rampinini E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(06), 483-492.
97. Ionică C. (2013). Aspects regarding the role and the importance of physical preparation in the modern football game. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 5(10), 61-65.
98. Jastrzębski Z. K., Jaskulska E. M., Bichowska M., Radziński Ł., Barnat W., Marcinkiewicz M. (2012). Poziom obciążeń treningowych piłkarzy nożnych młodzików w rocznym cyklu szkolenia. [W:] Z. Jastrzębski (red.). *Teoria i praktyka wychowania fizycznego i sportu. Badania Naukowe Wyższej Szkoły Sportowej w Łodzi*, Łódź, 2 (2), 82-100.
99. Jastrzebski Z., Rompa P., Szutowicz M., Radziński L. (2013). Effects of applied training loads on the aerobic capacity of young soccer players during a soccer season. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 916-923.
100. Jemni M., Prince M. S., Baker J. S. (2018). Assessing cardiorespiratory fitness of soccer players: is test specificity the issue? – A review. *Sports Medicine - Open*, 4(1), 1-18.
101. Jones A. M., Carter H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386.

102. Kalapotharakos V. I., Ziogas G., Tokmakidis S. P. (2011). Seasonal aerobic performance variations in elite soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1502-1507.
103. Kaynak K., Eryilmaz S. K., Aydoğan S., Mihailov D. (2017). The effects of 20-m repeated sprint training on aerobic capacity in college volleyball players. *Biomedical Human Kinetics*, 9(1), 43-50.
104. Klonowicz S. (1970). *Metody badań fizjologicznych w zakładzie przemysłowym*. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich.
105. Konefał M., Andrzejewski M., Chmura P., Zacharko M., Radzimiński Ł. (2021). Physical activity of the right-and left-footed professional soccer players from symmetrical defensive positions. *Symmetry*, 13(9), 1551.
106. Konefał M., Chmura P., Tessitore A., Melcer T., Kowalczyk E., Chmura J., Andrzejewski M. (2020a). The impact of match location and players' physical and technical activities on winning in the German Bundesliga. *Frontiers in Psychology*, 11.
107. Konefał M., Chmura P., Zacharko M., Baranowski J., Andrzejewski M., Błażejczyk K., Chmura J. (2020b). The influence of thermal stress on the physical and technical activities of soccer players: lessons from the 2018 FIFA World Cup in Russia. *International Journal of Biometeorology*, 1-8.
108. Konefał M., Chmura P., Rybka K., Chmura J., Huzarski M., Andrzejewski M. (2019a). What frequency of technical activity is needed to improve results? New approach to analysis of match status in professional soccer. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2233-2244.
109. Konefał M., Chmura P., Zając T., Chmura J., Kowalczyk E., Andrzejewski M. (2019b). A new approach to the analysis of pitch-positions in professional soccer. *Journal of Human Kinetics*, 66, 143-153.
110. Konefał, M., Chmura, P., Zając, T., Chmura, J., Kowalczyk, E., Andrzejewski, M. (2019c). Evolution of technical activity in various playing positions, in relation to match outcomes in professional soccer. *Biology of Sport*, 36(2), 181-189.
111. Krstrup, P., Nielsen, J. J., Krstrup, B. R., Christensen, J. F., Pedersen, H., Randers, M. B., Aagaard P., Petersen A-M., Nybo L., Bangsbo, J. (2009). Recreational soccer is an effective health-promoting activity for untrained men. *British journal of sports medicine*, 43(11), 825-831.

112. Lamberts R. P., Swart J., Capostagno B., Noakes T. D., Lambert M. I. (2010). Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(3), 449-457.
113. Lamberts R.P., Swart J., Noakes T.D., Lambert M.I. (2009). Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 105:705–713.
114. Laursen, P. B., Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
115. Levine B.D. (2008). VO<sub>2</sub>max: what do we know, and what do we still need to know? *J Physiol*, 586 (1), 25–34, doi: 10.1113/jphysiol.2007.147629
116. Lipińska, P., A. Szwarc. (2016). Laboratory tests and game performance of young soccer players. *Trends in Sport Sciences*, 23.1.
117. Lortie G., Simoneau J. A., Hamel P., Boulay M. R., Landry F., Bouchard C. (1984). Responses of maximal aerobic power and capacity to aerobic training. *International Journal of Sports Medicine*, 5(5), 232-236.
118. MacDougall D., MacDougall J. D., Sale D. (2014). *The physiology of training for high performance*. Oxford University Press, Oxford.
119. Magiera A., Janczak Z., Niemierzycka A., Cabak A., Zdrodowska A. (2006). Ocena progu przemian beztlenowych w warunkach laboratoryjnych - porównanie metod. *Medycyna Sportowa*, 22(5), 262-266.
120. Manzi V., Impellizzeri F., Castagna C. (2014). Aerobic fitness ecological validity in elite soccer players: a metabolic power approach. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 914-919.
121. Manzi V., Iellamo F., Impellizzeri F., D’ottavio S., Castagna C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(11), 2090-2096.
122. Massini D. A., Caritá R. A., Siqueira L. O. D. C., Simionato A. R., Denadai B. S., Pessôa Filho D. M. (2018). Assessment of critical velocity in track and treadmill: physiological profiles and relationship with 3000-meter performance. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 20(5), 432-444.



123. McMillan K., Helgerud J., Grant S. J., Newell J., Wilson J., Macdonald R., Hoff J. (2005). Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *British Journal of Sports Medicine*, 39(7), 432-436.
124. Metaxas T. I. (2021). Match running performance of elite soccer players: VO<sub>2</sub>max and players position influences. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(1), 162-168.
125. Meyer T., Lucia A., Earnest C.P., Kindermann W. (2005). A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters—theory and application. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (Supplement 1): 38–48.
126. Michaelides M. A., Parpa K. M., Zacharia A. I. (2021). Effects of an 8-week pre-seasonal training on the aerobic fitness of professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 35(10), 2783-2789.
127. Miller J. R., Van Hooren B., Bishop C., Buckley J. D., Willy R. W., Fuller J. T. (2019). A systematic review and meta-analysis of crossover studies comparing physiological, perceptual and performance measures between treadmill and overground running. *Sports Medicine*, 49(5), 763-782.
128. Millet G., Jaouen B., Borrani F., Candau R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351-1359.
129. Modric T., Versic S., Sekulic D. (2020). Aerobic fitness and game performance indicators in professional football players; playing position specifics and associations. *Heliyon*, 6(11), e05427.
130. Modric, T., Versic, S., & Sekulic, D. (2021). Does aerobic performance define match running performance among professional soccer players? A position-specific analysis. *Research in Sports Medicine*, 29(4), 336-348.
131. Mooses M., Tippin B., Mooses K., Durussel J., Mäestu J. (2015). Better economy in field running than on the treadmill: evidence from high-level distance runners. *Biology of Sport*, 32(2), 155.
132. Myers J., Ashley E. (1997). Dangerous curves: a perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest*, 111(3), 787-795.

