

Mgr Małgorzata Kowalska

**Ocena częstości pracy serca w czasie obowiązkowych
i dobrowolnych zajęć sportowych studentów Uniwersytetu
Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu**

Rozprawa na stopień naukowy doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne

Promotor: dr hab. Maciej Cymerys



Kolegium Nauk Medycznych
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Poznań 2022

*Pragnę wyrazić wdzięczność mojemu Promotorowi
dr. hab. n. med. Maciejowi Cymerysowi
za opiekę naukową, merytoryczne wsparcie i ogromną życzliwość*

*Dziękuję serdecznie rodzinie oraz osobom najbliższym
za wiarę we mnie, wszelką okazaną pomoc i każde dobre słowo*

Spis treści

Wykaz skrótów	5
1. Wstęp	8
1.1. Aktywność fizyczna	8
1.2. Zasady dotyczące zalecania ćwiczeń fizycznych w oparciu o koncepcję FITT.	8
1.2.1. Rodzaje ćwiczeń fizycznych	9
1.2.2. Częstotliwość ćwiczeń	10
1.2.3. Intensywność ćwiczeń	10
1.3. Wybrane parametry oceny intensywności ćwiczeń fizycznych	12
1.3.1. Maksymalne zużycie tlenu ($\text{VO}_{2\text{max}}$)	12
1.3.2. Równoważnik metaboliczny	12
1.3.3. Próg mleczanowy	13
1.3.4. Skala Borga (BS)	13
1.3.5. Test mowy (Talk Test)	15
1.3.6. Częstość pracy serca	15
1.4. Rodzaje treningów	18
1.4.1. Trening aerobowy	18
1.4.2. Trening oporowy	19
1.5. Strefy intensywności wysiłku	19
1.6. Rola motywacji w podejmowaniu aktywności fizycznej	21
2. Założenia pracy	23
3. Cele pracy	26
4. Badana populacja i metody	27
4.1. Badani	27
4.2. Metody badań	28
4.3. Analiza statystyczna	30
5. Wyniki	32
5.1. Charakterystyka przebadanej grupy	32

5.2. Charakterystyka przebadanej grupy w zależności od rodzaju zajęć:	
wybór-obowiązek	35
5.3. Charakterystyka przebadanej grupy w zależności od rodzaju zajęć;	
przedmioty zawodowe, wychowanie fizyczne, fakultety, sekcje sportowe . . .	38
6. Dyskusja	44
Porównanie maksymalnego odczuwanego zmęczenia według skali	
Borga w czasie ćwiczeń w zależności od rodzaju zajęć	44
Porównanie zachowania się różnych wskaźników częstości pracy serca	
w zależności od rodzaju zajęć	47
Porównanie czasu spędzonego w docelowym zakresie tętna w zależności	
od rodzaju zajęć	50
Porównanie wpływu zastosowanej formuły do szacowania tętna	
maksymalnego na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych	
zakresach treningowych opartą o pomiar tętna	52
Ograniczenia badania	59
Zastosowanie praktyczne	60
7. Wnioski.	61
8. Streszczenie	62
9. Summary	65
10. Piśmiennictwo	68
11. Spis tabel	84

Wykaz skrótów

ACSM	ang. American College of Sports Medicine
BMI	wskaźnik masy ciała (ang. Body Mass Index)
BS	skala Borga (ang. Borg scale)
CPET	sercowo-płucny test wysiłkowy (ang. Cardio-Pulmonary Exercise Test)
dHRr-p	zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową (ang. Change in heart rate between rest and peak values)
dHRr-wu	zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a rozgrzewkową (ang. change in heart rate between resting and warm up values)
dHRwu-p	zmiana częstości pracy serca między wartością rozgrzewkową a szczytową (ang. change in heart rate between warm up and peak values)
eHR	przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca (ang. age-predicted maximum heart rate)
eHRFairbarn	przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Fairbarn (ang. age-predicted maximum heart rate by Fairbarn)
eHRFox	przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Fox (ang. age-predicted maximum heart rate by Fox)
eHRGellish₂	przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Gellish ₂ (ang. age-predicted maximum heart rate by Gellish ₂)
eHRTanaka	przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Tanaka (ang. age-predicted maximum heart rate by Tanaka)
ESC	Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne (ang. European Society of Cardiology)
FITT	Częstotliwość, intensywność, czas i rodzaj (ang. Frequency, intensity, time and type)
HR	tętno (ang. Heart rate)

HRmax	tętno maksymalne (ang. maximal heart rate)
HRp	szczytowa częstość pracy serca (ang. peak heart rate)
HRr	tętno spoczynkowe (ang. resting heart rate)
HRwu	rozgrzewkowa częstość pracy serca (ang. warm-up heart rate)
HRR	rezerwa tętna (ang. heart rate reserve)
MET	równoważnik metaboliczny (ang. metabolic equivalent of task)
rHRp/Fairbarn	stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego według Fairbarn (ang. the ratio of peak to age-predicted maximum heart rate by Fairbarn)
rHRp/220	stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego-Fox (ang. the ratio of peak to age-predicted maximum heart rate by Fox)
rHRp/Gellish₂	stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego-Gellish ₂ (ang. the ratio of peak to age-predicted maximum heart rate by Gellish ₂)
rHRp/Tanaka	stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego-Tanaka (ang. the ratio of peak to age-predicted maximum heart rate by Tanaka)
RM	powtórzenie wykonywane z maksymalnym obciążeniem (ang. Repetition maximum)
RPR	skala odczuwania zmęczenia w czasie wysiłku fizycznego (ang. rating of perceived exertion)
VO₂	pobór tlenu (ang. oxygen consumption)
VO_{2max}	maksymalny pobór tlenu (ang. maximal oxygen uptake)
WHO	Światowa Organizacja Zdrowia (ang. World Health Organisation)
Z_czas1	czas spędzony w docelowej strefie tętna (ang. time spent in the target heart rate zone)
Z_czas2	czas spędzony poniżej docelowej strefy tętna (ang. time spent below the target heart zone)
Z_czas3	czas spędzony powyżej docelowej strefy tętna (ang. time spent above the zone target heart zone)
Z_czasrel1	udział czasu spędzonego w docelowym zakresie tętna w całym ćwiczeniu (ang. the proportion of time spent in the target heart zone during the exercise)

- Z_czasrel2** udział czasu spędzonego poniżej docelowego zakresie tętna w całym ćwiczeniu (ang. the proportion of time spent below the target heart rate zone during the exercise)
- Z_czasrel3** udział czasu spędzonego powyżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu (ang. the proportion of time spent above the target heart rate zone during the exercise)

1. Wstęp

1.1. Aktywność fizyczna

Aktywność fizyczna jest jednym z czynników wpływających na zdrowie fizyczne, psychiczne i społeczne [1, 2, 3]. Towarzyszy nam przez całe życie, podejmowana jest każdego dnia i wiąże się z wszystkimi czynnościami wykonywanymi w domu, pracy oraz jako forma aktywnego wypoczynku. Jednak jej ilość i intensywność nie jest często wystarczająca, aby utrzymać bądź poprawić stan naszego zdrowia.

Ruch stanowi biologiczną potrzebę organizmu człowieka, jednak rozwój cywilizacji i związany z nim styl życia, znacznie ograniczają możliwość bycia aktywnym [4, 5, 6, 7]. Pośpiech, ciągły brak czasu, natłok obowiązków związanych z tokiem studiów sprawiają, że zajęcia sportowe prowadzone na uczelni stanowią dla części studentów jedyne źródło aktywności fizycznej [8, 9]. Stawia to trenerów i nauczycieli akademickich przed ogromnym wyzwaniem, aby zajęcia te zostały jak najlepiej wykorzystane nie tylko w odniesieniu do aspektów związanych z poprawą sprawności i wydolności uczestniczących w nich studentów, ale również w kształtowaniu w nich poczucia odpowiedzialności za swój rozwój i zdrowie.

1.2. Zasady dotyczące zalecania ćwiczeń fizycznych w oparciu o koncepcję FITT

Aktywność fizyczna to „ruch ciała wywołany mięśniami szkieletowymi, powodujący wydatek energetyczny” [10, 11]. Natomiast trening fizyczny to aktywność fizyczna programowana, podejmowana regularnie w celu utrzymania lub poprawy sprawności fizycznej [11].

Aktywność fizyczna przejawia się różnymi czynnościami ruchowymi, które różnią się intensywnością, a także wydatkiem energetycznym (np. marsz, gry zespołowe, joga). Może wpływać na rozwój siły mięśniowej lub poprawiać funkcjonowanie układu krążeniowo-oddechowego. Rekomendacje ćwiczeń fizycznych oparte są na koncepcji FITT (frequency, intensity, time and type) uwzględniają: częstotliwość, intensywność, czas trwania oraz rodzaj ćwiczeń. Charakterystykę ćwiczeń przedstawiono w tabeli 1 [12].

Tabela 1. Charakterystyka ćwiczeń fizycznych

Częstotliwość	- liczba sesji/tydzień - okazjonalnie
Intensywność	- ćwiczeń wytrzymałościowych: % VO_{2peak} lub % szczytowego HR, lub % HRR - ćwiczeń siłowych: % 1 RM lub % 5 RM, lub % szczytowego HR, lub % HRR dla ćwiczeń mieszanych
Czas trwania	- programu ćwiczeń w tygodniach lub miesiącach - liczba dni treningowych w tygodniu - liczba sesji treningowych dziennie - sesji treningowych w godzinach
Rodzaj	- trening wytrzymałościowy (bieganie, jazda na rowerze, wioślarstwo, spacer, pływanie) - trening siłowy lub oporowy - szybkość i wytrzymałość szybkościowa - elastyczność (siedzenie i sięganie, test rozciągania pleców, test ruchomości bocznej) - koordynacja i równowaga
Typ treningu	- metabolicznie: tlenowy vs beztlenowy - wysiłek mięśniowy - izometryczny – izotoniczny - dynamiczny (koncentryczny, ekscentryczny) vs statyczny - ciągły vs interwałowy - duże lub małe grupy mięśniowe

HR – tętno, HRR – rezerwa tętna, RM – powtórzenie wykonywane z maksymalnym obciążeniem, VO_2 – zużycie tlenu, VO_{2peak} – szczytowe zużycie tlenu

Objętość treningowa jest iloczynem intensywności i czasu trwania ćwiczeń (mierzone w kcal lub kJ). Intensywność jest odwrotnie proporcjonalna do czasu trwania wykonywanego wysiłku.

1.2.1. Rodzaje ćwiczeń fizycznych

Uwzględniając sposób pozyskiwania energii ćwiczenia dzieli się na aerobowe, mieszane i anaerobowe [13]. W wysiłkach tlenowych, o małej lub średniej intensywności wykonywanych przez dłuższy czas, energia uzyskiwana jest dzięki procesom utleniania m.in. wolnych kwasów tłuszczowych i aminokwasów. Ćwiczenia aerobowe dynamiczne

ne obejmują duże grupy mięśniowe, zwiększają metabolizm, spalają tkankę tłuszczową. W trakcie wysiłków krótkotrwałych o dużej intensywności zapotrzebowanie energetyczne pokrywane jest również z procesów anaerobowych, które bazują głównie na glikolizie beztlenowej, w wyniku której produkowana jest duża ilość kwasu mlekowego [14, 15]. Ćwiczenia anaerobowe charakteryzują się dużą intensywnością, są krótkotrwałe i mają na celu budowanie wytrzymałości siłowej i wydolnościowej [16]. Wykonywanie wysiłków aerobowych wpływa na poprawę pracy serca, układu krążenia oraz układu oddechowego. Według ACSM (American College of Sports Medicine), aby rozwijać i utrzymać wydolność tlenową osoby dorosłe powinny wykonywać ćwiczenia o intensywności od 55%, 60% do 90% HR_{max} lub 40%, 50% do 85% VO_{2max} . Należy jednak pamiętać, że aby poprawić wydolność tlenową każdy ćwiczący musi indywidualnie osiągnąć lub nawet przekroczyć swój własny próg w odniesieniu do częstotliwości wykonywania wysiłku, czasu trwania i intensywności ćwiczeń oraz, że wraz z poprawą wydolności próg ten będzie coraz wyższy. Zalecane są aktywności poprawiające wydolność sercowo-naczyniową, w zależności od preferencji ćwiczącego, takie jak: bieganie lub slow jogging, jazda na rowerze, pływanie, taniec, spinning, tenis, badminton.

1.2.2. Częstotliwość ćwiczeń

Częstotliwość ćwiczeń określa się liczbą jednostek treningowych wykonywanych w ciągu tygodnia. Według ESC (European Society of Cardiology) 2020 dorośli powinni wykonywać wysiłki tlenowe o umiarkowanej intensywności przez 150–300 minut tygodniowo lub o dużej intensywności 75–150 minut tygodniowo, bądź równoważne mieszanie obu rodzajów wysiłków. Dodatkowo zaleca się wykonywanie 2 lub więcej razy w tygodniu ćwiczeń siłowych o umiarkowanej lub większej intensywności [12].

Głównym celem podejmowania i programowania aktywności fizycznej jest poprawa wydolności tlenowej [17, 18]. Wydolność fizyczna jest to zdolność do wykonywania ciężkich lub długotrwałych wysiłków bez objawów szybko narastającego zmęczenia [14].

1.2.3. Intensywność ćwiczeń

Regularne uprawianie ćwiczeń kondycyjnych wpływa nie tylko na ogólną wydolność organizmu, zmniejsza również ryzyko zachorowania na choroby cywilizacyjne, przede wszystkim te związane z sercem i układem krążenia oraz zapewnia dobre samopoczucie [19]. Wielkość obciążenia wysiłkiem fizycznym (intensywność wysiłku) można określić między innymi za pomocą parametrów, takich jak: częstość pracy serca, zużycie tlenu

(VO_{2max}), wydatek energetyczny, temperatura ciała oraz stosując subiektywną ocenę ciężkości wysiłku – skalę Borga (BS) [20, 21]. Bezwzględna intensywność ćwiczeń fizycznych określana jest ilością energii zużytej w trakcie wysiłku i wyrażana za pomocą równoważnika metabolicznego MET (ang. metabolic equivalent). Względna intensywność ćwiczeń uwarunkowana jest poziomem sprawności i opiera się na własnej maksymalnej zdolności do wykonywania wysiłków fizycznych. To poziom intensywności wysiłku wymagany do wykonania danego zadania ruchowego. Wyrażana jest jako procent maksymalnego poboru tlenu-VO_{2max} [12]. Łatwo dostępnym i szeroko stosowanym parametrem wykorzystywanym do oceny intensywności ćwiczeń jest tętno maksymalne (HR_{max}), a właściwie odsetek tętna maksymalnego (%HR_{max}) [13]. Przykładowe wskaźniki określające intensywność wysiłku dla sportów wytrzymałościowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wskaźniki intensywności wysiłku dla sportów wytrzymałościowych z maksymalnych prób wysiłkowych i strefy treningowe [12]

Intensywność	VO _{2max} (%)	HR _{max} (%)	HRR (%)	Skala RPE	Strefa treningowa
Mała intensywność, lekkie ćwiczenia	<40	<55	<40	10–11	tlenowa
Umiarkowana intensywność	40–69	55–74	40–69	12–13	tlenowa
Duża intensywność	70–85	75–90	70–85	14–16	tlenowa + mleczanowa
Bardzo duża intensywność	>85	>90	>85	17–19	tlenowa + mleczanowa + beztlenowa

HR_{max} – tętno maksymalne, HRR – rezerwa tętna, RPE- subiektywna ocena obciążenia wysiłkiem, VO_{2max} – maksymalne zużycie tlenu

Wyróżnia się wysiłki submaksymalne, maksymalne i supramaksymalne. Wysiłki maksymalne to takie, w których podczas ćwiczeń zapotrzebowanie na tlen równe jest indywidualnej wartości VO_{max}. Wysiłki submaksymalne występują, gdy zapotrzebowanie na tlen jest mniejsze niż VO_{2max}, a supramaksymalne gdy zapotrzebowanie to przewyższa wartość VO_{2max} [22, 23].

1.3. Wybrane parametry oceny intensywności ćwiczeń fizycznych

1.3.1. Maksymalne zużycie tlenu ($\text{VO}_{2\text{max}}$)

Parametr ten określa maksymalną ilość tlenu jaką jest w stanie pobrać organizm w czasie wysiłku o maksymalnej intensywności. $\text{VO}_{2\text{max}}$ jest uważany za miarę tlenowej wydolności organizmu [14, 24]. Wyraża się go w mililitrach tlenu na kilogram masy ciała na minutę (ml/kg/min), co pozwala na zmierzenie indywidualnej wydolności konkretnego człowieka. Im więcej tlenu organizm jest w stanie pochłonąć podczas wysiłku, tym wysiłek ten może być bardziej intensywny oraz trwać dłużej. Czynniki wpływającymi na poziom $\text{VO}_{2\text{max}}$ są między innymi: płeć, wiek, uwarunkowania genetyczne i trening. U kobiet wartości $\text{VO}_{2\text{max}}$ są niższe (25–40 ml/kg/min) niż u mężczyzn (30–55 ml/kg/min) ze względu na niższą masę ciała oraz mniejszą zawartość tkanki mięśniowej [25]. Dla porównania wśród sportowców najwyższy zarejestrowany pułap tlenowy wynosi u mężczyzn 97,5 ml/kg/min (Oskar Svendsen – norweski kolarz), a u kobiet 78,6 ml/kg/min (Joan Benoit – amerykańska biegaczka długodystansowa). $\text{VO}_{2\text{max}}$ zmienia się w ciągu życia – najwyższe wartości osiąga w wieku dojrzewania, następnie trochę się zmniejsza i pozostaje na tym poziomie do 30 roku życia, po czym z upływem lat nieustannie się obniża osiągając 80% maksymalnej wartości u pięćdziesięciolatków, a 60% u osób około 60 roku życia. Na wartości maksymalnego poboru tlenu w sposób istotny wpływają również uwarunkowania genetyczne związane z przewagą w mięśniach danej osoby włókien szybkokurczliwych (dających lepsze predyspozycje do wysiłków beztlenowych) lub wolnokurczliwych predysponujących do wysiłków tlenowych. Regularnie podejmowana aktywność fizyczna o charakterze wytrzymałościowym powoduje zwiększenie o 10–30% wartości $\text{VO}_{2\text{max}}$. Wzrost ten jest rezultatem między innymi zwiększonej pojemności płuc oraz zwiększonej objętości wyrzutowej serca [26].

1.3.2. Równoważnik metaboliczny

Wyznacznikiem kosztu energetycznego wysiłku jest MET (metabolic equivalent – równoważnik metaboliczny). 1 MET jest to objętość tlenu zużytego w spoczynku, w pozycji siedzącej, przez 1 minutę, która wynosi około 3,5 ml tlenu na kilogram masy ciała na minutę. Stosując tę jednostkę można łatwo ocenić koszt energetyczny danego wysiłku dzieląc ilość zużytego tlenu przez 3,5 i przez masę ciała. Wydatek energetyczny podczas wykonywania konkretnych ćwiczeń wyznaczany jest wielokrotnością 1 MET.

Aktywność fizyczna o umiarkowanej intensywności zawarta jest w przedziałach 3–6 MET (spacer w tempie 6 km./godz. – 3 MET), zajęcia fitness o średniej intensywności to wydatek energetyczny około 6 MET, a o dużej intensywności 7–12 MET (np. gra w tenisa – 8 MET) [13, 14, 27, 28, 29].

1.3.3. Próg mleczanowy

Kwas mlekowy powstaje w wyniku pracy mięśniowej niezależnie od charakteru przemian energetycznych [30]. W spoczynku stężenie mleczanu we krwi wynosi około 1 mmol/l. Wzrost intensywności wysiłku powoduje przyrost mleczanu we krwi i kiedy stężenie to wynosi powyżej 2 mmol/l ćwiczący osiąga pierwszy próg mleczanowy (ang. lactate threshold 1; LT1), nazywany też progiem tlenowy. Od tego momentu rozpoczyna się tlenowo-beztlenowa praca mięśniowa. Ćwiczenia wykonywane poniżej i w okolicach progu tlenowego mogą być kontynuowane przez długi czas [22].

Drugi próg mleczanowy (LT2), próg beztlenowy osiągnięty zostaje, w momencie kiedy stężenia mleczanów we krwi wynosi 4 mmol/l. Przeciętnie występuje on przy obciążeniach 50–60% VO_{2max} , ale u osób dobrze wytrenowanych może wystąpić dopiero przy obciążeniach rzędu 80% VO_{2max} i większych. Innym funkcjonującym terminem jest „4-milimolowy próg mleczanowy” (OBLA – onset of blood lactate accumulation), oznaczający obciążenie podczas którego poziom mleczanu we krwi osiąga 4 mmol/l. Przekroczenie progu beztlenowego wiąże się z zastąpieniem procesów mieszanych przemianami beztlenowymi. Treningi wytrzymałościowe, podprogowe, mogą wpłynąć na podwyższenie intensywności wysiłku, przy której osiągany jest LT2. Próg mleczanowy wykorzystywany jest do oceny zdolności do wykonywania wysiłków tlenowych (wyższy próg oznacza lepszą wydolność tlenową), pozwala oceniać progresję treningu wytrzymałościowego [23, 28].

1.3.4. Skala Borga (BS)

Skala ta pozwala subiektywnie ocenić intensywność wysiłku i zmęczenie w oparciu o doznania fizyczne takie jak wzrost częstości pracy serca, intensyfikacja oddychania, ból mięśni czy wzmożona potliwość. BS została opracowana w latach 80. XX wieku przez Gunnara Borga do określania intensywności ćwiczeń dla pacjentów z chorobami kardiologicznymi, a następnie zaczęła być szeroko stosowana w różnorodnych populacjach [31, 32]. Borg potwierdził w swoich badaniach zależność między subiektywnie odczuwanymi oznakami zmęczenia np. intensyfikacją oddychania, dolegliwościami bólowymi

mi a obiektywnymi, fizjologicznymi parametrami pozwalającymi ocenić intensywność wysiłku, takimi jak wartość częstości skurczów serca czy pułap tlenowy. Wartość BS koreluje z faktycznym tętnem ćwiczącego w trakcie ćwiczeń, co daje możliwość szacowania częstości pracy serca podczas aktywności fizycznej [33]. Skala Borga używana jest do oceny intensywności wysiłku wtedy, gdy pomiar częstości skurczów serca nie jest dobrym wskaźnikiem np. w przypadku pacjentów przyjmujących leki, które wpływają na tętno i zmieniają odpowiedź układu krążenia na stres spowodowany wysiłkiem fizycznym [32, 34, 35, 36]. Stosuje się oryginalną skalę Borga w przedziale 6 do 20 (tabela 3), której przydzielone punkty pomnożone przez 10 odpowiadają częstościom pracy serca na minutę (dotyczy to tylko osób młodych i zdrowych). Wartość 6–7 oznacza minimalny wysiłek, 14–15 wysiłek ciężki, a 20 wysiłek maksymalny. Zmodyfikowana skala Borga ocenia intensywność wysiłku w przedziale 0–10 punktów [37]. Wzrost intensywności ćwiczeń oporowych powoduje wzrost subiektywnej oceny ciężkości wysiłku [38].

Tabela 3. Skala odczuwanego wysiłku (RPE) [32]

Skala	Opis
6	Brak
7, 8	Bardzo, bardzo lekki
9, 10	Bardzo lekki
11, 12	Lekki
13, 14	Niezbyt ciężki
15, 16	Ciężki
17, 18	Bardzo ciężki
19	Bardzo, bardzo ciężki
20	Maksymalny

Skalę Borga wykorzystuje się również do oszacowania VO_{2max} . Udowodniono występowanie silnej korelacji między oceną ciężkości postrzegania wysiłku a obiektywnymi wskaźnikami intensywności wysiłku takimi jak częstość skurczów serca, VO_{2max} , stężenie mleczanu we krwi [39–43].

W medycynie oraz fizjoterapii BS stosuje się do przepisywania programów treningowych dla zróżnicowanych populacji, między innymi z chorobami serca, z fibromialgią, pacjentów cierpiących na stwardnienie rozsiane, cukrzycę, otyłych [44–46].

1.3.5. Test mowy (Talk Test)

Test mowy jest praktycznym narzędziem stosowanym do monitorowania i zalecania intensywności wysiłku. Opiera się na założeniu, iż im wyższa jest intensywność wykonywanych ćwiczeń tym bardziej utrudnione jest oddychanie i trudniej jest mówić. Podczas wykonywania wysiłków o niskiej intensywności ćwiczący może śpiewać, swobodnie rozmawiać, o umiarkowanej intensywności może mówić, ale nie śpiewać. Rozmowa jest praktycznie niemożliwa w czasie ćwiczeń o dużej intensywności [47]

1.3.6. Częstość pracy serca

Powszechnie wykorzystywanym i łatwym do zastosowania parametrem pozwalającym ocenić intensywność wysiłku fizycznego jest częstość skurczów serca (HR) [48–55]. Częstość skurczów serca jest silnie skorelowana z pracą jaką serce musi wykonać w wyniku danego obciążenia [56]. Adaptacja układu krążenia do wysiłku fizycznego pozwala na stopniowe zwiększanie obciążeń i poprawę wydolności przy zachowaniu tej samej częstości skurczów serca. Aktywność fizyczna w wyniku której zwiększa się zapotrzebowanie energetyczne pracujących mięśni, powoduje wzmożenie funkcji sercowo-naczyniowych. Serce musi dostosować wyrzut krwi w zależności od indywidualnie zmieniających się obciążeń treningowych. Częstość pracy serca określa się liczbą skurczów na minutę [57]. Zależy ona od funkcji węzła zatokowego, który jest głównym rozrusznikiem serca oraz od węzła przedsionkowo-komorowego, który reguluje przewodzenie depolaryzacji z przedsionków do komór i tym samym bezpośrednio decyduje o częstości skurczów komór serca. Częstość pracy serca jest parametrem pozwalającym monitorować intensywność wysiłku fizycznego. Serce pompuje krew do tętnic, a fale ciśnienia krwi wywołują tętno, które można wyczuć na przebiegu tętnic. Pozwala to na dokonanie palpacyjnego pomiaru liczby drgań tętnicy, odzwierciedlającego liczbę skurczów serca w ciągu minuty [49;58]. Obecnie można dokładniej zmierzyć częstość pracy serca wykorzystując urządzenia takie jak: pulsometry, ciśnieniomierze elektryczne, opaski fitness i smartwatche. Pomiary tętna wykonywane za pomocą sport-testerów pozwalają na bieżącą obserwację tego parametru w różnych częściach zajęć, a ponadto pozwalają na zmierzenie czasu trwania treningu, kontrolę intensywności jednostki treningowej, wyznaczanie przedziałów (min i max) zakresu HR, śledzenie stref intensywności treningu [59–62].

Częstość skurczów serca jest wskaźnikiem szeroko stosowanym nie tylko w celu oceny odpowiedzi serca na wysiłek fizyczny, ale pozwala również zbadać szybkość regeneracji po wysiłku, jak również intensywność wykonywanej aktywności fizycznej [50, 63, 64, 53].

Na częstość skurczów serca mają wpływ między innymi takie czynniki jak: temperatura powietrza, pozycja ciała (gwałtowna zmiana pozycji z niskiej na stojącą), otyłość, emocje, przyjmowanie leków. Wyższa temperatura i wilgotność powietrza mogą spowodować wzrost częstości pracy serca o 5–10 uderzeń na minutę. Zbyt duża dawka leków przyjmowanych w schorzeniach tarczycy może przyczyniać się do zwiększonego tętna, a z kolei zażywanie leków z grupy beta-blokerów może powodować zmniejszenie siły i częstości skurczów serca [65].

Zwiększanie natężenia intensywności ćwiczeń powoduje liniowy wzrost częstości skurczów serca [66–68]. Im większa jest częstość skurczów serca tym wysiłek jest intensywniejszy. Oceny intensywności wysiłku dokonuje się na podstawie procentowej wartości tętna maksymalnego.

1.3.6.1. Tętno maksymalne

Tętno maksymalne jest to największa liczba skurczów serca podczas wysiłków o maksymalnej intensywności [69]. Na uzyskiwane wartości częstości skurczów serca mają wpływ różne czynniki środowiskowe związane np. z porą dnia, temperaturą otoczenia, okresem treningowym (np. w okresie roztrenowania tętno rośnie). Wartości te mogą się różnić o 3 do 6 skurczów na minutę u tego samego badanego, podczas takiego samego treningu. Za pracę serca, podobnie jak innych narządów naszego organizmu odpowiada układ nerwowy; przeciwstawnie działający układ współczulny i przywspółczulny. Pobudzenie układu współczulnego powoduje uwalnianie substancji zwanych katecholaminami (adrenalina, noradrenalina, dopamina). Powodują one wzrost siły oraz częstości skurczów serca w sytuacjach stresogennych. Wysiłek fizyczny zalicza się do tego typu sytuacji.