133. Nakade T., Adachi H., Murata M., Naito S. (2019). Relationship between respiratory compensation point and anaerobic threshold in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation Journal*, 84(1), 76-82.
134. Oliva-Lozano J. M., Gómez-Carmona C. D., Pino-Ortega J., Moreno-Pérez V., Rodríguez-Pérez M. A. (2020). Match and training high intensity activity-demands profile during a competitive mesocycle in youth elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 75(1), 195-205.
135. Ortiz J. G., da Silva J. F., Carminatti L. J., Guglielmo L. G., Diefenthaler F. (2018). Effect of 8 weeks soccer training on health and physical performance in untrained women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(1), 17-23.
136. Ostojic S. M., Markovic G., Calleja-Gonzalez J., Jakovljevic D. G., Vucetic V., Stojanovic M. D. (2010). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 1055-1059.
137. Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., Saito, Y., Tanimura, Y., Sugawara, J., Ajisaka R., Miyauchi, T. (2007). Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 365-370.
138. Ouerghi N., Khammassi M., Boukorraa S., Feki M., Kaabachi N., Bouassida A. (2014). Effects of a high-intensity intermittent training program on aerobic capacity and lipid profile in trained subjects. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5, 243.
139. Paraskevas G., Hadjicharalambous M. (2018). Aerobic fitness of starter and non-starter soccer players in the Champion's League. *Journal of Human Kinetics*, 61(1), 99-108.
140. Parus P., Chmura P., Konefał M., Andrzejewski M., Kowalczyk E., Chmura J. (2017). Distance covered below and above the anaerobic threshold by elite German goalkeepers. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 17(1), 25-32.
141. Peric R., Meucci M., Nikolovski Z. (2016). Fat utilization during high-intensity exercise: When does it end? *Sports Medicine-Open*, 2(1), 1-6.
142. Perry C. G., Heigenhauser G. J., Bonen A., Spriet L. L. (2008). High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1112-1123.

143. Piliandis T., Mantzouranis N., Kyriklidis K., Zafiridis A., Kellis S. (2013). The effects of high-intensity interval training in the aerobic performance of young soccer players in competitive season. *Physical Training*, 7-9.
144. Plato P.A., McNulty M., Crunk S.M., Ergun A.T. (2008). Predicting lactate threshold using ventilatory threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 29(09), 732-737.
145. Pollock M. L., Dimmick J., Miller Jr H. S., Kendrick Z., Linnerud A. C. (1975). Effects of mode of training on cardiovascular function and body composition of adult men. *Medicine and Science in Sports*, 7(2), 139-145.
146. Rave G., Fortrat J. O., Dawson B., Carre F., Dupont G., Saeidi A., Boullosa D. Zouhal H. (2018). Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(1), 168-183.
147. Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 561-572.
148. Reilly T. (2003). Motion analysis and physiological demands. [W:] T. Reilly, A. M. Williams (red.). *Science and Soccer: second edition*. Routledge, Nowy Jork, 67-80.
149. Rivera-Brown, A.M., Rivera M.A., Frontera W.R. (1994). Achievement of VO<sub>2</sub>max criteria in adolescent runners: effects of testing protocol. *Pediatric Exercise Science*, 6(3), 236-245.
150. Rodríguez-Fernández A., Sanchez-Sanchez J., Ramirez-Campillo R., Nakamura F. Y., Rodríguez-Marroyo J. A., Villa-Vicente J. G. (2019). Relationship between repeated sprint ability, aerobic capacity, intermittent endurance, and heart rate recovery in Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(12): 3406-3413.
151. Sarmiento H., Clemente F. M., Araújo D., Davids K., McRobert A., Figueiredo A. (2018). What performance analysts need to know about research trends in association football (2012–2016): A systematic review. *Sports Medicine*, 48(4), 799-836.
152. Sarmiento H., Marcelino R., Anguera M. T., Campaniço J., Matos N., Leitão J. C. (2014). Match analysis in football: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1831-1843.

153. Schneider C., Hanakam F., Wiewelhove T., Döweling A., Kellmann M., Meyer T., Pfeiffer M., Ferrauti A. (2018). Heart rate monitoring in team sports-a conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology*, 9, 639, 1-19.
154. Schücker L., Parrington L. (2019). Thinking about your running movement makes you less efficient: attentional focus effects on running economy and kinematics. *Journal of Sports Sciences*, 37(6), 638-646.
155. Schwesig R., Schulze S., Reinhardt L., Laudner K. G., Delank K. S., Hermassi S. (2019). Differences in player position running velocity at lactate thresholds among male professional German soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10.
156. Sheykhlovand M., Gharaat M., Khalili E., Agha-Alinejad H. (2016). The effect of high-intensity interval training on ventilatory threshold and aerobic power in well-trained canoe polo athletes. *Science and Sports*, 31(5), 283-289.
157. Silva J. R., Brito J., Akenhead R., Nassis G. P. (2016). The transition period in soccer: a window of opportunity. *Sports Medicine*, 46(3), 305-313.
158. Simson E., Keys A. (1971). *Physiology of work capacity and fatigue*. Springfield, Illinois, USA.
159. Sozański H., Czerwiński J., Sadowski J. (2013). *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego*. Monografie i Opracowania Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, Biała Podlaska, 24 (2), 114-119.
160. Spencer M., Bishop D., Dawson B., Goodman C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated - sprint activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044.
161. Sporis G., Ruzic L., Leko G. (2008). Effects of a new experimental training program on  $VO_2$ max and running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(2), 158-165.
162. Stølen T., Chamari K., Castagna C., Wisløff U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6):501-36.
163. Stöggl T. L., Björklund G. (2017). High intensity interval training leads to greater improvements in acute heart rate recovery and anaerobic power as high volume low intensity training. *Frontiers in Physiology*, 8, 562.

164. Stöggli T., Sperlich B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5 (33), 1-9.
165. Swensen T.C., Harnish C.R., Beitman L., Keller B.A. (1999). Noninvasive estimation of the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 742-746.
166. Szwarc A. (2002). Zmiany struktury obciążeń treningowych w 3 – letnim cyklu szkolenia młodych piłkarzy nożnych. *Sport Wyczynowy*, 1-2: 445-446.
167. Śliwowski R., Józwiak J., Pietrzak M., Wieczorek A., Wieczorek, J. (2007). Aerobic performance of young football players in the preparatory period. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 14, 293-297.
168. Śliwowski R, Andrzejewski M, Wieczorek A, Barinow-Wojewódzki A, Jadczyk Ł, Adrian J, Pietrzak M, Wieczorek J. (2013). Changes in the anaerobic threshold in an annual cycle of sport training of young soccer players. *Biology of Sport*, 30(2): 137-143.
169. Tanaka H., Monahan K.D., Seals D.R. (2001). Age - predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.
170. Taylor R. J., Sanders D., Myers T., Abt G., Taylor C. A., Akubat I. (2018). The dose-response relationship between training load and aerobic fitness in academy rugby union players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 163-169.
171. Tokmakidis S.P., Léger L.A. (1992). Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate “threshold” points and relationship with performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(4), 309-317.
172. Tomescu V., Urzeală C., Teodorescu S. (2016). Effect of Aerobic Training on Ventilatory Thresholds, Aerobic and Anaerobic Thresholds in Recreational Endurance Athletes. *The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*.
173. Toro V., Siquier-Coll J., Bartolomé I., Robles-Gil M. C., Rodrigo J., Maynar-Mariño M. (2020). Effects of tetraselmis chuii microalgae supplementation on ergospirometric, haematological and biochemical parameters in amateur soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6885.