Pod wpływem regularnie podejmowanej aktywności fizycznej lub wyczynowych treningów dochodzi do zmniejszania się ilości uwalnianych katecholamin, a tym samym obniżenia wartości tętna wysiłkowego w stosunku do obciążenia. Z kolei pobudzenie układu przywspółczulnego i napięcia nerwu błędnego dochodzącego do serca, uspokaja jego działanie i powodują bradykardię objawiającą się obniżeniem częstości skurczów serca w spoczynku. Czynniki mającymi wpływ na maksymalną częstość pracy serca są między innymi wielkość komór oraz plastyczność serca. Są to czynniki wpływające również na wartości uzyskiwanego pułapu tlenowego. Powodują one u osób wytrenowanych wtłaczanie większej objętości krwi do krwioobiegu podczas pojedynczego skurczu (objętość wyrzutowa), co pozwala na utrzymanie odpowiedniej objętości minutowej

(częstość skurczów serca $\times$ objętość wyrzutowa w ciągu 1 minuty) na odpowiednim poziomie przy zmniejszonej częstości skurczów serca.

Tętno maksymalne określane jest między innymi w celu ustalenia punktu odniesienia na podstawie którego można ustalić strefy intensywności wysiłku [70]. Utrzymywanie tętna w określonych zakresach intensywności pozwala na realizację wyznaczonych celów, wiąże się też z innym rodzajem przemian energetycznych zachodzących w organizmie. Częstość pracy serca to parametr wykorzystywany w tworzeniu programów treningowych [31, 71].

Zalecenia dotyczące aktywności fizycznej określane są procentami przewidywanego tętna maksymalnego, które zazwyczaj wyliczane jest z formuły Fox (220-wiek) [72]. Tętno maksymalne obniża się z wiekiem [72–78].

Maksymalną częstość pracy serca określa się bezpośrednio podczas testów wydolnościowych zgodnie z protokołami rampowymi uwzględniającymi wiek uczestnika testu [79, 80], w warunkach kontrolowanych, podczas których badany poddawany jest wzrastającym, maksymalnym obciążeniom treningowym aż do momentu wyczerpania i odmowy kontynuowania wysiłku. Ze względu na brak możliwości wykonania wydolnościowych testów laboratoryjnych, często wielkość tętna maksymalnego wyznacza się pośrednio na podstawie istniejących wzorów opartych na wieku badanego [72]. Trafność formuł poparta wieloma badaniami pozwala na używanie ich również w sytuacjach, gdy istnieją przeciwwskazania do wykonania wyczerpującego testu wysiłkowego GXT (Graded Exercise Test), a także jako narzędzie pozwalające ocenić sprawność uczestniczących w zawodach sportowców. Najczęściej stosuje się wówczas formułę zaproponowaną przez Fox ($HR_{max} = 220 - \text{wiek}$) [72] lub Tanaka ($208 - 0,7 \times \text{wiek}$) [76]. Do obliczania tętna maksymalnego z wieku szeroko stosowana jest również tzw. metoda Karvonena, w której dodatkowo uwzględnia się tętno spoczynkowe HR_r [50]. W metodzie tej wykorzystuje się pojęcie rezerwy maksymalnej częstości skurczów serca (HRR) – jest to różnica między HR_{max} , które wyliczane jest z równania Fox (220-wiek), a spoczynkową wartością skurczów serca HR_r .

Powszechnie zaleca się stosowanie równania Fox do przewidywania tętna maksymalnego [81]. Szereg badań wskazuje jednak na ograniczoną dokładność tej powszechnie stosowanej formuły [79, 82–87]. Równanie Fox ma odchylenie standardowe 10–12 skurczów na minutę [88].

Istnieją sprzeczne spostrzeżenia dotyczące empirycznych wartości HR_{max} : według niektórych doniesień mogą się one różnić w zależności od poziomu aktywności fizycznej [89–91], inne wykazują brak różnic [92, 93]. Podobne rozbieżności dotyczą wpływu płci

badanych; między innymi Lester i wsp. [89] oraz Morris i wsp. [90] wskazują, iż wpływa ona na uzyskiwane wartości HRmax, według innych badań nie [76, 94].

1.3.6.2. Tętno spoczynkowe

Tętno spoczynkowe HRr odzwierciedla wydolność krążeniowo-oddechową; im niższa wartość HRr tym lepsza wydolność [95, 96]. Pomiaru tego parametru dokonuje się w stanie wypoczynku fizycznego i psychicznego, tuż po przebudzeniu. HRr pozwala ocenić stopień wytrenowania organizmu. Osoby wytrenowane mają niższe tętno spoczynkowe niż osoby mało aktywne. U osób mało aktywnych tętno to wynosi około 70 uderzeń na minutę, u osób aktywnych fizycznie jest niższe i wynosi 40–50 skurczów na minutę, a u sportowców może wynosić 30 skurczów na minutę [69]. Zwolnienie częstości skurczów serca w spoczynku nosi nazwę bradykardii spoczynkowej. Wraz z obniżeniem częstości skurczów serca zwiększa się objętość wyrzutowa serca, aby utrzymana została objętość minutowa. Niższe wartości tętna spoczynkowego u osób aktywnych związane są z tym, że regularne podejmowanie aktywności fizycznej powoduje zmiany w budowie i zwiększenie wydajności pracy serca. Liczne badania potwierdzają, że systematyczne ćwiczenia fizyczne wpływają na obniżenie HRr [97, 98]. Regularne kontrolowanie tętna spoczynkowego pozwala zaobserwować zmiany sprawności sercowo-naczyniowej, wykryć stan przetrenowania objawiający się wyższym tętnem spoczynkowym od średnich wartości oraz na szybką interwencję w przypadku wysokiego tętna spoczynkowego (powyżej 80 uderzeń/min) niosącego z sobą zagrożenie chorobami sercowo-naczyniowymi. Wysokie tętno spoczynkowe może być powiązane z: nadczynnością tarczycy, stresem, nadciśnieniem, chorobami serca, anemią, niewydolnością układu oddechowego, nadużywaniem używek lub wysokim poziomem cukru w diecie [99–102]. Może być też predyktorem występowania nadciśnienia tętniczego w średnim wieku [103].

Na wysokość tętna spoczynkowego mają wpływ warunki środowiskowe oraz styl życia (między innymi aktywność fizyczna) [104]. Wysoka temperatura otoczenia i wysokość geograficzna powodują wzrost tętna spoczynkowego.

1.4. Rodzaje treningów

1.4.1. Trening aerobowy

Treningi aerobowe mogą być realizowane w sposób ciągły lub interwałowy. Trening interwałowy polega na wykonywaniu krótkich serii ćwiczeń o wysokiej intensywności prze-

platanych odpowiednio, dla danego ćwiczącego, długim czasem aktywnego odpoczynku [105, 106]. Treningi interwałowe mocniej obciążają układ krążenia i oddechowy, powodują przyspieszenie metabolizmu, są bardziej efektywne i atrakcyjne dla ćwiczącego [107].

1.4.2. Trening oporowy

Parametrem wykorzystywanym do monitorowania intensywności treningów oporowych jest 1RM (ang. one repetition maximum) – jest to wielkość ciężaru, którą ćwiczący może podnieść jeden raz (ciężar maksymalny). Mimo, iż jest to bezpieczna metoda oceny siły, zaleca się stosowanie 5RM – maksymalny ciężar, który badana osoba może podnieść pięć razy [108]. W treningu oporowym wskazane jest, aby liczba powtórzeń była odwrotnie proporcjonalna do intensywności. Wyróżnia się następujące strefy: aerobowy trening wytrzymałościowy ($> 20\%$ 1RM), trening wytrzymałościowy mięśni ($30\text{--}50\%$ 1RM; 15–30 powtórzeń), trening przyrostu siły ($50\text{--}70\%$ 1RM; 8–15 powtórzeń). Zaleca się wykonywać treningi siłowe 2–3 razy w tygodniu, 1–3 serii, 8–15 powtórzeń danego ćwiczenia. Lepsze korzyści w kształtowaniu siły mięśniowej daje wykonywanie ćwiczeń w więcej niż 1 serii [109] oraz stosowanie dłuższych 3–5 minutowych przerw między seriami [110].

1.5. Strefy intensywności wysiłku

Wyznaczono pięć stref intensywności wysiłku; bardzo lekki ($< 57\%$ HR_{max}), lekki ($57\text{--}63\%$ HR_{max}), umiarkowany ($64\text{--}76\%$ HR_{max}), duży ($77\text{--}95\%$ HR_{max}) oraz bliski maksymalnemu lub maksymalny ($96\text{--}100\%$ HR_{max}) [111]. Strefy tętna są dostępnym i łatwym sposobem monitorowania i zalecania treningu fizycznego. Analizując piśmiennictwo można zauważyć, że zakresy poszczególnych stref różnią się w zależności od źródła ich opracowania. Popularny i łatwy w zastosowaniu jest podział stref (stosowany w rekreacji) proponowany przez firmę Polar:

- **Strefa I ($50\text{--}60\%$ HR_{max})** – często określana jako lekkiego wysiłku lub regeneracyjna. W tej strefie ćwiczenia mają niską intensywność, mogą być długo wykonywane, a ćwiczący jest w stanie swobodnie rozmawiać. Ćwiczenia stosowane na początku sesji treningowej mające na celu przygotowanie organizmu do wysiłku, rozgrzanie go oraz tzw. cool down czyli uspokojenie po wysiłku odbywają się w tej strefie. Wysiłek fizyczny w tych zakresach pracy serca stosowany jest również w celu odpoczynku, regeneracji po ciężkich jednostkach treningowych.

- **Stefa II (60–70% HR_{max})** – Energia do wysiłków w tej strefie pozyskiwana jest z przemian tłuszczowych. W tej strefie wykonuje się długotrwałe treningi o stałej intensywności. Wysiłki wykonywane w tych zakresach tętna powodują wzmocnienie układu mięśniowo – szkieletowego, spalanie tkanki tłuszczowej oraz zwiększają wydolność. Stefa ta jest podbudową dla innych treningów. Wysiłek fizyczny w tej strefie rekomendowany jest dla osób początkujących ze względu na to, że nie przeciąża nadmiernie pracujących mięśni i nie wiąże się z koniecznością długiej regeneracji.
- **Stefa III (70–80% HR_{max})** – Zwiększenie obciążenia ćwiczącego powoduje konieczność wzmożonej pracy nad oddechem. W tej strefie organizm adoptuje się do cięższej pracy. Energia pochodzi z metabolizmu glukozy i tłuszczów, nadal w zakresach przemian tlenowych. Wydłuża się czas potrzebny na regenerację. Wpływa na poprawę wydolności krążeniowo-oddechowej.
- **Stefa IV (80–90% HR_{max})** – bardzo intensywny wysiłek. Maleje wykorzystywanie tłuszczów, głównym źródłem energii jest glukoza. Wzrasta akumulacja mleczanu. Narastają procesy zmęczenia. Celem tego typu treningu jest zwiększenie tolerancji na kwasice metaboliczną.
- **Stefa V (90–100% HR_{max})** – został przekroczony próg mleczanowy. Wykonuje się w niej bardzo ciężkie, krótkotrwałe wysiłki między innymi w celu określenia tętna maksymalnego. Trening w tej strefie wskazany jest głównie dla sportowców i jego celem jest poprawa wytrzymałości siłowej oraz przygotowanie do startu w zawodach. Cel w jakim podejmowany jest trening fizyczny związany jest z wykonywaniem wysiłku w określonych strefach tętna.

W celu utrzymania lub podnoszenia wydolności sercowo-naczyniowej rekomenduje się wysiłek w przedziale 55 do 90% HR_{max} lub 40 do 85% HRR. Osoby bardziej wytrenowane wykonają cięższą pracę przy danych parametrach częstości pracy serca. Względna intensywność wysiłku jest jednakże taka sama dla osób z wyższym i niższym poziomem wydolności [112]. Progową wartość częstości skurczów serca oraz optymalne zakresy oblicza się najczęściej metodą procentu maksymalnej pracy serca lub metodą Karvonena, w której należy obliczyć procent od wartości HRR. Rezerwę częstości skurczów serca oblicza się odejmując od maksymalnej wartości częstości akcji serca częstość skurczów serca mierzoną w spoczynku tuż po przebudzeniu.

HR_{max} jest narzędziem pozwalającym określać ilość zalecanego wysiłku fizycznego, jego intensywność, monitoring i prognozowanie [113]. Istnieje około 40 wzorów pozwalających na predykcję tętna maksymalnego. Niektóre z nich przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wzory na przewidywane z wieku tętno maksymalne HR_{max}

Badania	Algorytm
Robinson 1938 [243]	$HR_{max} = 212 - 0,77 \times \text{wiek}$
Fox 1971 [72]	$HR_{max} = 220 - \text{wiek}$
Hossack 1982 [244]	Kobiety: $HR_{max} = 206 - 0,597 \times \text{wiek}$ Mężczyźni: $HR_{max} = 227 - 1,067 \times \text{wiek}$
Tanaka 2001 [76]	$HR_{max} = 208 - (0,7 \times \text{wiek})$
Fairbairn [74]	Kobiety: $HR_{max} = 201 - 0,63 \times \text{wiek}$ Mężczyźni: $HR_{max} = 208 - 0,80 \times \text{wiek}$
Gellish 2007 [215]	$HR_{max} = 191,5 - 0,007 \times \text{wiek}^2$
Nes 2013 [133]	$HR_{max} = 211 - 0,64 \times \text{wiek}$
Arena 2016 [245]	$HR_{max} = 209,3 - 0,72 \times \text{wiek}$

Tętno maksymalne można określić na podstawie zapisu po intensywnym wysiłku [114] oraz wykorzystując wzory pozwalające na jego oszacowanie. Pierwszym, który zajął się tą kwestią pod koniec lat 30. XX wieku, był Robinson ($212 - 0,77 \times \text{wiek}$). Kolejne to najczęściej stosowane równanie 220-wiek. Obecnie szeroko stosowana jest formuła Tanaki in. $HR_{max} = 208 - (0,7 \times \text{wiek})$ opracowana w 2001 r.

Powszechnie znane i stosowane równanie 220-wiek przeszacowuje HR_{max} u młodszych dorosłych i zaniża przewidywane wartości u osób powyżej czterdziestu lat [76, 115]. Wyliczone wartości maksymalnych częstości skurczów serca, a tym samym zakresy pracy serca podczas treningu, różnią się w zależności od zastosowanej formuły.

1.6. Rola motywacji w podejmowaniu aktywności fizycznej

Zgodnie z teorią potrzeb, to właśnie potrzeby kierują zachowaniem człowieka i sprawiają, że wytrwale dążymy do ich zaspokajania [116]. Według Masłowa potrzeby są zhierarchizowane. Najniżej znajdują się te dla człowieka podstawowe, fizjologiczne takie jak pragnienie i głód (potrzeby niedoboru), a najwyżej te związane z samorealizacją i samo-spełnieniem (potrzeby wzrostu) [117]. U podstaw naszego działania według McClellan-da [118] leżą potrzeby władzy, przynależności i osiągnięć. Z badań Fiske [119] wynika, że najważniejsze są potrzeby społeczne: przynależności, nadzoru, zaufania. Kruglanski [120] wskazuje, że zachowanie człowieka wynika z potrzeby uczenia się i poznawania. Stangor [121] zakłada, że to potrzeby związane z „ja”, z dobrą samooceną, akceptacją oraz potrzeby poznawcze wytyczają nam kierunki działania.

Wszelka działalność podejmowana przez człowieka jest wynikiem mieszaniny różnych czynników zarówno tych uświadomionych jak i tych nieświadomych, związanych z odczuwanymi emocjami, fizjologicznymi, społecznymi [122]. Wyróżniamy dwa rodzaje motywacji: wewnętrzną i zewnętrzną.

O motywacji zewnętrznej mówimy wtedy, gdy motywy działania są narzucane przez środowisko zewnętrzne. Najczęściej działanie takie trwa tak długo, jak długo jesteśmy do niego, z różnych względów środowiskowych zmuszani. W sytuacjach, gdy mamy do czynienia z zachowaniem motywowanym wewnętrznym, sami dobrowolnie podejmujemy dane działanie i wytrwale dążymy do celu. Ten rodzaj motywacji wpływa na lepsze nastawienie, zdolność uczenia się i sprawia, że samo wykonywanie zadania jest nagrodą [123].

Zajęcia sportowe prowadzone na uczelni pełnią istotną rolę w promowaniu aktywności fizycznej młodzieży [124–126]. Ryan R. i Deci E. twórcy teorii samookreślenia [127, 128] uważają, iż motywacja wewnętrzna przejawia się we wrodzonej potrzebie wyzwań, poszukiwania nowości, samodoskonalenia, zgłębiania wiedzy [129]. Podłożem tej motywacji są potrzeby: autonomii, kompetencji i relacji z innymi [129, 130]. Za sprawą potrzeby kompetencji człowiek jest aktywny, chłonny nowej wiedzy, doświadczeń i poczucia sensu swojej działalności. Potrzeba autonomii odnosi się do możliwości bycia przyczyną, kreowania zdarzeń. Autonomia ujęta jest przez autorów jako możliwość wyboru, nawet w sytuacjach uzależnienia od innych osób. Potrzeba relacji z innymi wiąże się z nawiązywaniem i podtrzymywaniem relacji międzyludzkich, pomagania innym, ale też otrzymywaniem wsparcia.

2. Założenia pracy

Młodzież akademicka uczestnicząca w zajęciach sportowych organizowanych w Studium Wychowania Fizycznego i Sportu Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu jest grupą bardzo zróżnicowaną. Znajdują się w niej osoby o różnym typie budowy, poziomie sprawności, temperamencie, zainteresowaniach, z najprzeróżniejszym bagażem wcześniejszych doświadczeń związanych z podejmowaniem aktywności fizycznej i w końcu z odmiennym nastawieniem do zajęć sportowych. Są studenci, którzy uczestniczą w zajęciach ruchowych tylko dlatego, że są one obowiązkowe i należy je zaliczyć. Jest też grupa takich, którzy chętnie uczestniczą np. w obowiązkowych zajęciach wychowania fizycznego, którzy mają świadomość ich korzystnego wpływu na organizm w sensie fizycznym, jak i psychicznym, łączą je z pozytywnymi emocjami i możliwością odreagowania stresu. Kolejną grupę stanowią sportowcy – studenci, których można spotkać w Studium codziennie, a czasami nawet kilka razy dziennie, którzy z obowiązku do południa biorą udział w zajęciach z przedmiotów zawodowych, wychowania fizycznego, a wieczorami z własnej inicjatywy w zajęciach sekcji i fakultetach sportowych. Studenci uczestniczący w uczelnianych zajęciach sportowych są też bardzo zróżnicowani pod względem poziomu sprawności fizycznej. Od osób mało sprawnych, z niskim poziomem rozwoju właściwości motorycznych (ale często chętnych, aby się rozwijać i zaangażowanych) po sportowców o bardzo wysokiej sprawności – mistrzów w uprawianej dyscyplinie.

Jeden z twórców medycyny polskiej, propagator kultury fizycznej Wojciech Oczko (1537–1599) powiedział, że „Ruch jest w stanie zastąpić prawie każdy lek, ale wszystkie leki razem wzięte nie zastąpią ruchu”. Z aktywnością fizyczną jest podobnie jak z lekiem – skuteczność zależy od dawki. Zbyt duża intensywność może zaszkodzić, prowadzić do przetrenowania, grozić kontuzją, zniechęcać do ruchu. Zbyt niska natomiast nie doprowadzi do pożądanych zmian adaptacyjnych. Dlatego ważne jest, by prowadzący zajęcia, tak dobierał ćwiczenia i formy prowadzenia zajęć, aby były one zindywidualizowane, możliwe do wykonania i atrakcyjne dla uczestniczących w nich studentów, ale również, aby miały odpowiednią intensywność, która wpłynie na poprawę i utrzymanie wydolności.

Zadaniem nauczyciela i trenera prowadzącego zajęcia ruchowe ze studentami jest odpowiednie programowanie zajęć, tak aby zapewnić balans strukturalny czyli równowagę siły i masy mięśniowej pomiędzy poszczególnymi segmentami naszego ciała: przód vs. tył; górna połowa ciała vs. Dolna połowa ciała; prawa strona ciała vs. lewa strona ciała. Prowadzący powinien się również skupić na wyuczeniu prawidłowych wzorców ruchowych, czyli konkretnej techniki wykonania danego ćwiczenia, ze świadomością własnego ciała, które pozwolą zapewnić studentom zdrowie i sprawność.

Systematyczny udział w grupowych zajęciach sportowych może istotnie poprawić jakość życia studentów zarówno w aspekcie fizycznym, psychicznym jak i emocjonalnym. Niezbędnym warunkiem wystąpienia powyższych skutków zdrowotnych jest zadbanie przez prowadzącego zajęcia o to, aby były one na tyle intensywne, żeby wywołać wystarczający wzrost częstości pracy serca. Sport testery, pozwalają kontrolować intensywność prowadzonych zajęć poprzez pomiar parametrów takich jak: tętno spoczynkowe (HRr), tętno na szczycie wysiłku (HRp) czy czas przebywania w strefach o wyznaczonej intensywności.

Coraz bardziej wzrasta świadomość roli aktywności fizycznej i jej wpływu na zdrowie i poprawę jakości życia. Ogromną rolę w kształtowaniu odpowiednich postaw i nawyków bycia aktywnym odgrywają zajęcia wychowania fizycznego. Zajęcia te nie tylko powinny dbać o harmonijny rozwój fizyczny, psychiczny, społeczny i poznawczy uczniów i studentów, ale przede wszystkim powinny wyrabiać w nich całościową postawę bycia odpowiedzialnym za swoje zdrowie między innymi poprzez wyposażenie młodzieży w odpowiednie kompetencje umożliwiające podejmowanie różnego rodzaju aktywności fizycznej w dorosłym życiu [131].

Na Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu prowadzone są zajęcia promujące aktywność fizyczną w ramach obowiązkowych zajęć wychowania fizycznego oraz przedmiotów zawodowych (realizowanych dla studentów z kierunku fizjoterapii, ratownictwa medycznego, kosmetologii). Studenci mogą też dobrowolnie uczestniczyć w fakultetach oraz zajęciach sekcji sportowych. Z moich wieloletnich obserwacji wynika, że studenci dobrowolnie uczestniczący w zajęciach sportowych, którzy wybierają odpowiadającą im formę aktywności są bardziej entuzjastycznie nastawieni do zajęć, angażują się w większym stopniu w ćwiczenia i czerpią z nich więcej przyjemności. Według doniesień naukowych studenci, którzy uprawiają sport wyczynowo są dwukrotnie częściej aktywni i przeznaczają swój wolny czas na rekreację ruchową w porównaniu ze studentami nie uprawiającymi sportu [132, 133].

Jak już wspominałam, tętno maksymalne szacowane z formuły Fox nie jest takie samo jak wyliczane z innych formuł. Konsekwencją zastąpienia reguły Fox inną formułą może być przededefiniowanie tętna. Zatem, optymalne zakresy tętna dla ćwiczeń, które są definiowane wg procentów HR_{max} , mogą być różne. Zupełnie inaczej wyglądać mogą również parametry pozwalające ocenić intensywność treningu, takie jak np. czasy spędzone w strefie. Ostatecznie rodzaj zastosowanej formuły w tworzeniu programów treningowych może prowadzić do niedotrenowania lub przetrenowania.

Równania pozwalające przewidzieć tętno maksymalne z wieku zostały przeanalizowane w różnych populacjach: zdrowych dorosłych [134], osób z nadwagą [135], sportowców [136].

Nie udało mi się znaleźć zbyt wielu doniesień naukowych oceniających dokładność wzorów predykcyjnych HR_{max} opartych na wieku, dotyczących młodzieży akademickiej oraz wpływ zastosowanego wzoru na wyznaczanie intensywności aktywności fizycznej.

Nie znalazłam również badań, w których porównywano by zaangażowanie studentów w wykonywane ćwiczenia podczas zajęć sportowych, ze względu na to czy uczestniczą w nich z wyboru czy są to zajęcia z obowiązku.

Potrzeba sprawdzenia powyższych kwestii w celu podniesienia jakości zajęć sportowych prowadzonych przez Studium WFiS skłoniła mnie do podjęcia badań i sformułowania kilku tez badawczych.

Hipotezy badawcze:

1. Rodzaj zajęć sportowych, z obowiązku lub z wyboru, w których uczestniczą studenci UMP ma wpływ na:
 - odczuwane maksymalne zmęczenie w czasie ćwiczeń,
 - zachowanie się częstości pracy serca przed zajęciami, w czasie rozgrzewki i podczas ćwiczeń.
2. Rodzaj zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego może wpływać na ocenę intensywności wysiłku w różnych zakresach treningowych w oparciu o pomiar tętna i czas spędzony w docelowych strefach.

3. Cele pracy

Cele badawcze mojej pracy realizowanej w grupie studentów UMP ćwiczących w ramach zajęć sportowych, z obowiązku lub wyboru, to:

1. Ocena zaangażowania studentów w realizację ćwiczeń podczas zajęć sportowych poprzez porównanie:
 - maksymalnego odczuwanego zmęczenia według skali Borga w czasie ćwiczeń w zależności od rodzaju zajęć,
 - zachowania się różnych wskaźników częstości pracy serca w zależności od rodzaju zajęć,
 - czasu spędzonego w docelowym zakresie tętna w zależności od rodzaju zajęć.
2. Porównanie wpływu zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych, w oparciu o pomiar tętna.

4. Badana populacja i metody

4.1. Badani

Badania przeprowadzone zostały za zgodą Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (UMP) – uchwała nr 354/10, w Studium Wychowania Fizycznego i Sportu Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu w latach 2009–2013. Przebadano łącznie 538 studentów, kształcących się w trybie stacjonarnym i niestacjonarnym na wszystkich wydziałach UMP: Wydziału Lekarskiego I, Wydziału Lekarskiego II, Wydziału Farmaceutycznego i Wydziału Nauk o Zdrowiu. Badaniami objęto studentów, którzy uczestniczyli w zajęciach obowiązkowych takich jak wychowanie fizyczne i przedmioty zawodowe oraz tych którzy dobrowolnie uczestniczyli w fakultetach i treningach sekcji sportowych. Wykaz rodzaju zajęć, podczas których realizowano badania przedstawia tabela 5. Zajęcia z przedmiotów zawodowych były przeprowadzane dla kierunków Fizjoterapii, Ratownictwa Medycznego i Kosmetologii. Natomiast zajęcia wychowania fizycznego, fakultatywne i sekcji obejmowały studentów wszystkich kierunków. Zestawienie form aktywności, z uwzględnieniem ogólnego podziału na zajęcia obowiązkowe i dobrowolne, w trakcie których przeprowadzono badania zostało przedstawione w tabeli 5. Jedynym kryterium badań było posiadanie przez studentów zdolności lekarskiej do wykonywania ćwiczeń fizycznych.

Tabela 5. Zestawienie form aktywności w toku których przeprowadzano badania

Zajęcia obowiązkowe	Zajęcia dobrowolne	
Przedmioty zawodowe: - lekkoatletyczne formy rehabilitacji ruchowej, - Kształtowanie sylwetki i postawy ciała.	Fakultety sportowe: - aerobik, - siatkówka, - siłownia, - taniec, - tenis, - trening cardio.	Sekcje Sportowe: - aerobik, - ergometr wioślarski, - koszykówka kobiet i mężczyzn, - kulturystyka, - lekkoatletyka, - piłka nożna, - pływanie, - siatkówka kobiet i mężczyzn, - tenis stołowy, - tenis, - unihokej.
Wychowanie fizyczne: - aerobik, - mini gry, - siłownia, - taniec, - tenis, - trening cardio.		

Materiał badawczy zbierany był podczas losowo wybranych zajęć, prowadzonych przez różnych nauczycieli i trenerów. Każdy z prowadzących realizował swój autorski program nauczania. W żaden sposób nie ingerowano w treści i sposób prowadzenia zajęć.

4.2. Metody badań

Zarejestrowano wzrost, masę ciała i wiek uczestników. W celu określenia masy ciała studenci zostali zważeni przy wykorzystaniu cyfrowej wagi platformowej (AXIS, model B150L, Polska). Pomiaru wzrostu dokonano za pomocą antropometru. W oparciu o formułę DuBois & DuBois [136] wyliczono BSA (powierzchnię ciała). Określono również BMI – wskaźnik masy ciała [138, 139]. Do oszacowania maksymalnej częstotliwości skurczów serca zastosowano równanie Fox (220-wiek) [72, 79]. Po dokonaniu pomiarów antropometrycznych studenci założyli opaski z pulsometrem na klatę piersiową oraz zegarkowy komputer treningowy na lewy nadgarstek. Częstość skurczów serca była rejestrowana przez cały czas trwania badania za pomocą aparatu Polar RS 100TM.

Bezpośrednio przed rozpoczęciem badań w celu określenia wartości tętna spoczynkowego (HRr) studenci przez 3 minuty przebywali w pozycji siedzącej. Wartości HRr zostały zaprotokołowane. W trakcie tego odpoczynku studenci zostali zapoznani z założeniami piętnastopunktowej Skali Borga (BS) pozwalającej ocenić subiektywnie odczuwane zmęczenie w zakresie 6 do 20, gdzie 6 oznacza minimalny wysiłek, a 20 maksymalne zmęczenie [31]. Zostali oni poproszeni o zapamiętanie momentu subiektywnego największego poziomu zmęczenia. Dla każdego badanego została zaprogramowana strefa wartości pracy serca na poziomie 85% ($\pm$ 3%) HR_{max} wyliczonego z formuły Fox (220-wiek). Dla celów badawczych ćwiczenia z taką intensywnością określone zostały jako praca w strefie – Strefa 1, poniżej – Strefa 2 i powyżej – Strefa 3. Po zakończeniu trwającego około 90 minut badania studenci zdjęli opaski i zegarki oraz podali przydzieloną wartość subiektywnego odczucia zmęczenia wg Skali Borga.