174. Tuimil J. L., Boulosa D. A., Fernández-del-Olmo M. Á., Rodríguez F. A. (2011). Effect of equated continuous and interval running programs on endurance performance and jump capacity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2205-2211.
175. van de Vegte Y. J., van der Harst P., Verweij N. (2018). Heart rate recovery 10 seconds after cessation of exercise predicts death. *Journal of the American Heart Association*, 7(8), e008341.
176. Vesterinen V., Nummel A., Äyrämö S., Laine T., Hynynen E., Mikkola J., Häkkinen K. (2016a). Monitoring training adaptation with a submaximal running test under field conditions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 393-399.
177. Vesterinen V., Nummela A., Heikura I., Laine T., Hynynen E., Botella J., Häkkinen K. (2016b). Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(7), 1347-1354.
178. Vikmoen O., Raastad T., Seynnes O., Bergstrøm K., Ellefsen S., Rønnestad B. R. (2016). Effects of heavy strength training on running performance and determinants of running performance in female endurance athletes. *PLOS One*, 11(3), e0150799.
179. Viru, A. (2008). *Adaptation in sports training*. Routledge, Nowy Jork, 1-320.
180. Wasserman K., Whipp B.J., Davis J.A. (1981). Respiratory physiology of exercise: metabolism, gas exchange, and ventilatory control. *International Review of Physiology*, 23:149–211.
181. Wasserman K., Whipp B.J., Koysl S.N., Beaver W.L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35(2), 236-243.
182. Wasserman K.H.J., Sue D.Y., Stringer W.W., Whipp B.J. (2012). *Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA.
183. Wąs R., Pilis W., Pilis K. (2009). Metody oceny przygotowania fizycznego współczesnego piłkarza nożnego. *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Kultura Fizyczna*, 8.

184. Westhoff M., Rühle K. H., Greiwing A., Schomaker R., Eschenbacher H., Siepmann M., Lehnigk, B. (2013). Positional paper of the German working group "cardiopulmonary exercise testing" to ventilatory and metabolic (lactate) thresholds. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 138(6), 275-280.
185. Wierzbicka – Damska I. (2013). Zmiany wybranych wskaźników budowy i składu ciała oraz wydolności fizycznej pod wpływem różnych bodźców treningowych. *Studia i Monografie Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, Wrocław, 5-13
186. Wong P. L., Chaouachi A., Chamari K., Dellal A., Wisloff U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 653-660.
187. Yildirim A., Emre A. K., Korkusuz F., Çiçek Ş. (2008). Physiological profiles of soccer players with respect to playing positions. [W:] T. Reilly, F. Korkusuz (red.). *Science and football VI: the proceedings of the Sixth World Congress on Science and Football*. Routledge, Nowy Jork, 396-399.
188. Yilmaz, T., Dağlıoğlu, Ö. (2018). The effect of aerobic training program on cardiopulmonary parameters and oxygen saturation in elite judokas. *The Turkish Journal of Sport and Exercise*, 20(3), 333-337.
189. Yoon B.K., Kravitz L., Robergs R. (2007).  $VO_{2max}$ , protocol duration, and the  $VO_{2}$  plateau. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(7), 1186-1192.
190. Yuan Y., So R., Wong S., Chan K.M. (2002). Ammonia threshold - comparison to lactate threshold, correlation to other physiological parameters and response to training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12(6), 358-364.
191. Yuan Y., Chan K.M. (2004). A longitudinal study on the ammonia threshold in junior cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 115-119.
192. Zatoń M. (1990). Wartości kryteriów fizjologicznych w kontroli i regulacji treningu sportowego. *Studia i Monografie Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, Wrocław.
193. Zatoń M. (1998). Wokół dyskusji o obciążeniach wysiłkowych. *Sport Wyczynowy*, 2:17-24.

194. Zatoń M., Michalik K. (2015). Effects of interval training-based glycolytic capacity on physical fitness in recreational long-distance runners. *Human Movement*, 16(2), 71-77.
195. Zierath J. R., Hawley J. A. (2004). Skeletal muscle fiber type: influence on contractile and metabolic properties. *PLOS Biology*, 2(10), e348.
196. Ziogas G. G., Patras K. N., Stergiou N., Georgoulis A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 414-419.
197. Żołądź, J. A. (2003). Co warunkuje siłę, moc i wytrzymałość mięśni szkieletowych człowieka? StatSoft Polska.
198. Żołądź, J. A. (2006). *Wydolność fizyczna człowieka*. [W:] J. Górski (red.) *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 456 – 522.



## Spis tabel

Tabela 1. Kryteria podziału środków treningowych.....	11
Tabela 2. Kryteria podziału stref intensywności .....	11
Tabela 3. Terminy określające próg tlenowy .....	15
Tabela 4. Terminy określające próg beztlenowy .....	16
Tabela 5. Charakterystyka demograficzna i antropometryczna Grupy 1.....	24
Tabela 6. Charakterystyka demograficzna i antropometryczna Grupy 2.....	24
Tabela 7. Charakterystyka demograficzna i antropometryczna Grupy 3.....	24
Tabela 8. Międzygrupowe różnice parametrów demograficznych i antropometrycznych .....	25
Tabela 9. Klasyfikacja określająca czas, udział procentowy i częstotliwość wykonywanego wysiłku fizycznego, czas, częstotliwość rozegranych meczów oraz liczbę i częstotliwość treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut przez każdą grup przed każdym TT .....	29
Tabela 10. Oznaczenia zmian poszczególnych parametrów analizowane w każdej grupie podczas półrocznego cyklu treningowego .....	33
Tabela 11. Oznaczenia zmian czasu, udziału procentowego i częstotliwości wykonywanego wysiłku fizycznego, czasu, częstotliwości rozegranych meczów oraz liczby, częstotliwości treningów wyrównawczych i meczów rozegranych powyżej 45 minut analizowane w każdej grupie podczas półrocznego cyklu treningowego .....	34
Tabela 12. Wysiłek fizyczny (w minutach) wykonywany przez Grupę 1 przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe.....	40
Tabela 13. Wysiłek fizyczny (w minutach) wykonywany przez Grupę 2 przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe.....	41
Tabela 14. Wysiłek fizyczny (w minutach) wykonywany przez Grupę 3 przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe.....	42
Tabela 15. Różnice międzygrupowe wykonywanego wysiłku fizycznego .....	43
Tabela 16. Czas rozegranych meczów (w minutach) i liczba meczów rozegranych powyżej 45 minut przez każdą z grup przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe.....	44
Tabela 17. Różnice międzygrupowe czasu rozegranych meczów (w minutach) i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut .....	45
Tabela 18. Maksymalna wentylacja minutowa i czas restytucji powysiłkowej w każdej z grup przed każdym TT oraz różnice wewnątrzgrupowe .....	52
Tabela 19. Różnice międzygrupowe maksymalnej wentylacji minutowej i czasu restytucji powysiłkowej.....	52
Tabela 20. Zależności zmian $V_{PPB}$ w relacji do zmian pozostałych parametrów w TT 1B i 1C .....	54
Tabela 21. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowej $V_{PPT}$ w przedziale 8,00-8,99 $km \cdot h^{-1}$ .....	56
Tabela 22. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowej $V_{PPB}$ w przedziale 12,50-13,49 $km \cdot h^{-1}$ .....	57
Tabela 23. Odwrotnie proporcjonalne zmiany wejściowego $VO_{2max}$ w przedziale 60,00-61,99 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ..	60
Tabela 24. Odwrotnie proporcjonalne zmiany wejściowego $VO_{2max}$ w przedziale 60,00-62,99 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ..	62
Tabela 25. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowego REST w przedziale 135-115 s .....	63