W pracy wykorzystano i wpisano do protokołu wartości częstości skurczów serca uzyskane w: spoczynku (HRr), największą wartość częstości skurczów serca uzyskaną podczas rozgrzewki (HRwu), na szczycie wysiłku (HRp) oraz subiektywną ocenę maksymalnego zmęczenia w czasie zajęć sportowych – skala Borga 6–20.

Szacowane HR_{max} wyliczane z powszechnie stosowanego równania 220-wiek porównano z wartościami obliczonymi z formuły Fairbairn, Gellish² i Tanaka (tabela 2).

Dodatkowo wyliczono następujące parametry:

- dHRr-wu – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a osiągniętą podczas rozgrzewki

$$dHRr-wu = HR_{wu} - HR_r$$

- dHRwu-p – zmiana częstości pracy serca między wartością osiągniętą w czasie rozgrzewki a szczytem wysiłku:

$$dHRwu-p = HR_p - HR_{wu}$$

- dHRr-p – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową:

$$dHRr-p = HR_p - HR_r$$

- eHRFairbarn – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły:

$$\text{Kobiety: } HR_{\max} = 201 - 0,63 \times \text{wiek}$$

$$\text{Mężczyźni: } HR_{\max} = 208 - 0,80 \times \text{wiek}$$

- eHRGellish₂ – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły:

$$HR_{\max} = 191,5 - 0,007 \times \text{wiek}^2$$

- eHRTanaka – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły:

$$HR_{\max} = 208 - 0,7 \times \text{wiek}$$

- rHRp/220 – stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego ze wzoru $HR_{\max} = 220 - \text{wiek}$;
- rHRp/Fairbarn – stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego według formuły Fairbarn;
- rHRp/Gellish₂ – stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego ze wzoru Gellisha₂;
- rHRp/Tanaka – stosunek HRp do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego ze wzoru Tanaka;
- rHRwu/220 – stosunek HRwu do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego ze wzoru $HR_{\max} = 220 - \text{wiek}$;
- rHRwu/Fairbarn – stosunek HRwu do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego z formuły Fairbarn;
- rHRwu/Gellish₂ – stosunek HRwu do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczonego z algorytmu Gellish₂;

- rHRwu/Tanaka – stosunek HRwu do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (eHR_{max}) obliczanego według formuły Tanaka;
- Z_czas1 – czas spędzony w docelowej strefie;
- Z_czas2 – czas spędzony poniżej docelowej strefy;
- Z_czas3 – czas spędzony powyżej docelowej strefy;
- Z_czasrel1 – udział czasu w docelowym zakresie tętna w całym ćwiczeniu;
- Z_czasrel2 – udział czasu spędzonego poniżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu;
- Z_czasrel3 – udział czasu spędzonego powyżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu.

4.3. Analiza statystyczna

Dane jakościowe przedstawiono jako liczbę N oraz częstość występowania w całej grupie lub odpowiedniej podgrupie. Rozkład danych ciągłych oceniano testem D'Agostino-Pearsona. Jedynie część danych ciągłych charakteryzowała się rozkładem normalnym, z tego powodu do ich opisu wykorzystano zarówno średnie $\pm$ odchylenie standardowe (SD), jak i medianę wraz z wartościami 25. i 75. percentyla. Wszystkich badanych studentów podzielono w zależności od rodzaju zajęć na:

- 2 grupy, tj. zajęcia obowiązkowe lub z wyboru. W tym przypadku dane ciągłe porównywano testem Mann-Whitneya, a jakościowe dokładnym testem Fishera.
- 4 grupy, tj. obowiązkowe przedmioty zawodowe, obowiązkowe wychowanie fizyczne, z wyboru fakultety oraz z wyboru sekcje sportowe. Dane ilościowe porównano testem Kruskala-Wallisa (nieparametryczna ANOVA), a jakościowe testem χ^2 Pearsona dla trendu. Ponadto w przypadku 4 rodzajów zajęć dodatkowo porównano dane ciągłe analizą kowariancji (ANCOVA) dostosowaną do wieku i płci badanych studentów z wykorzystaniem post-testów, a wyniki zaprezentowano jako szacowaną graniczną średnią (EMM – estimated marginal mean) i błąd standardowy (SE – standard error).

Dodatkowo dla porównania wskaźników pochodzących z pomiaru częstości pracy serca i odnoszących się do szacunkowej wartości maksymalnego tętna wg wieku, zastosowano analizę wariancji dla zmiennych powtarzanych (repeated measures ANOVA) (wszystkie parametry poddane tej analizie miały rozkład normalny) z post-testami, po-

równanymi przy analizowanych zmiennych. Wszystkie parametry poddane tej analizie miały rozkład normalny). Wartość p dla ANOVA i post-testów została skorygowana poprawką Bonferroniego dla wielokrotnych porównań.

W pracy za istotne uznano wartości współczynnika $p < 0,05$. Analizę przeprowadzono przy użyciu programu MedCalc Statistical Software wersja 19,1 (MedCalc Software, Ostend, Belgia, 2019).

5. Wyniki

5.1. Charakterystyka przebadanej grupy

Podsumowanie danych jakościowych i ilościowych wszystkich przebadanych studentów przedstawiono w tabelach 6 i 7. Mężczyźni (133) stanowili około 1/4 wszystkich przebadanych. Nieco ponad połowa zajęć miała charakter obowiązkowy, przy czym najczęściej były to zajęcia w ramach Wychowania fizycznego 29% i Przedmiotów zawodowych 24%.

Tabela 6. Rozkład częstości danych jakościowych w całej grupie

	N	%
Zajęcia obowiązkowe:	288	53,5
- przedmioty zawodowe (grupa 1)	130	24,2
- wychowanie fizyczne (grupa 2)	158	29,4
Zajęcia z wyboru:	250	46,5
- fakultety (grupa 3)	124	23,0
- sekcje sportowe (grupa 4)	126	23,4

Tabela 7. Podsumowanie danych ciągłych opisujących wszystkich przebadanych studentów (N = 538)

Parametr	Średnia	SD	Mediana	25,75 Percentyl
Wiek [lata]	21,74	2,22	21,00	20,00–23,00
Wzrost [cm]	171,02	8,58	170,00	165,00–176,00
Masa ciała [kg]	63,11	11,82	60,00	54,00–70,00
Body Mass Index [kg/m ²]	21,44	2,62	20,97	19,572–23,04
BSA [m ²]	1,74	0,19	1,68	1,594–1,86
eHR _{max} 220 [skurcze/min]	198,26	2,22	199,00	197,00–200,00
eHR _{max} Fairbarn [skurcze/min]	188,11	1,99	188,00	187,14–189,03
eHR _{max} Gellish2 [skurcze/min]	191,49	0,00	191,49	191,48–191,49
eHR _{max} Tanaka [skurcze/min]	192,79	1,56	193,30	191,90–194,00

BSA – powierzchnia ciała; eHR_{max} 220 – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły 220-wiek; eHR_{max} Fairbarn – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Fairbarn; eHR_{max} Gellish2 – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Gellish2; eHR_{max} Tanaka – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Tanaka.

W zajęciach dobrowolnych częstość uczestniczenia w sekcjach sportowych i fakultetach była podobna i wynosiła około 23%. Przeciętny wiek badanych wynosił około 22 lata, BMI w zakresach normy 21,4 kg/m².

Przebieg ćwiczeń podsumowano dla danych jakościowych w tabeli 8, a dyskretnych i ciągłych w tabeli 9. Wyniki zamieszczone w tabeli 8 pokazują jaki procent wszystkich badanych studentów osiągnął w trakcie treningu co najmniej 85% szacowanego tętna maksymalnego. Najniższy procent był przy zastosowaniu formuły Fox (220-wiek), a najwyższy podczas szacowania HR_{max} według formuły Fairbarn. W tabeli 9 podsumowano wartości tętna i pochodnych podczas spoczynku, rozgrzewki i na szczycie właściwego wysiłku oraz czas spędzony w poszczególnych zakresach tętna. Przeciętne tętno spoczynkowe wynosiło około 70 skurczów na minutę, w czasie rozgrzewki 102 skurcze na minutę, a szczytowe 172 skurcze na minutę. Przeciętnie w trakcie rozgrzewki badani studenci osiągnęli od 51,5 do 53% HR_{max} , a na szczycie wysiłku wartości te kształtowały się między 86,8 a 91,5% HR_{max} .

Tabela 8. Rozkład częstości danych jakościowych w całej grupie

	N	%
HRp220_85_01	289	53,7
HRpFai_85_01	485	90,1
HRpGe2_85_01	429	79,7
HRpTan_85_01	392	72,9

HRp220_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły 220-wiek; HRpFai_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Fairbarn; HRpGe2_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Gellish2; HRpTan_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Tanaka.

Tabela 9. Podsumowanie danych ciągłych i dyskretnych opisujących wszystkich przebadanych studentów (N = 538)

Parametr	Średnia	SD	Mediana	25,75 Percentyl
Skala Borga	-	-	14,00	10,00–15,00
HR _r [skurcze/min]	69,87	9,01	70,00	64,00–77,00
HR _{wu} [skurcze/min]	102,15	11,93	101,00	92,00–110,00
HR _p [skurcze/min]	172,03	11,22	170,00	164,00–180,00
dHR _{r-wu} [skurcze/min]	32,28	17,69	29,50	19,00–44,00
dHR _{wu-p} [skurcze/min]	69,88	9,27	70,00	65,00–77,00
dHR _{r-p} [skurcze/min]	102,16	11,76	101,00	92,00–110,00
rHR _p /220 [%]	86,78	5,77	85,25	82,23–90,91
rHR _p /Fairbarn [%]	91,46	6,00	90,23	86,82–95,54
rHR _p /Gellish 2 [%]	89,84	5,86	88,78	85,65–94,00
rHR _p /Tanaka [%]	89,24	5,88	87,85	84,54–93,44
rHR _{wu} /220 [%]	51,54	6,11	50,77	46,50–55,56
rHR _{wu} /Fairbarn [%]	53,00	6,25	52,35	47,77–57,22
rHR _{wu} /Gellish 2 [%]	53,35	6,23	52,75	48,05–57,45
rHR _{wu} /Tanaka [%]	53,00	6,25	52,35	47,77–57,22
Z_czas 1 [min]	8,61	7,50	7,45	2,30–13,30
Z_czas 2 [min]	43,35	14,47	46,60	32,90–56,30
Z_czas 3 [min]	6,28	9,30	1,40	0,00–8,80
Z_czas rel 1 [%]	14,71	12,74	12,45	3,80–22,70
Z_czas rel 2 [%]	74,20	23,72	79,00	56,70–95,10
Z_czas rel 3 [%]	11,10	16,62	2,45	0,00–15,50

BS – subiektywne odczucie zmęczenia wg skali Borg; dHR_{r-p} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową; dHR_{r-wu} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a osiągniętą w czasie rozgrzewki; dHR_{wu-p} – zmiana częstości pracy serca między wartością osiągniętą w czasie rozgrzewki a szczytową; HR_p – szczytowa częstość pracy serca w czasie zajęć; HR_r – spoczynkowa częstość pracy serca; HR_{wu} – najwyższa częstość pracy serca w czasie rozgrzewki; rHR_p/220 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania 220 – wiek; rHR_p/Fairbarn – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbarn; rHR_p/Gellish 2 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; rHR_p/Tanaka – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; rHR_{wu}/220 – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania 220 – wiek; rHR_{wu}/Fairbarn – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbarn; rHR_{wu}/Gellish 2 – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; rHR_{wu}/Tanaka – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; SD – odchylenie standardowe (standard deviation); Z_czas1 – czas spędzony w strefie, Z_czas2 – czas spędzony poniżej strefy, Z_czas3 – czas spędzony powyżej strefy, Z_czas rel1 – udział czasu w docelowym zakresie tętna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel2 – udział czasu spędzonego poniżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel3 – udział czasu spędzonego powyżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu.

5.2. Charakterystyka przebadanej grupy w zależności od rodzaju zajęć: wybór-obowiązek

W analizie według ogólnego podziału zajęć na obowiązkowe lub dobrowolne, w grupie obowiązkowej mężczyźni stanowili 14%, a w grupie z wyboru niemal 37%. Stwierdzono istotną statystycznie różnicę w rozkładzie płci między rodzajami zajęć. W tabeli 10 podsumowano porównanie danych ilościowych opisujących przebadane grupy. Nie stwierdzono istotnej różnicy wieku, natomiast wartość BMI była istotnie wyższa w grupie studentów uczestniczących w zajęciach dobrowolnych. Stwierdzono istotną różnicę w szacowanym maksymalnym tętnie między grupami tylko według formuły Fairbarn uwzględniającej różnice płciowe. W przypadku pozostałych formuł nie było takich różnic.

Tabela 10. Podsumowanie danych ciągłych opisujących grupę badanych studentów z uwzględnieniem rodzaju zajęć: wybór/obowiązek

	Wybór		Obowiązek		P
	Mediana	25–75 P	Mediana	25–75 P	
Wiek [lata]	21,00	20,00–23,00	21,00	20,00–23,00	0,1994
Wzrost [cm]	173,00	166,00–180,00	168,00	164,00–173,00	<0,0001
Masa ciała [kg]	64,00	57,00–74,00	58,00	53,00–66,00	<0,0001
Body Mass Index [kg/m ²]	21,68	19,84–23,36	20,51	19,14–22,67	0,0001
BSA [m ²]	1,75	1,64–1,92	1,65	1,57–1,76	<0,0001
eHR ₂₂₀ [skurcze/min]	199,00	197,00–200,00	199,0	197,00–200,00	0,1994
eHR _{Fairbarn} [skurcz/min]	188,40	187,14–189,60	187,77	186,51–188,40	0,0018
eHR _{Gellish2} [skurcze/min]	191,49	191,48–191,49	191,49	191,48–191,49	0,1994
eHR _{Tanaka} [skurcze/min]	193,30	191,90–194,00	193,30	191,90–194,00	0,1994

BSA – powierzchnia ciała; eHR_{max220} – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły 220-wiek; eHR_{max} Fairbarn – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Fairbarn; eHR_{max} Gellish2 – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Gellish2; eHR_{max} Tanaka – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Tanaka.

Na podstawie analizy wyników zawartych w tabeli 11 stwierdzono istotną różnicę w częstości osiągnięcia przez studentów w trakcie ćwiczeń co najmniej 85% maksymalnego szacowanego tętna. Każdorazowo studenci uczestniczący w zajęciach z wyboru istotnie częściej osiągnęli takie tętno według każdej formuły. Rozpiętość różnic w częstości była najmniejsza według formuły Fairbarn i wynosiła 7,2%, a największa według podstawowej formuły Fox (220-wiek) i wynosiła 23,7%.