Tabela 26. Wprost proporcjonalne zmiany wejściowego REST w przedziale 125-115 s ..... 63

## Spis rycin

Rycina 1. Organizacja procesu badawczego .....	26
Rycina 2. Procedura testu progresywnego w warunkach terenowych.....	31
Rycina 3. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe prędkości biegu na PPT i PPB w grupie 1 .....	47
Rycina 4. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe prędkości biegu na PPT i PPB w grupie 2.....	47
Rycina 5. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe prędkości biegu na PPT i PPB w grupie 3.....	48
Rycina 6. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice międzygrupowe prędkości biegu na PPT .....	48
Rycina 7. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice międzygrupowe prędkości biegu na PPB .....	49
Rycina 8. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice wewnątrzgrupowe $VO_{2max}$ w każdej z grup.....	50
Rycina 9. Średnia arytmetyczna, odchylenia standardowe oraz różnice międzygrupowe $VO_{2max}$ .....	51
Rycina 10. Różne warianty kombinacji podań w grupach siedmioosobowych.....	120
Rycina 11. Zespołowa kombinacja podań zakończona strzałem.....	121
Rycina 12. Tor przeszkód zakończony pojedyńkiem 1v1 i sprintem .....	121
Rycina 13. Gra 4v4.....	122
Rycina 14. Gra 1v1 poprzedzona sprintem.....	122
Rycina 15. Gra na utrzymanie 2v2+2v2.....	123
Rycina 16. Pojedynek 1v1.....	123
Rycina 17. Pojedynek 1v1 poprzedzony podaniem od trenera.....	124

## Streszczenie

Piłka nożna to dyscyplina sportu, w której zawodnik wykonuje wysiłek o bardzo zróżnicowanym charakterze biorąc pod uwagę czas, intensywność i formę ruchu. Dlatego w procesie szkoleniowym piłkarzy nożnych wykorzystywane są również różne środki treningowe od ogólnych, poprzez ukierunkowane i specjalne o charakterze tlenowym, tlenowo – beztlenowym, beztlenowym – glikolitycznym i beztlenowym – fosfagenowym. Zasadniczym kryterium podziału środków treningowych, wykorzystywanym do indywidualizacji pracy jest wyznaczanie progu przemian tlenowych i beztlenowych. Ogólny poziom wydolności fizycznej może zostać określony na podstawie maksymalnego poboru tlenu ( $VO_2max$ ) maksymalnej wentylacji minutowej płuc ( $VE_{max}$ ), progu przemian beztlenowych i tempa restytucji powysiłkowej (REST). W piśmiennictwie opisano metody szacowania  $VO_2max$ ,  $VE_{max}$ , progów metabolicznych i dynamiki restytucji. Badania uwzględniały sezonowe zmiany powyższych parametrów u piłkarzy nożnych. Nie ma jednak badań, które jednocześnie uwzględniałyby zmiany każdego z nich. Brak jest także badań określających zmiany opisanych parametrów wskutek zastosowania różnych środków treningowych w każdej ze stref intensywności.

Celem pracy była: 1) ocena zmian prędkości biegu na progu przemian tlenowych ( $V_{PPT}$ ) i beztlenowych ( $V_{PPB}$ ) piłkarzy nożnych ligi amatorskiej w półrocznym cyklu treningowym, poddanych testowi progresywnemu w warunkach terenowych i określenie zmienności prędkości biegu na obu progach w relacji do zastosowanych środków treningowych 2) sprecyzowanie zależności  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$  od parametrów wydolnościowych określających ogólny poziom wydolności fizycznej i zastosowanych środków treningowych oraz 3) określenie zależności zmian prędkości biegu na obu progach metabolicznych oraz parametrów wydolnościowych od ich wejściowego poziomu w relacji do zastosowanych środków treningowych.

Badaniami objęto 36 piłkarzy nożnych ( $20,21 \pm 1,59$  lat) (108 obserwacji), amatorów, zawodników Akademii Piłkarskiej Wrocławskiego Klubu Sportowego Śląsk Wrocław SA. Uczestniczyli oni w treningach piłki nożnej o różnym charakterze wysiłku oraz meczach organizowanych przez Polski Związek Piłki Nożnej.

Cały eksperyment składał się z dwóch części. W pierwszej zawodników podzielono na trzy grupy badane (1, 2, 3) i każdą z nich poddano obserwacji w półrocznych cyklach treningowych. Każda grupa wykonała trzykrotnie terenowy test progresywny na bieżni tartanowej. Każde badanie nazwano Terminem Testowym (TT). Każdy TT określano literą: A - pierwsze badanie, B - drugie badanie, C - trzecie badanie, przypisując im numer grupy. Zatem w grupie 1 oznaczono je jako: TT 1A, TT 1B, TT 1C. Taki sam sposób opisu przyjęto w dwóch pozostałych grupach. Uzyskane wyniki wartości  $VO_2max$ ,  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VE_{max}$ , REST oraz zastosowanych środków treningowych wszystkich trzech grup z testu progresywnego poddano analizie statystycznej. Wykonano porównania wewnątrz i międzygrupowe. Ponadto ustalono korelacje zmian każdego z badanych parametrów i zastosowanych środków treningowych. Zmiany zdefiniowano jako różnicę ( $\Delta$ ) pomiędzy wartościami z TT B (wartość wyjściowa) – TT A (wartość wejściowa) oraz TT C (wartość wyjściowa) – TT B (wartość wejściowa).

W drugiej części badań wszystkich zawodników, niezależnie od wstępnej kwalifikacji do grupy 1, 2, 3 oraz TT w pierwszej części eksperymentu, podzielono ponownie. Tym razem utworzono tzw. przedziały wartości każdego z parametrów:  $VO_2max$ ,  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VE_{max}$ , REST, w zakresie wartości uzyskanych w całej grupie zawodników w teście progresywnym. Utworzono przedziały wartości w sposób następujący: w przypadku  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$  przedziały wartości różniły się o  $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , w obrębie wartości  $VO_2max$  przedziały różniły się o  $1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , interwał  $VE_{max}$  wynosił  $5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a w przypadku REST wynosił 5 s. Kwalifikacja zawodnika do konkretnego przedziału wartości w obrębie każdego z parametrów była podstawą do oceny zmian wartości wejściowych parametrów uzyskanych w pierwszej części badań.