Tabela 11. Rozkład częstości danych jakościowych w grupie studentów uczestniczących w zajęciach dobrowolnych i obowiązkowych

	Wybór		Obowiązek		P
	N	%	N	%	
HRp220_85_01	166	66,4	123	42,7	< 0,0001
HRpFai_85_01	235	94,0	250	86,8	0,0053
HRpGe2_85_01	222	88,8	207	71,9	< 0,0001
HRpTan_85_01	212	84,8	180	62,5	< 0,0001

HRp220_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły 220-wiek; HRpFai_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Fairbarn; HRpGe2_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Gellish2; HRpTan_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Tanaka.

W tabeli 12 przedstawiono porównanie wskaźników opisujących przebieg treningu między studentami ćwiczącymi z obowiązku lub z wyboru. Nie stwierdzono istotnej różnicy w tętnie spoczynkowym oraz w zmianie tętna między rozgrzewką a szczytem wysiłku pośród badanych studentów. Dla pozostałych wskaźników studenci uczestniczący w zajęciach z wyboru w porównaniu z pozostałymi uzyskiwali istotnie wyższe wartości HRwu, HRp, dHRr-wu, dHRr-p, rHRp/220, rHRp/Fairbarn, rHRp/Gellish2, rHRp/Tanaka, rHRwu/220, rHRwu/Fairbarn, rHRwu/Gellish2, rHRwu/Tanaka. Analiza czasu spędzonego w poszczególnych zakresach wykazała, że studenci biorący udział w ćwiczeniach z wyboru dwukrotnie częściej spędzali ćwiczenia w zakresie tętna docelowego, około 20% rzadziej w zakresie tętna poniżej docelowego i istotnie częściej powyżej. W przypadku tętna powyżej (Z_czas3) połowa studentów z grupy z wyboru spędziła przeciętnie ponad 8% czasu w trzecim zakresie. W przypadku grupy zajęć obowiązkowych połowa studentów nie ćwiczyła w ogóle w zakresie powyżej. Ciekawe jest porównanie 75 percentyla, które wykazuje, że w grupie z wyboru przeciętny czas spędzony w ponadprzeciętnym zakresie wynosił 26%, a w obowiązkowych 7,8% (tabela 12).

Tabela 12. Podsumowanie danych ciągłych opisujących grupę badanych studentów z uwzględnieniem rodzaju zajęć: wybór-obowiązek

	Wybór		Obowiązek		P
	Mediana	25–75 P	Mediana	25–75 P	
Skala_Borga	15,00	12,00–16,00	13,00	10,00–15,00	<0,0001
HRr [skurcze/min]	70,00	65,00–78,00	70,00	61,50–75,50	0,2184
HRwu [skurcze/min]	104,50	97,00–113,00	98,00	90,50–106,50	<0,0001
HRp [skurcze/min]	177,00	166,00–185,00	167,00	162,00–174,00	<0,0001
dHRr-wu [skurcze/min]	33,00	20,00–48,00	28,00	18,00–41,50	0,0041
dHRwu-p [skurcz/min]	70,00	65,00–78,00	70,00	62,00–75,50	0,1925
dHRr-p [skurcz/min]	104,50	98,00–113,00	98,00	91,000–106,500	<0,0001
rHRp/220 [%]	88,92	83,50–93,47	84,08	81,59–87,66	<0,0001
rHRp/Fairbarn [%]	93,08	87,87–98,40	88,91	85,99–92,43	<0,0001
rHRp/Gellish2 [%]	92,44	86,69–96,62	87,21	84,60–90,87	<0,0001
rHRp/Tanaka [%]	91,57	85,98–96,22	86,55	84,01–90,08	<0,0001
rHRwu/220 [%]	52,50	48,98–57,14	49,25	45,50–53,73	<0,0001
rHRwu/Fairbarn [%]	54,12	50,21–58,58	50,77	46,91–55,46	<0,0001
rHRwu/Gellish2 [%]	54,57	50,66–59,01	51,18	47,26–55,62	<0,0001
rHRwu/Tanaka [%]	54,12	50,21–58,58	50,77	46,91–55,46	<0,0001
Z_czas1 [min]	8,90	4,30–15,70	4,60	0,15–11,55	<0,0001
Z_czas2 [min]	40,25	24,90–52,70	51,90	41,25–57,65	<0,0001
Z_czas3 [min]	4,80	0,00–14,00	0,00	0,00–4,40	<0,0001
Z_czasrel1 [%]	15,35	7,20–26,50	7,60	0,25–19,60	<0,0001
Z_czasrel2 [%]	69,25	44,60–88,60	89,45	70,75–99,30	<0,0001
Z_czasrel3 [%]	8,05	0,00–26,20	0,00	0,00–7,85	<0,0001

BS – subiektywne odczucie zmęczenia wg skali Borg; dHR_{r-p} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową; dHR_{r-wu} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a osiągniętą w czasie rozgrzewki; dHR_{wu-p} – zmiana częstości pracy serca między wartością osiągniętą w czasie rozgrzewki a szczytową; HR_p – szczytowa częstość pracy serca w czasie zajęć; HR_r – spoczynkowa częstość pracy serca; HR_{wu} – najwyższa częstość pracy serca w czasie rozgrzewki; $rHR_p/220$ – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania 220-wiek; $rHR_p/Fairbarn$ – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbarn; $rHR_p/Gellish2$ – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; $rHR_p/Tnaka$ – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; $rHRwu/220$ – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania 220-wiek; $rHRwu/Fairbarn$ – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbarn; $rHRwu/Gellish2$ – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; $rHRwu/Tanaka$ – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; SD – odchylenie standardowe (standard deviation); Z_czas1 – czas spędzony w strefie; Z_czas2 – czas spędzony poniżej strefy, Z_czas3 – czas spędzony powyżej strefy, Z_czas rel1 – udział czasu w docelowym zakresie tętna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel2 – udział czasu spędzonego poniżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel3 – udział czasu powyżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu.

5.3. Charakterystyka przebadanej grupy w zależności od rodzaju zajęć; przedmioty zawodowe, wychowanie fizyczne, fakultety, sekcje sportowe

Stwierdzono istotny trend w rozkładzie płci między poszczególnym rodzajem zajęć. Liczba i procent mężczyzn w poszczególnych kategoriach studentów zwiększały się od 13,8% w ramach przedmiotów zawodowych, 14,6% wychowania fizycznego, 29% fakultetów do 44,4% w sekcjach sportowych. W tabeli 13 przedstawiono porównanie danych podstawowych opisujących wiek, wskaźniki antropometryczne i szacowane tętno według czterech formuł. Stwierdzono istotne różnice we wszystkich analizowanych parametrach. W przypadku wieku i szacowanego tętna według każdej formuły stwierdzono istotne różnice dla wszystkich możliwych porównań pomiędzy podgrupami. Najstarsi byli studenci z grupy przedmiotów zawodowych, a najmłodsi z grupy wychowania fizycznego. Tym samym najwyższe szacowane tętna były dla wychowania fizycznego, a najniższe dla przedmiotów zawodowych. Jednak stwierdzone statystycznie różnice wydają się być nieistotne z praktycznego punktu widzenia, ponieważ w przypadku wieku wynosiły 3 lata, a według szacowanego tętna z formuły Fox były to 3 uderzenia/min.

Analiza wskaźników antropometrycznych wykazała, że najwyżsi byli studenci z sekcji sportowych. Byli istotnie wyżsi od pozostałych, mieli najwyższą masę ciała. Studenci z grupy Wychowania fizycznego mieli niższe BMI w porównaniu z innymi grupami. Jednak wydaje się, że różnica ta nie ma istotnego znaczenia, ponieważ wartości odpowiadające nawet 75 percentylowi dla każdej grupy były w normie i mieściły się w zakresie 18,5–24,9 kg/m²). Ponieważ porównywane tętno było wynikiem liniowych zależności od wieku, różnice między eHRFairbarn, eHRFox, eHRGellish₂, eHRTanaka, były identyczne jak dla wieku badanych.

Na podstawie analizy częstości osiągnięcia co najmniej 85% tętna (tabela 14) stwierdzono istotne różnice w trendzie według każdej z formuł. Studenci badani w ramach przedmiotów zawodowych osiągnęli najrzadziej tętno 85% i więcej według każdej z formuł, a najczęściej ten poziom osiągnęli studenci z grupy sekcji sportowych. Przy czym według formuły Fox była to rozpiętość między 36,2% a 79,4%, a według formuły Fairbarn między 80,8% a 97,6%.

Ponieważ była istotna różnica w wieku i rozkładzie płci pomiędzy poszczególnymi grupami, dla celów poznawczych przeprowadzono analizę ANCOVA dostosowaną do tych parametrów. W tabeli 15 przedstawiono analizę wskaźników antropometrycz-

Tabela 13. Porównanie wartości mierzonych parametrów między poszczególnymi grupami w zależności od rodzaju zajęć

	Przedmioty zawodowe (Grupa 1)		Wychowanie fizyczne (Grupa 2)		Fakultety (Grupa 3)		Sekcje sportowe (Grupa 4)		P K-W	Wartości P dla post testów porównywanych grup					
	Mediana	25–75 P	Mediana	25–75 P	Mediana	25–75 P	Mediana	25–75 P		1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
Wiek [lata]	23,00	21,00–25,00	20,00	20,00–21,00	21,00	20,00–22,00	22,00	20,00–24,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Wzrost [cm]	168,00	164,00–173,00	168,00	164,00–173,00	170,00	165,00–175,50	175,00	168,00–182,00	< 0,001			<0,05		<0,05	<0,05
Masa ciała [kg]	60,00	54,00–67,00	56,00	52,00–65,00	60,00	55,00–71,00	67,50	58,00–75,00	< 0,001			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
BMI [kg/m ²]	21,08	19,71–23,32	20,12	18,94–21,88	21,34	19,71–23,35	21,85	20,08–23,36	< 0,001	<0,05			<0,05	<0,05	
BSA [m ²]	1,67	1,59–1,78	1,63	1,56–1,76	1,70	1,61–1,87	1,82	1,67–1,95	< 0,001			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
eHR220 [skurcze/min]	197,00	195,00–199,00	200,00	199,00–200,00	199,00	198,00–200,00	198,00	196,00–200,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
eHRFairbairn [skurcze/min]	186,51	185,88–187,77	188,40	187,77–189,03	188,40	187,14–189,60	188,40	186,51–189,60	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
eHRGellish2 [skurcze/min]	191,48	191,48–191,49	191,49	191,485–191,49	191,49	191,49–191,49	191,49	191,48–191,49	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
eHRTanaka [skurcze/min]	191,90	190,50–193,30	194,00	193,30–194,00	193,30	192,60–194,00	192,60	191,20–194,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Skala Borga	12,00	10,00–15,00	14,00	10,00–15,00	15,00	10,50–16,00	15,00	12,00–16,00	0,001		<0,05	<0,05		<0,05	
HRr [skurcze/ min]	70,00	61,00–72,00	72,00	62,00–79,00	70,00	65,00–79,50	70,00	66,00–78,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05			
HRwu [skurcze/ min]	96,50	90,00–104,00	100,00	91,00–109,00	101,00	91,50–110,00	106,00	101,00–119,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
HRp [skurcze/ min]	165,00	160,00–170,00	169,00	164,00–178,00	170,00	164,00–180,00	180,00	170,00–189,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
dHRr-wu [skurcze/min]	27,00	20,00–41,00	29,00	16,00–42,00	29,50	18,50–42,50	35,00	24,00–52,00	< 0,001			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
dHRwu-p [skurcze/min]	70,00	62,00–72,00	72,00	62,00–79,00	70,00	65,00–80,00	70,00	66,00–78,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05			
dHRr-p [skurcze/min]	97,00	90,00–104,00	100,00	91,00–108,0	101,00	92,00–110,00	106,00	101,00–119,00	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRp/220 [%]	83,67	80,91–87,05	84,75	82,00–88,56	85,04	82,50–90,71	91,80	86,22–95,83	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
rHRp/Fai [%]	88,17	85,33–91,31	89,93	86,76–93,83	90,09	87,05–95,86	95,73	90,34–100,75	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
rHRp/Ge2 [%]	86,17	83,56–88,78	88,26	85,65–92,96	88,78	85,64–94,00	94,00	88,78–98,70	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
rHRp/Tan [%]	85,88	82,99–88,98	87,37	84,54–91,24	87,63	85,05–93,38	93,96	88,39–98,33	< 0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05

Cd. tabeli 13

	Przedmioty zawodowe (Grupa 1)		Wychowanie fizyczne (Grupa 2)		Fakultety (Grupa 3)		Sekcje sportowe (Grupa 4)		P K-W	Wartości P dla post testów porównywanych grup					
	Mediana	25-75 P	Mediana	25-75 P	Mediana	25-75 P	Mediana	25-75 P		1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
rHRwu/220 [%]	48,74	45,73-52,76	50,00	45,50-54,50	50,76	45,86-55,17	53,54	50,51-60,30	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
rHRwu/Fai [%]	50,18	47,07-53,94	51,55	46,91-56,19	52,18	47,25-56,75	55,04	52,06-62,01	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
rHRwu/Ge2 [%]	50,40	47,00-54,312	52,22	47,52-56,923	52,75	47,78-57,445	55,36	52,75-62,15	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
rHRwu/Tan [%]	50,18	47,07-53,94	51,55	46,91-56,19	52,18	47,25-56,75	55,04	52,06-62,01	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Z_czas1 [min]	4,05	0,00-11,40	5,95	0,60-11,60	7,50	3,35-12,60	11,75	6,90-18,00	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Z_czas2 [min]	55,60	42,10-58,40	49,95	41,10-57,40	46,50	35,45-56,00	33,05	19,90-45,70	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Z_czas3 [min]	0,00	0,00-3,70	0,00	0,00-5,50	1,20	0,00-8,80	7,50	2,50-17,40	< 0,000001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Z_czasrel1 [%]	6,85	0,00-18,70	10,00	1,00-20,40	12,35	5,65-20,55	20,15	12,40-30,20	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Z_czasrel2 [%]	92,15	71,40-100,00	88,30	70,20-99,00	78,75	59,25-93,75	56,65	38,90-77,20	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Z_czasrel3 [%]	0,00	0,00-6,30	0,00	0,00-9,20	2,05	0,00-15,15	13,30	4,20-30,80	< 0,001		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

K-W- Kruskal-Wallis test; BMI – wskaźnik masy ciała; BSA – powierzchnia ciała; eHR_{max} – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca; eHR_{max,220} – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Fairbairn; eHR_{max} – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Tanaka; eHR_{max} Gellish2 – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca według formuły Gellish2; eHR_{max} Tanaka – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca między wartościami osiągniętą w czasie rozgrzewki; dHR_{r-p} – zmiana częstości pracy serca między wartościami osiągniętą w czasie rozgrzewki a szczytową; dHR_{r-wu} – zmiana częstości pracy serca między wartościami osiągniętą w czasie rozgrzewki a szczytową; HR_{wu} – najwyższa częstość pracy serca w czasie rozgrzewki; rHR_p/220 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbairn; rHRp/Tnaka – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; rHRp/Tnaka – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; rHRwu/220 – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbairn; rHRwu/Fairbairn – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbairn; rHRwu/Gellish2 – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; rHRwu/Tanaka – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; SD – odchylenie standardowe (standard deviation); Z_czas1 – czas spędzony w strefie, Z_czas2 – czas spędzony poniżej strefy, Z_czas3 – czas spędzony powyżej strefy, Z_czas rel1 – udział czasu w docelowym zakresie tężna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel2 – udział czasu powyżej docelowego zakresu tężna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel3 – udział czasu powyżej docelowego zakresu tężna w całym ćwiczeniu.

Tabela 14. Rozkład częstości danych jakościowych w grupie studentów uczestniczących w zajęciach według rodzaju zajęć

	Przedmioty zawodowe (Grupa 1)		Wychowanie fizyczne (Grupa 2)		Fakultety (Grupa 3)		Sekcje sportowe (Grupa 4)		P
	N	%	N	%	N	%	N	%	
HRp220_85_01	47	36,2	76	48,1	66	53,2	100	79,4	P < 0,0001
HRpFai_85_01	105	80,8	145	91,8	112	90,3	123	97,6	P = 0,0001
HRpGe2_85_01	77	59,2	130	82,3	103	83,1	119	94,4	P < 0,0001
HRpTan_85_01	76	58,5	104	65,8	94	75,8	118	93,7	P < 0,0001

HRp220_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły 220-wiek; HRpFai_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Fairbarn; HRpGe2_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Gellish2; HRpTan_85_01 – osiągnięcie co najmniej 85% tętna maksymalnego według formuły Tanaka.

Tabela 15. Wyniki analizy kowariancji danych (ANCOVA) EMM dostosowanych do płci i wieku badanych dotyczących pomiarów antropometrycznych w zależności od rodzaju zajęć

	Przedmioty zawodowe (Grupa 1)		Wychowanie fizyczne (Grupa 2)		Fakultety (Grupa 3)		Sekcje sportowe (Grupa 4)		P	P 1-2	P 1-3	P 1-4	P 2-3	P 2-4	P 3-4
	EMM	SE	EMM	SE	EMM	SE	EMM	SE							
Wzrost [cm]	170,26	0,57	170,76	0,51	170,66	0,54	172,46	0,55	0,024			0,031			
Masa ciała [kg]	62,98	0,83	62,18	0,75	63,35	0,79	64,17	0,80	0,350						
BMI [kg/m ²]	21,61	0,23	21,13	0,20	21,61	0,22	21,47	0,22	0,327						
BSA [m ²]	1,73	0,01	1,72	0,01	1,74	0,01	1,76	0,01	0,119						

BMI – wskaźnik masy ciała; BSA – powierzchnia ciała.

nych. Stwierdzono istotną różnicę we wzroście między grupą 1 a 4. Studenci sekcji byli o 1,6 cm. wyżsi. Nie stwierdzono istotnych różnic w masie ciała, BMI, BSA. Ponieważ do wyliczenia szacowanego tętna maksymalnego w każdej formule jest wykorzystywany wiek, a w przypadku Fairbarn również płeć, przeprowadzenie analizy ANCOVA jest niemożliwe.

W tabeli 16 przedstawiono wyniki ANCOVA uwzględniające wiek i płeć dla porównania parametrów opisujących ćwiczenia. Analiza nie wykazała istotnych różnic ANCOVA w tętnie spoczynkowym między grupami i zmianie tętna między rozgrzewką a szczytem. Analiza post testów wykazała, że Skala Borga była istotnie najniższa w grupie przedmiotów zawodowych. Tętno podczas rozgrzewki i na szczycie wysiłku były istotnie najniższe w grupie przedmiotów zawodowych i istotnie najwyższe w grupie sekcji sportowych w porównaniu pozostałymi. Studenci z grupy przedmiotów zawodowych mieli istotnie najniższe wartości Skali Borga, HRwu, HRp, zmiany tętna między spoczynkiem

Tabela 16. Różnice w parametrach dotyczących ćwiczeń w zależności od rodzaju zajęć. Wyniki analizy kowariancji (ANCOVA) EMM dostosowane do płci i wieku badanych

	Przedmioty zawodowe (Grupa 1)		Wychowanie fizyczne (Grupa 2)		Fakultety (Grupa 3)		Sekcje sportowe (Grupa 4)		P	P 1-2	P 1-3	P 1-4	P 2-3	P 2-4	P 3-4
	EMM	SE	EMM	SE	EMM	SE	EMM	SE							
Wzrost [cm]	170,26	0,57	170,76	0,51	170,66	0,54	172,46	0,55	0,024			0,0313			
Masa ciała [kg]	62,98	0,83	62,18	0,75	63,35	0,79	64,17	0,80	0,350						
BMI [kg/m ²]	21,60	0,23	21,13	0,20	21,61	0,22	21,47	0,22	0,327						
BSA [m ²]	1,73	0,01	1,72	0,01	1,74	0,01	1,76	0,01	0,119						
Skala Borga	11,99	0,30	13,26	0,27	13,69	0,29	14,05	0,29	<0,001	0,0199	0,0005	<0,0001			
HRr [skurcze/min]	68,06	0,85	70,07	0,77	70,40	0,81	70,98	0,82	0,082						
HRwu [skurcze/min]	96,69	1,07	101,60	0,96	101,97	1,01	108,66	1,03	<0,001	0,0078	0,0029	<0,0001		<0,0001	<0,0001
HRp [skurcze/min]	164,94	0,96	171,47	0,87	172,49	0,91	179,59	0,93	<0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001
dHRr-wu [skurcze/min]	28,63	1,65	31,53	1,49	31,57	1,57	37,68	1,60	0,001			0,0005		0,0408	0,0402
dHRwu-p [skurcze/min]	68,25	0,88	69,87	0,79	70,52	0,83	70,93	0,85	0,134						
dHRr-p [skurcze/min]	96,88	1,05	101,40	0,95	102,09	1,00	108,61	1,02	<0,001	0,0158	0,0028	<0,0001		<0,0001	<0,0001
rHRp/220 [%]	83,67	80,90–87,04	84,75	82,00–88,56	85,04	82,50–90,71	91,80	86,22–95,83	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRp/Fai [%]	88,17	85,33–91,31	89,93	86,76–93,83	90,09	87,05–95,86	95,73	90,34–100,75	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRp/Ge2 [%]	86,17	83,56–88,78	88,26	85,65–92,96	88,78	85,65–94,00	94,00	88,78–98,70	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRp/Tan [%]	85,88	82,99–88,98	87,37	84,54–91,24	87,63	85,05–93,38	93,96	88,39–98,33	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRwu/220 [%]	48,74	45,73–52,76	50,00	45,50–54,50	50,76	45,86–55,17	53,54	50,51–60,30	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRwu/Fai [%]	50,18	47,07–53,94	51,55	46,91–56,19	52,18	47,25–56,75	55,04	52,06–62,01	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRwu/Ge2 [%]	50,40	47,00–54,31	52,22	47,52–56,92	52,75	47,78–57,45	55,36	52,75–62,15	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
rHRwu/Tan [%]	50,18	47,07–53,94	51,55	46,91–56,19	52,18	47,25–56,75	55,04	52,06–62,01	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
Z_czas1 [min]	6,13	0,77	7,37	0,62	8,80	0,64	11,98	0,66	<0,001			<0,0001		<0,0001	0,0037
Z_czas2 [min]	50,37	1,40	46,16	1,12	43,64	1,17	33,86	1,19	<0,001		0,0020	<0,0001		<0,0001	<0,0001
Z_czas3 [min]	2,74	0,95	4,78	0,76	7,24	0,79	10,09	0,81	<0,001		0,0025	<0,0001		<0,0001	
Z_czasrel1 [%]	10,25	1,30	12,41	1,04	14,74	1,08	21,17	1,11	<0,001			<0,0001		<0,0001	0,0002
Z_czasrel2 [%]	85,11	2,32	79,34	1,85	73,19	1,93	59,90	1,97	<0,001		0,0007	<0,0001		<0,0001	<0,0001
Z_czasrel3 [%]	4,64	1,68	8,25	1,34	12,07	1,40	18,94	1,43	<0,001		0,0058	<0,0001		<0,0001	0,0042

BMI – wskaźnik masy ciała; BSA – powierzchnia ciała; dHR_{r-p} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową; dHR_{r-wu} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową; dHR_{wu-p} – zmiana częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową; HR_p – szczytowa częstość pracy serca w czasie zajęć; HR_r – spoczynkowa częstość pracy serca; HR_{wu} – najwyższa częstość pracy serca w czasie rozgrzewki; rHR_p/220 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania 220-wiek; rHRp/Fairbarn – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbarn; rHRp/Gellish 2 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; rHRp/Tnaka – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; rHRwu/220 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania 220-wiek; rHRwu/Fairbarn – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Fairbarn; rHRwu/Gellish 2 – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Gellish2; rHRwu/Tnaka – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca z równania Tanaka; Z_czas1 – czas spędzony w strefie, Z_czas2 – czas spędzony poniżej strefy, Z_czas3 – czas spędzony powyżej strefy, Z_czas rel1 – udział czasu w docelowym zakresie tętna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel2 – udział czasu spędzonego poniżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu, Z_czas rel3 – udział czasu spędzonego powyżej docelowego zakresu tętna w całym ćwiczeniu.

a szczytem wysiłku, względne tętno szczytowe według każdej z formuł i względne tętno rozgrzewkowe według każdej z formuł niż pozostali studenci. Studenci sekcji sportowych mieli istotnie wyższe wartości tętna HRwu, HRp, dHRr-wu, dHRr-p. Istotnie większy czas w strefie (Z_czas1) i powyżej (Z_czas3) oraz istotnie większy względny czas Z_czasrel1 i Z_czasrel3. Grupa1 miała istotnie dłuższy czas poniżej strefy (Z_czas2) niż grupa 3 i 4 i krótszy w strefie (Z_czas1) niż grupa 3 i 4. Procent czasu spędzonego w strefie był istotnie niższy niż w grupie 4, poniżej strefy wyższy niż w grupie 3 i 4 i powyżej strefy istotnie niższy niż w grupie 3 i 4.

W tabeli 17 przedstawiono porównanie (ANOVA) szacowanego tętna maksymalnego i wskaźników pochodnych uzyskanych przy użyciu czterech różnych formuł przewidywania HR_{max} . Najwyższe wartości przyjmowało szacunkowe tętno maksymalne wg formuły Fox i wsp, a najniższe Fairbarn i wsp. W przypadku parametrów pochodnych, tj. HRp/eHR_{max} i $HRwu/eHR_{max}$ obserwowano odwrotną zależność, tj. Najniższe wartości przy stosowaniu do normalizacji formuły Fox i wsp. a najwyższe Fairbarn i wsp.

Tabela 17. Bezpośrednie porównanie szacowanego tętna maksymalnego i wskaźników pochodnych związanych z tętnem osiągniętym w czasie rozgrzewki i na szczycie treningu, w zależności od formuły szacującej HR_{max}

Parametr	Formuła szacująca maksymalne HR														
	Fox (Fo)		Tanaka (T)		Gellish2 (G)		Fairbarn (Fa)		P _{ANOVA}	Post-testy z p dla porównań między formułami					
	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD		Fo-T	Fo-G	Fo-Fa	T-G	T-Fa	G-Fa
eHR _{max} [skurcz/min]	198,26	2,22	192,78	1,56	191,48	0,00	188,11	1,99	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
rHRp/eHR _{max} [%]	86,78	5,77	89,24	5,88	89,84	5,86	91,46	6,00	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
rHRwu/eHR _{max} [%]	51,54	6,11	53,00	6,25	53,35	6,23	53,00	6,25	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,0000	<0,0001

eHR_{max} – przewidywana dla wieku maksymalna częstość pracy serca; Fairbarn (Fa) – Kobiety: $HR_{max} = 201 - 0,63 \times \text{wiek}$, Mężczyźni: $HR_{max} = 208 - 0,80 \times \text{wiek}$; Fox (Fo) – $HR_{max} = 220 - \text{wiek}$; Gellish2 (G) – $HR_{max} = 191,5 - 0,007 \times \text{wiek}^2$; $rHRp/eHR_{max}$ – stosunek szczytowej do przewidywanej dla wieku maksymalnej częstości pracy serca; $rHRwu/eHR_{max}$ – stosunek rozgrzewkowej do przewidywanego dla wieku maksymalnej częstości pracy serca; Tanaka (T) – $HR_{max} = 208 - (0,7 \times \text{wiek})$.

6. Dyskusja

Zaobserwowałam, że studenci uczestniczący w zajęciach z wyboru raportowali większe maksymalne zmęczenie według skali Borga oraz uzyskiwali wyższe wartości częstości pracy serca w czasie rozgrzewki i podczas ćwiczeń. Nie stwierdziłam różnic w wartościach tętna spoczynkowego. Studenci, którzy dobrowolnie brali udział w zajęciach sportowych istotnie częściej osiągnęli w trakcie ćwiczeń co najmniej 85% maksymalnego tętna szacowanego według każdej z formuł. Badani w ramach zajęć z wyboru dwukrotnie częściej wykonywali aktywność fizyczną w zakresie tętna docelowego lub powyżej tego zakresu w porównaniu ze studentami uczestniczącymi w zajęciach obowiązkowych. Za-uważałam, że ocena intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych oparta na pomiarach tętna zależy od formuły zastosowanej do szacowania tętna maksymalnego. Największą różnicę przewidywanych wartości HR_{max} odnotowałam między formułą Fox (198 skurcz/min) a Fairbarn (188 skurcz/min).

Porównanie maksymalnego odczuwanego zmęczenia według skali Borga w czasie ćwiczeń w zależności od rodzaju zajęć

BS jest łatwym w zastosowaniu sposobem oceny intensywności ćwiczeń. Postrzeganie maksymalnego odczuwanego zmęczenia zostało zatwierdzone przez American College of Sports Medicine [140] jako narzędzie, które może być wykorzystywane do monitorowania i przepisывania ćwiczeń o zalecanej intensywności w różnych populacjach. Pomimo tego, że jest to miara subiektywna, ocena wysiłku oparta na skali od 6 do 20 może zapewnić dość dobre oszacowanie rzeczywistego tętna podczas aktywności fizycznej [33]. Według Borga można przewidzieć wartości tętna uzyskiwane podczas wysiłku u młodych ludzi mnożąc raportowany stopień zmęczenia przez dziesięć. Pozwala to łatwo określić częstość skurczów serca w sytuacji, gdy nie posiadamy urządzenia do jego monitorowania. Badania prowadzone na różnych populacjach potwierdzają wysoką korelację między HR a BS. Stwierdzono ją między innymi po przebadaniu grupy: wioślarzy [141], piłkarzy [142, 143], pływaków [144, 145] i młodych dorosłych [146].