W pierwszej części badań w przypadku  $V_{PPT}$  istotne różnice wewnątrzgrupowe zaobserwowano w grupie 1 pomiędzy TT 1A: 1B ( $p < 0,005$ ) i TT 1B: 1C ( $p = 0,0003$ ), bez różnic istotnie znamienych w pozostałych dwóch grupach. W przypadku  $V_{PPB}$  jedynie w grupie 1 zaobserwowano istotne różnice wewnątrzgrupowe pomiędzy TT 1A: 1B ( $p < 0,05$ ) i TT 1B: 1C ( $p = 0,02$ ) oraz w grupie 2 pomiędzy TT 2A: 2B ( $p = 0,008$ ). Nie obserwowano różnic statystycznych w grupie 3. Ponadto analizując wartości  $V_{PPT}$  w Terminie Testowym A były one istotnie różne pomiędzy TT 2A: TT 3A ( $p = 0,03$ ), a w Terminie Testowym C pomiędzy TT 1C: TT 2C ( $p = 0,05$ ) oraz TT 1C: TT 3C ( $p = 0,007$ ).

Spśród wszystkich istotnych zmian wewnątrzgrupowych  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$ , tylko w grupie pierwszej (w TT 1B i TT 1C) względem zarejestrowanych istotnych zmian  $V_{PPB}$  wykazano dość silne ( $r_s = 0,7-0,9$ ) i bardzo silne ( $r_s > 0,9$ ) zależności parametrów:  $VO_2max$  oraz czasu trwania środków specjalnych tlenowych, środków beztlenowych – glikolitycznych razem i środków beztlenowych – glikolitycznych z piłką.

Względem istotnych zmian zarejestrowanych parametrów oraz zastosowanych środków treningowych o silnej ( $r_s = 0,7-0,9$ ) i bardzo silnej ( $r_s > 0,9$ ) zależności, wykazanych w korelacji rang Spearman'a ( $r_s$ ) zostały zaobserwowane istotne wprost proporcjonalne zmiany parametrów  $V_{PPT}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale:  $8,00-8,99 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,

$V_{PPB}$  [ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ] w przedziale: 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; REST [s] w przedziałach: 135-115 s, 125-115 s oraz istotne odwrotnie proporcjonalne zmiany  $\text{VO}_2\text{max}$  [ $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] w przedziałach: 60,00-61,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 60,00-62,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Wykazano istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi dodatnie skorelowanych parametrów:  $V_{PPT}$  w przedziale 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  względem czasu środków ukierunkowanych tlenowych, częstotliwości środków tlenowych razem i  $V_{Emax}$ ;  $V_{PPB}$  w przedziale: 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  względem liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem, a także  $V_{PPT}$ ; REST w przedziale: 135-115 s względem czasu rozegranych meczów i treningów wyrównawczych razem, proporcji środków ogólnych beztlenowych – fosfagenowych, czasu trwania wszystkich środków razem i środków tlenowo – beztlenowych z piłką; REST w przedziale 125- 115 s względem czasu rozegranych meczów i liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut.

Wykazano także istotne różnice pomiędzy wartościami wejściowymi i wyjściowymi ujemnie skorelowanego  $\text{VO}_2\text{max}$  w przedziale: 60,00-61,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  i przedziale 60,00-62,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  względem czasu, częstotliwości i proporcji różnych środków wykorzystanych w analizowanym półrocznym cyklu oraz liczby meczów rozegranych powyżej 45 minut i treningów wyrównawczych razem.

### **Wnioski**

1. Wyjściowy poziom wytrenowania zawodników lepiej determinuje rodzaj środków prowokujących poprawę parametrów wydolnościowych niż z góry narzucone środki w cyklu treningowym.
2. Wskutek stosowania różnych środków treningowych możliwa jest zarówno istotna poprawa prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych, jak i ich pogorszenie.
3. Ze względu na nieproporcjonalne zmiany prędkości biegu w warunkach progów metabolicznych, maksymalnego poboru tlenu, tempa restytucji oraz maksymalnej wentylacji minutowej płuc w półrocznych cyklach treningowych niemożliwe jest jednoznaczne stwierdzenie efektu zastosowania jednego lub kilku środków treningowych na zmiany poszczególnych parametrów u zawodników o różnym poziomie wydolności.
4. Konieczne jest przeprowadzanie regularnych badań wydolnościowych oraz stałego monitorowania aktywności fizycznej zawodników i zmian parametrów wydolnościowych w celu optymalizacji i indywidualizacji obciążeń treningowych.
5. Wydolność fizyczna słabo wytrenowanych zawodników poprawia się wskutek zwiększonej objętości treningowej.
6. Zawodnicy lepiej wytrenowani nie poprawiają wydolności fizycznej wskutek stosowania różnych środków treningowych w takim samym stopniu jak słabiej wytrenowani.

## Abstract

Football is a sports discipline, in which player performs physical effort of varying nature taking time, intensity and type of movement into account. That's why in the training process of football players general, oriented and specific exercises of aerobic, aerobic-anaerobic, lactic anaerobic training and alactic anaerobic training nature are in use. Determination of aerobic and anaerobic threshold is an elementary criterion of division of training exercises, which is used for work individualisation. General level of physical efficiency can be determined by maximum oxygen uptake ( $VO_2\max$ ), maximal pulmonary ventilation per minute ( $VE_{\max}$ ), anaerobic threshold and tempo of after-effort recovery (REST). Methods of estimation of  $VO_2\max$ ,  $VE_{\max}$ , metabolic threshold and tempo of the post-exercise recovery are described in the literature. Studies took account of seasonal changes of aforementioned parameters by football players. However, comparison of them all wasn't taken into account within one study. Also no studies were conducted, which concurrently evaluate changes of all parameters. There's also lack of research defining change of mentioned parameters in result of applying various training exercises in each of intensity zones.

The goals of the studies were: 1) assessment of change of running speed at aerobic ( $V_{PPT}$ ) and anaerobic ( $V_{PPB}$ ) threshold of amateur football players within half-year training cycle, being subject to progressive test in field terms and evaluation of variability of running speed on both thresholds in relation to applied training exercises 2) defining of a relation between  $V_{PPT}$  and  $V_{PPB}$  and physical efficiency parameters, which determine general level of physical efficiency and applied training exercises and 3) defining correlation of changes of running speed at both thresholds and physical efficiency parameters and their starting level in relation to applied training exercises.

36 amateur football players were subject of the study ( $20,21 \pm$  years old, 108 observations), playing in WKS Śląsk Wrocław SA football academy. The players took part in football trainings, containing physical efforts of varying nature, as well as in the games organized by Polish Football Association.

The experiment consisted of two parts. In first part players were divided into three study groups (1, 2, 3), with each of them being observed within half-year cycles. Each of the groups performed three times field progressive test on Tartan track. Each of the studies was named Test Term (TT). Each of the tests was described as follows: A – first study, B – second study, C – third study, assigning the number of the group to each of them. Thence, for the group one they were marked as TT 1A, TT 1B, TT 1C. The same way of marking was applied for other groups. Obtained values of  $VO_2\max$ ,  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VE_{\max}$ , REST and applied training exercises of the progressive tests of all three groups became subject to statistical study. Intra - and intergroup comparisons were performed. Furthermore, correlation of changes between each of the parameters and applied training exercises. Changes were defined as a difference ( $\Delta$ ) between values of TT B (final value) – TT A (starting value) and TT C (final value) – TT B (starting value).

At the second stage of study, all players, independently on initial classification to groups 1, 2, 3 and TT at the first stage of the study, were divided once again. This time, so called value ranges for each of the parameters  $VO_2\max$ ,  $V_{PPT}$ ,  $V_{PPB}$ ,  $VE_{\max}$ , REST were created, in range of values obtained by the group of players during the progressive test. Ranges were created as follows: for  $V_{PPT}$  and  $V_{PPB}$  value ranges were set for each  $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , for  $VE_{\max}$   $5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  and for REST 5 s. Classification of the player within each of the parameters was the basis for evaluation of changes of starting values obtained in the first stage of the study.

In the first stage of the study for  $V_{PPT}$  significant intragroup differences were observed in group 1 between TT 1A: 1B ( $p < 0,005$ ) and TT 1B: 1C ( $p = 0,0003$ ), without significant in both remaining groups. For  $V_{PPB}$  only in group 1 were observed significant intragroup differences between TT 1A: 1B ( $p < 0,05$ ) and TT 1B: 1C ( $p = 0,02$ ) and for group 2 between TT 2A: 2B ( $p = 0,008$ ). No statistical differences were observed in group 3. Additionally, analysed values  $V_{PPT}$  in Test Term A were significantly different between TT 2A: TT 3A ( $p = 0,03$ ) and in Test Term 3 between TT 1C: TT 2C ( $p = 0,05$ ) and TT 1C: TT 3C ( $p = 0,007$ ).

Out of all significant intragroup changes of  $V_{PPT}$  and  $V_{PPB}$ , only in the first group (in TT 1B and TT 1C) for recorded significant changes of  $V_{PPB}$  strong ( $r_s = 0,7-0,9$ ) and very strong ( $r_s > 0,9$ ) correlation of parameters  $VO_2\max$  and duration of specific aerobic exercises, lactic anaerobic exercises in total and lactic aerobic exercises with the ball have been found

For significant changes of recorded parameters and applied training exercises of strong ( $r_s = 0,7-0,9$ ) and very strong ( $r_s > 0,9$ ) correlation, as shown in Spearman's rank correlation coefficient ( $r_s$ ), significant directly proportional changes of parameters  $V_{PPT}$  [ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ] in range  $8,00-8,99 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $V_{PPB}$  [ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ] in range:  $12,50-13,49 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; REST [s] in ranges:  $135-115 \text{ s}$ ,  $125-115 \text{ s}$  and significant inversely proportional changes of  $VO_2\max$  [ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] in ranges:  $60,00-61,99 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $60,00-62,99 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  have been found.

Significant differences between initial and final values of positively correlated parameters have been found:  $V_{PPT}$  in interval 8,00-8,99  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  in relation to duration of specific aerobic exercises and frequency of aerobic training measures in total and  $VE_{\text{max}}$ ;  $V_{PPB}$  in interval: 12,50-13,49  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  in relation to number of matches in which player played over 45 minutes and compensatory trainings in total and  $V_{PPT}$ ; REST in interval: 135-115 s in relation to playing time during matches and compensatory trainings in total and ratio of general anaerobic alactic training exercises, duration of all training exercises in total and aerobic-anaerobic training measures with the ball; REST in interval 125-115 s in relation to playing time in matches and number of matches in which player played over 45 minutes.

Significant differences between initial and final values of negatively correlated  $VO_2\text{max}$  in interval 60,00-62,99  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  in relation to time, frequency and ratio of various exercises applied within analysed half-year cycle and number of matches with over 45 minute appearances and compensatory trainings in total.

### Conclusions

1. Initial level of players fitness better defines type of training exercises stimulating improvement of fitness parameters than pre-defined exercises in training cycle
2. As a result of using various training exercises it's possible to significantly improve the running speed in terms of metabolic threshold, as well as to deteriorate it.
3. Because of disproportionate changes of running speed in terms of metabolic thresholds, maximal oxygen uptake, recovery tempo and maximal pulmonary ventilation per minute during the half-years training cycle it's not possible to state unequivocally the effect of using one or more training exercises on changes of individual parameters of players on various fitness level.
4. It's necessary to conduct regular physical efficiency tests and constantly monitor physical activity of the players and changes of physical efficiency parameters in order to optimize and individualize training load.
5. Physical efficiency of weak trained players improves in result of higher training volume.
6. Better physically trained players don't improve their physical efficiency in result of applying various training exercises to the same extent as worse physically trained players.

## ANEKS

Poniżej przedstawiono przykładowe ćwiczenia wykorzystane w poszczególnych środkach treningowych.

### 1. Środki ogólne tlenowe

PRZYKŁAD:

- a) Bieg ciągły o stałej intensywności pomiędzy  $V_{PPT}$  i  $V_{PPB}$ , trwający nieprzerwanie dłużej niż 5 minut.
- b) Bieg ciągły o zmiennej intensywności nieprzekraczającej  $V_{PPB}$ , trwający nieprzerwanie dłużej niż 5 minut.

### 2. Środki ogólne tlenowo – beztlenowe

PRZYKŁAD:

- a) Bieg wahadłowy o intensywności przekraczającej  $V_{PPB}$ , trwający nieprzerwanie 4 minuty.
- b) 8x 17'' biegu z intensywnością przekraczającą  $V_{PPB}$  na odcinku 100 m z przerwą pasywną pomiędzy odcinkami, trwającą 10 sekund.

### 3. Środki ogólne beztlenowe – glikolityczne

PRZYKŁAD:

- a) 6x 30'' jazda na rowerze stacjonarnym z maksymalną intensywnością z przerwą pasywną trwającą 1 minutę 30 sekund
- b) 6x sprint na odcinku 35m z przerwą pasywną pomiędzy sprintami, trwającą 10 sekund.
- c) 30 przysiadów z ciężarem (50% CM – ciężaru maksymalnego)

### 4. Środki ogólne beztlenowe – fosfagenowe

PRZYKŁAD:

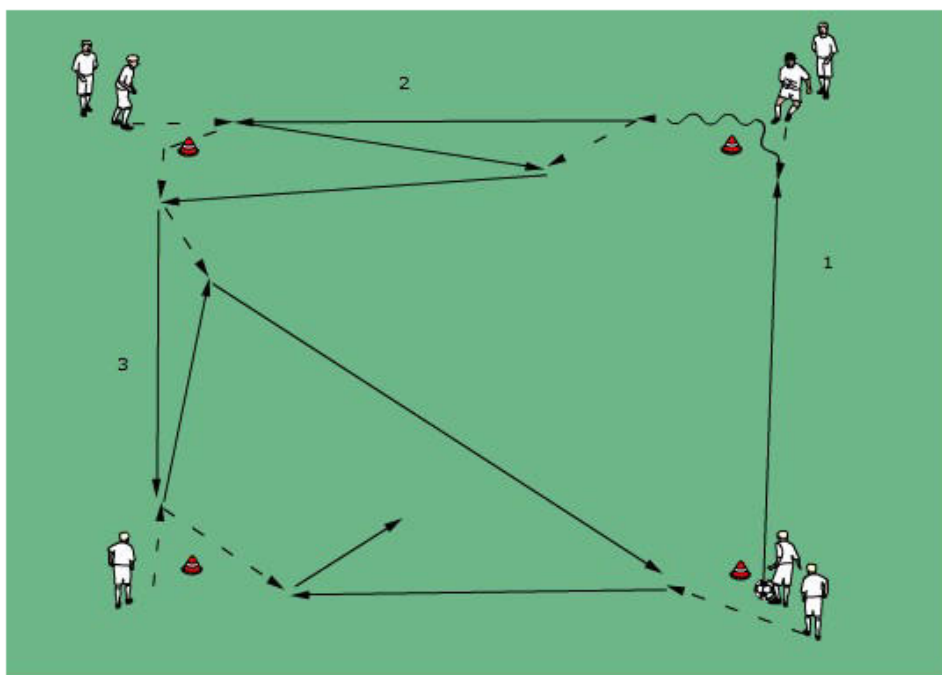
- a) 4x skok przez płotek o wysokości 70 cm. 3 serie. 1 minuta przerwy pomiędzy seriami

- b) 4x sprint 30m z oporem zewnętrznym sanek (5% masy ciała) w 4 seriach. 3 minuty przerwy pomiędzy seriami.
- c) 5 przysiadów z ciężarem (85% CM)

## 5. Środki ukierunkowane tlenowe

PRZYKŁAD:

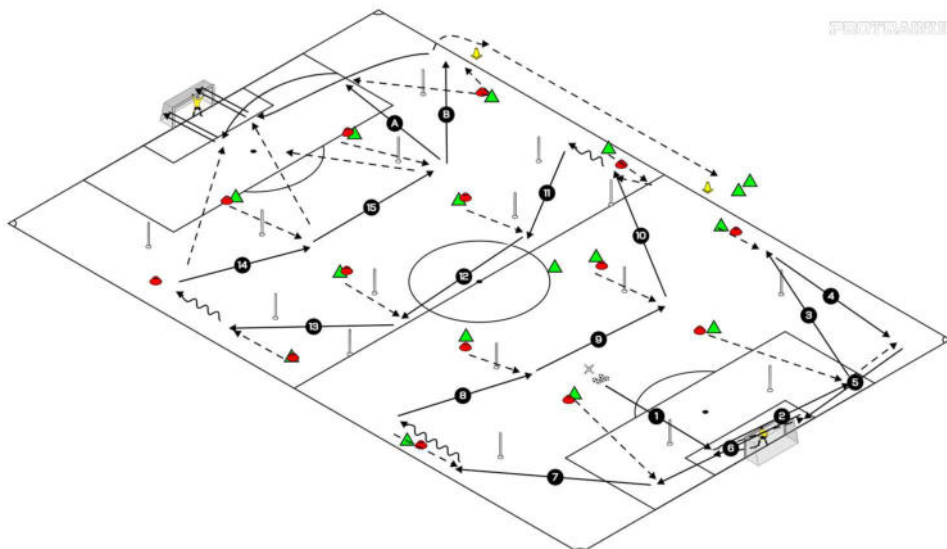
- a) Różne warianty kombinacji podań w grupach siedmioosobowych (Ryc. 7).



Rycina 10. Różne warianty kombinacji podań w grupach siedmioosobowych



- b) Zespołowa kombinacja podań zakończona strzałem (Ryc. 8). Zmiany zawodników za podaniem. Po ostatnim podaniu 50m biegu w tempie  $V_{PPB}$ .

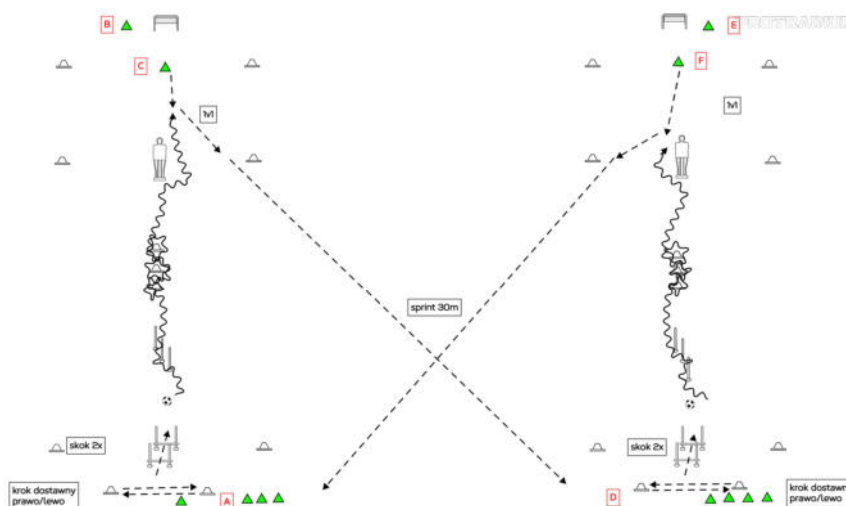


Rycina 11. Zespołowa kombinacja podań zakończona strzałem

## 6. Środki ukierunkowane tlenowo – beztlenowe

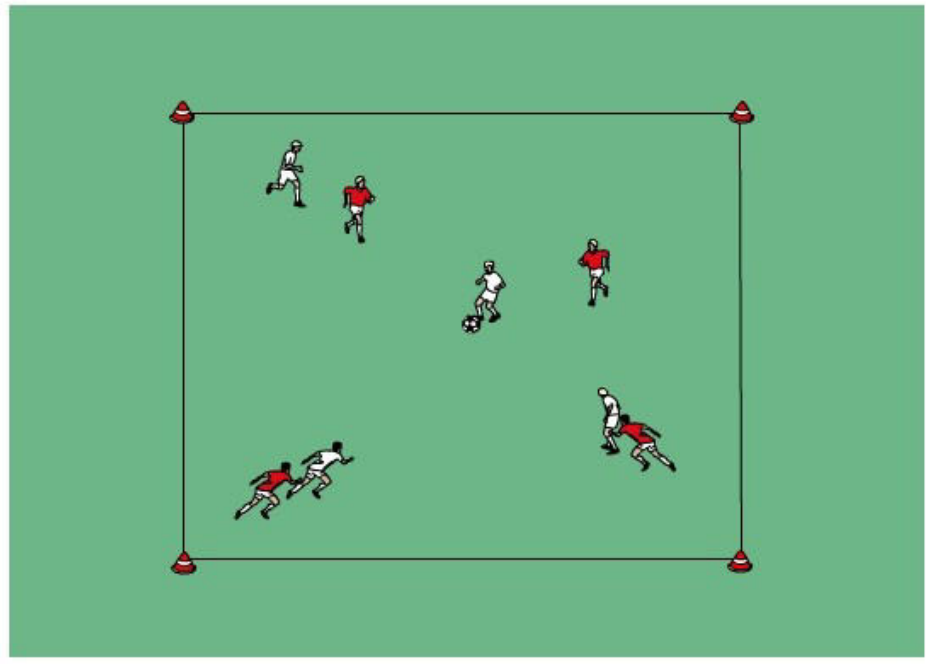
PRZYKŁAD:

- a) 6x tor przeszkód zakończony pojedyńkiem 1v1 i sprintem (Ryc. 9). Całkowity czas trwania pojedynczego powtórzenia 40 sekund, czas przerwy wypoczynkowej między powtórzeniami 20 sekund.



Rycina 12. Tor przeszkód zakończony pojedyńkiem 1v1 i sprintem

- b) Trwająca 4 minuty gra 4v4 (Ryc. 10) w polu gry 25m/25m, której celem jest posiadanie piłki.

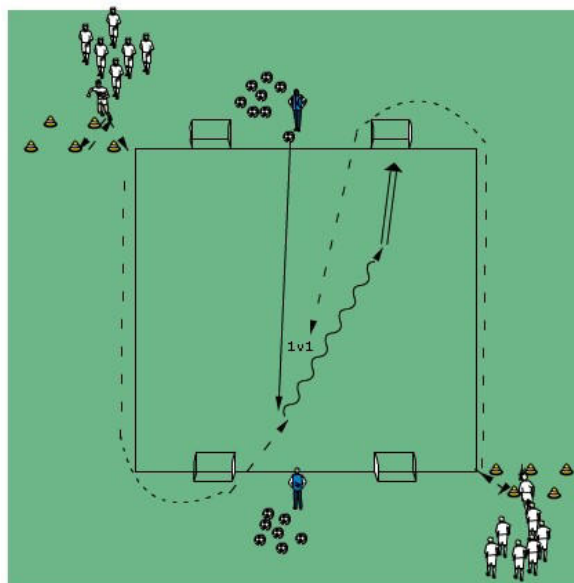


Rycina 13. Gra 4v4

## 7. Środki ukierunkowane beztlenowe – glikolityczne

PRZYKŁAD:

- a) Poprzedzona sprintem gra 1v1 (Ryc. 11) w polu 24m/24m do 4 małych bramek. Czas trwania gry 30 sekund.



Rycina 14. Gra 1v1 poprzedzona sprintem

b) Trwająca 1 minutę gra na utrzymanie 2v2+2v2 (Ryc. 12) w polu 15m/10m.

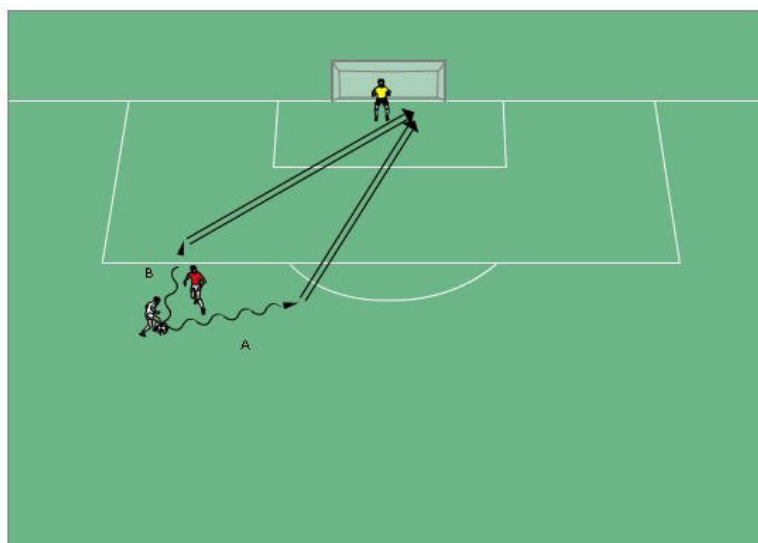


Rycina 15. Gra na utrzymanie 2v2+2v2

## 8. Środki ukierunkowane beztlenowe – fosfagenowe

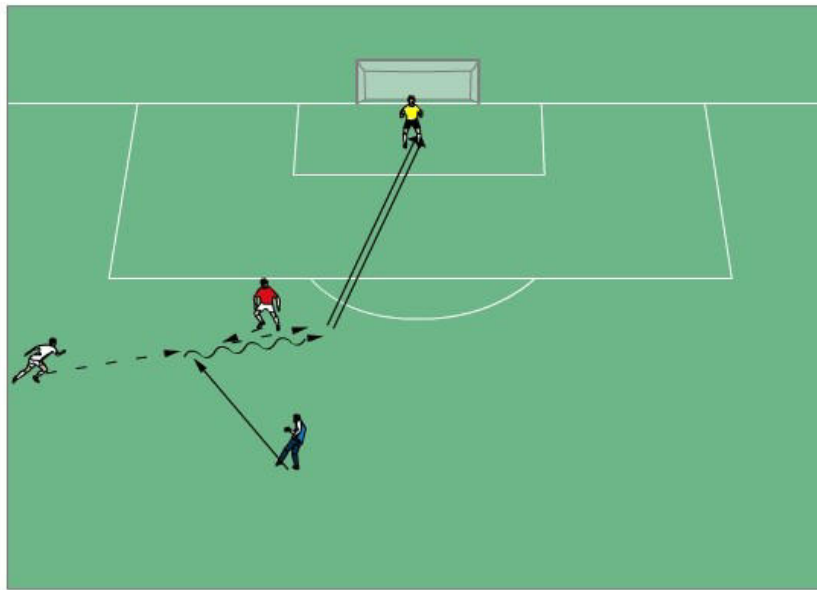
PRZYKŁAD:

a) Trwający do 10 sekund pojedynek 1v1 (Ryc 13).



Rycina 16. Pojedynek 1v1

- b) Trwający do 10 sekund pojedynek 1v1 poprzedzony podaniem od trenera (Ryc. 14).



Rycina 17. Pojedynek 1v1 poprzedzony podaniem od trenera

## 9. Środki specjalne tlenowe

PRZYKŁAD:

- a) Gra 8v8 na skróconym i zawężonym polu gry (50m/40m) o czasie trwania dłuższym niż 5 minut i intensywności nieprzekraczającej  $HR_{PPB}$ .
- b) Gra 11v11 na skróconym polu gry (70m/65m) o czasie trwania dłuższym niż 5 minut i intensywności nieprzekraczającej  $HR_{PPB}$ .

## 10. Środki specjalne tlenowo - beztlenowe

PRZYKŁAD:

- c) Gra 5v5 z bramkarzami w polu gry 50m/30m o czasie trwania 3 minut i intensywności przekraczającej  $HR_{PPB}$ .
- d) Gra 11v10 z bramkarzami na połowie boiska o czasie trwania 5 minut i intensywności przekraczającej  $HR_{PPB}$ .

## **11. Środki specjalne beztlenowe - glikolityczne**

PRZYKŁAD:

- a) Gra 8v6 z bramkarzami na połowie boiska, trwający 2 minuty.
- b) Gra 4v4 z bramkarzami w polu gry 40m/24m o czasie trwania 1 minuty.

## **12. Środki specjalne beztlenowe - fosfagenowe**

PRZYKŁAD:

- a) Dynamiczny fragment gry 5v3 z bramkarzem na połowie boiska, którego akcja trwa do 10 sekund.
- b) Stały fragment gry, po którego wykonaniu akcja trwa do 10 sekund.