Niską korelację między skalą Borga a %HRR ($r = 0,18$, $p > 0,05$) wykazali Muyor i wsp. [147] po przebadaniu osiemdziesięciu osób uprawiających przez około pół roku kolarstwo halowe. Według autorów niska korelacja, mogła być spowodowana brakiem doświadczenia w uprawianej dyscyplinie sportu i niewłaściwym raportowaniem odczuwanego zmęczenia BS.

Na postrzeganie ciężkości wysiłku mogą mieć wpływ również takie aspekty jak: rozumienie zadania, pamięć, wcześniejsze doświadczenia, uwarunkowania sytuacyjne związane z czasem i charakterem wykonywanego zadania, aspekty socjologiczne (współ-czwiczący, atmosfera w zespole) [148, 149] oraz poziom sprawności, słuchanie muzyki, feedback dotyczący ćwiczeń, temperatura otoczenia [150–152]. Wszystkie te czynniki mogły w pewnym stopniu rzutować na subiektywne odczuwanie maksymalnego zmęczenia i przydzielane punkty.

Wykazano przydatność piętnastostopniowej skali RPE zarówno do ordynowania jak i autoregulacji intensywności treningu [151–156]. Stosowanie tej skali w treningu o wysokiej intensywności HIT u młodych ludzi sugeruje Ciolac i wsp. [159]. Perandini i wsp. pokazali, że w planowaniu i programowaniu treningu zawodników taekwondo BS może być narzędziem wykorzystywanym do ustalania zalecanych objętości oraz rozkładu intensywności wysiłku [160]. Skala ta sprawdza się podczas monitorowania wysiłku na bieżni i w terenie [161], może być stosowana u osób dorosłych i dzieci [162–164] oraz do przepisywania obciążeń ćwiczeń zarówno o ciągłej jak i zmiennej intensywności [157, 165].

Zaobserwowano, że nie zawsze zalecenia dotyczące intensywności ćwiczeń określone i postrzegane przez trenera są tak samo odczuwane przez ćwiczącego. Słabą zgodność między zalecaną i postrzeganą sesją treningową wykazali: Wallance i wsp. u pływaków [166], Brink i wsp. w piłce nożnej [167], Murphy i wsp. w tenisie [168].

Przydatność stosowania Skali Borga do oceny intensywności ćwiczeń oraz korelację odczuwanego zmęczenia ze szczytowymi wartościami skurczów serca wykazał w swoich badaniach na ponad pięciuset osobowej grupie studentów P. Kowalski [169]. Wysunął on również interesujący wniosek, iż na podstawie wartości tętna spoczynkowego i wartości tętna uzyskiwanego podczas rozgrzewki można prognozować jakie będzie natężenie odczuwanego zmęczenia badanego, raportowane piętnastopunktową BS.

W moim badaniu studenci badani podczas zajęć z wyboru raportowali istotnie wyższe zmęczenie. Najmniejsze zmęczenie odczuwali studenci uczestniczący w zajęciach z przedmiotów zawodowych. Maksymalne odczuwane zmęczenie, w odniesieniu do całej grupy, ocenione zostało na 14 punktów według skali Borga. Aktywność fizyczna

raportowana na poziomie 14 punktów w BS (6–20) według licznych źródeł uznawana jest za intensywną [170, 171] lub umiarkowaną. To właśnie umiarkowane wysiłki, według WHO [172] są bezpieczne i rekomendowane prawie dla każdego. Mogą wykonywać je zarówno osoby, które miały długą przerwę w treningach, osoby o słabej kondycji fizycznej, jak i sportowcy. Wysiłki o umiarkowanej intensywności pozwalają na szybką regenerację organizmu ćwiczącego i tym samym mogą być wykonywane prawie codziennie.

Postrzeganie ciężkości wysiłku BS może być w pewnym stopniu uzależnione od adaptacji do często wykonywanych i znanych wysiłków fizycznych. Patton i wsp. [173] przebadali 120 żołnierzy o różnym poziomie sprawności (ocenianej maksymalnym poborem tlenu VO_{2max}), których podzielono na dwie grupy niewytrenowanych i wytrenowanych (po przebyciu pięciomiesięcznego programu szkoleniowego). Dokonano porównania RPE i częstości pracy serca obu grup na podstawie sześciominutowego biegu o submaksymalnym obciążeniu. W pierwszym badaniu, grupa niewytrenowana miała słabsze wyniki VO_{2max} a badani z tej grupy uzyskiwali wyższe wartości częstości pracy serca w submaksymalnym biegu na bieżni w porównaniu z grupą żołnierzy wyszkolonych. Zdumiewające było to, że obydwie grupy oceniły intensywność wysiłku na tym samym poziomie RPE. Może to wskazywać, iż tętno nie zawsze jest odpowiednim wskaźnikiem do oceny intensywności wysiłku. W drugim badaniu, przeprowadzonym po pół roku szkolenia, zaobserwowano w obu grupach spadek częstości skurczów serca oraz niższą ocenę RPE podczas submaksymalnego wysiłku. Badani obu grup mieli takie samo tętno i raportowali taki sam poziom zmęczenia.

Na podstawie powyższych doniesień stwierdzam, że w przeprowadzonym przeze mnie badaniu odczuwane maksymalne zmęczenie raportowane BS mogło być zaniżone w grupie zajęć z wyboru. Większość studentów badanych w ramach tych grup wykonywała czynności, które mogły być dla nich w pewnym sensie rutynowe – wiązały się z uzyskanym wcześniej doświadczeniem, adaptacją organizmu oraz kompetencjami, poczuciem radości i zadowolenia. Przemawiają również za tym zmierzone parametry fizjologiczne uzyskanych wartości pracy serca podczas rozgrzewki i na szczycie wysiłku. Na postrzeganie subiektywnego zmęczenia mają wpływ nie tylko czynniki zewnętrzne związane z wielkością obciążenia, wewnętrzne, które stanowią fizjologiczną reakcję organizmu na wykonywane ćwiczenia, ale również psychologiczne wynikające z nastawienia i motywacji do podejmowania aktywności fizycznej [153]. Studenci badani w trakcie zajęć sekcji sportowych i fakultetów mogli być bardziej entuzjastycznie nastawieni do za-

jęć. Wysiłek wkładany w wykonywaną aktywność, rywalizacja, możliwość sprawdzenia własnych kompetencji mogły stanowić dla nich źródło radości i przyjemności.

Zgodnie z zaleceniami Borga, należy zwracać więcej uwagi na odczucia towarzyszące wykonywaniu ćwiczeń fizycznych, gdyż właśnie ta subiektywna ocena jak wykazują badania może być pomocnym wskaźnikiem w wyznaczaniu i ocenie obciążeń treningowych [31].

Porównanie zachowania się różnych wskaźników częstości pracy serca w zależności od rodzaju zajęć

Zmiana częstości skurczów serca pozwala na obserwację reakcji organizmu na wysiłek, monitorowanie zmian w nim zachodzących w wyniku podejmowania regularnej aktywności fizycznej. Z tętnem ściśle wiąże się intensywność wysiłku. Wykonywanie ćwiczeń fizycznych bez monitorowania parametrów związanych z tętnem może doprowadzić do przetrenowania lub braku efektów treningu ze względu na zbyt niski bodziec.

Zaobserwowałam zmiany wartości częstości pracy serca w czasie realizowanych zajęć sportowych. Częstość pracy serca progresywnie wzrastała. Analiza wartości HR pozwala stwierdzić, że każdy z uczestniczących w badaniu studentów zaangażował się w ćwiczenia, a mierzone wartości tętna narastały zgodnie z krzywą wysiłku fizjologicznego, która jest zalecana w ramach prowadzenia zajęć sportowych [174, 175].

Częstość pracy serca wykorzystano jako parametr do oceny intensywności wysiłku w badaniach na różnych populacjach, między innymi: mało aktywnych kobiet [176], zawodniczek hokeja na lodzie [177], zawodników taekwondo, boksu i kickboxingu [178]. Jednak w dostępnym piśmiennictwie nie znalazłam podobnych badań, które dotyczyłyby oceny częstości pracy serca podczas wysiłków wśród studentów.

Celem mojego badania było porównanie zachowania się różnych wskaźników częstości pracy serca w zależności od rodzaju zajęć. Monitorowanie częstości skurczów serca pozwoliło zaobserwować istotne różnice między zajęciami. Wartości skurczów serca w spoczynku były podobne w grupie badanych w ramach zajęć obowiązkowych i z wyboru (70 skurczów/min). U sportowców tętno spoczynkowe zazwyczaj jest tym niższe im wyższy jest stopień wytrenowania [179]. Reimers i wsp. [180] wykazali, że zarówno sporty z przewagą wysiłków wytrzymałościowych jak również praktykowanie jogi obniża wartości tętna spoczynkowego. Wyniki moich badań nie potwierdzają tej tezy. Może to wynikać z faktu, iż z uwagi na brak możliwości wykonania standardowego pomiaru tętna spoczynkowego w pozycji leżącej tuż po przebudzeniu, w analizie wyników

posłużyłam się wartościami tętna zmierzonego w pozycji siedzącej przed przystąpieniem do ćwiczeń. Towarzystwo kolegów i koleżanek, rozmowy, emocje mogły wpłynąć na wartości tego parametru. Dość wysokie wartości HRr wśród zawodników sekcji sportowych mogły być również spowodowane tak zwaną „gotowością przedstartową” wynikającą z wysokiej motywacji i chęci współzawodnictwa w czasie rozpoczynających się zajęć [181–183]. Podwyższone wartości tętna spoczynkowego w dniu udziału w zawodach sportowych, obserwowane są zarówno w sytuacjach w których zawodnik bezpośrednio, aktywnie w nich uczestniczy, jak i w e-sporcie kiedy rywalizacja ta odbywa się w pozycji siedzącej przed komputerem [184]. Według Mendes i Park wynikają z większej mobilizacji i poprawy dostępności maksymalnych zasobów fizjologicznych [182].

Regularna kontrola tętna spoczynkowego pozwala obserwować zmiany sercowo-naczyniowe oraz poziom wytrenowania. Jest jednym ze wskaźników informujących o przetrenowaniu lub infekcji. Tętno spoczynkowe jest częściowo uwarunkowane genetycznie, zależy od płci – niższe u mężczyzn, wyższe u kobiet [185].

Podczas ćwiczeń częstość skurczów serca zwiększa się wraz ze wzrostem intensywności wysiłku. Wzrasta zapotrzebowanie pracujących mięśni na tlen i składniki odżywcze. Organizm musi również odprowadzić powstające produkty przemiany materii. Według Komitetu Doradczego ds. Wytycznych Aktywności Fizycznej [186, 187] podczas wysiłków o umiarkowanej intensywności wartości częstości skurczów serca mieszczą się w zakresie 64–76% HR_{max} , a w przypadku dużej intensywności 77–95% tętna maksymalnego wyliczanego z wzoru 220-wiek. W niniejszym badaniu, przy zastosowaniu tej formuły, na szczycie wysiłku studenci uczestniczący w zajęciach z wyboru osiągnęli 89% HR_{max} , a z obowiązku 84% HR_{max} . W obu badanych grupach wartości HRp były wyższe od wartości HRwu i HRr. Również wartości HRwu były wyższe od HRr. Można wysunąć wniosek, że studenci angażowali się i ćwiczyli zgodnie z wytycznymi prowadzącego.

Zaobserwowałam istotne różnice w wartościach tętna osiąganego w czasie rozgrzewki i na szczycie wysiłku między badanymi w ramach zajęć obowiązkowych i tymi, którzy dobrowolnie uczestniczyli w zajęciach sportowych. Wartości HRwu były wyższe o ponad 6 skurcz/min w grupie studentów uczestniczących w zajęciach z wyboru. Również tętno zarejestrowane na szczycie wysiłku było w tej grupie wyższe o 10 skurcz/min w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi przez uczestników zajęć obligatoryjnych. Przedstawione różnice mogą wynikać ze stopnia motywacji studentów do wykonywania ćwiczeń fizycznych.

Przyjmuje się, że czynnikiem wpływającym na podejmowanie aktywności fizycznej jest motywacja do ćwiczeń. W odniesieniu do aktywności fizycznej często stosuje się teorię samostanowienia (SDT – Self-Determination Theory) [188]. Podejmowanie różnego rodzaju aktywności fizycznej może wynikać z motywacji wewnętrznej, przejawiającej się dużą autonomią danej osoby i możliwością swobodnego podejmowania konkretnych działań. Ta motywacja wynika z czerpania radości i satysfakcji z zaangażowania się w ćwiczenia. Działania wynikające z motywacji zewnętrznej wiążą się z chęcią otrzymania nagrody lub uniknięcia kary, obowiązkiem, a nie przyjemnością i samorealizacją. Aktywność podejmowana w ramach zajęć obowiązkowych może być związana z przymusem i wynikać ze strachu przed konsekwencjami [189, 190]. W przypadku studentów konsekwencje te mogą się wiązać z uzyskaniem słabszej oceny lub niezaliczeniem zajęć.

Uważa się, że osoby zmotywowane wewnętrznie są bardziej zdeterminowane i wytrwałe w działaniu [191]. Studenci zmotywowani wewnętrznie wykazują większe zaangażowanie w wykonywane czynności niż ci zmotywowanych zewnętrznie [192–194]. Według Deci, motywację wewnętrzną wzmacnia pozytywna informacja zwrotna związana z zaspokojeniem potrzeby kompetencji. Osoby zmotywowane wewnętrznie wykazują się większą kreatywnością i odczuwają większą przyjemność podczas wykonywania danej aktywności [195]. Większe zaangażowanie studentów badanych w ramach zajęć podejmowanych dobrowolnie może tłumaczyć pozytywne nastawienie do wykonywania ulubionej aktywności fizycznej. Nastawienie to prawdopodobnie wynika z możliwości wyboru, współuczestniczenia w określaniu treści zajęć, odczuwania zadowolenia oraz poczucia kompetencji, co zauważyli w swoich badaniach między innymi Hoepa i wsp. [196, 197]. Silne przekonanie o swoich kompetencjach fizycznych wpływa nie tylko na odczuwanie satysfakcji z aktywności, ale sprzyja również podtrzymywaniu zainteresowania do uczestnictwa w niej [198].

W praktyce nauczyciela akademickiego zaobserwowałam, że w sytuacjach, w których istnieje możliwość wyboru form aktywności fizycznej zgodnie z preferencjami, studenci pasjonują się i są w nią zaangażowani przez dłuższy czas. Zależność taką wykazali między innymi Duncan, Hall, Wilson i wsp. [199]. Studenci, którzy regularnie podejmują dany rodzaj aktywności są świadomi korzyści jakie niesie ona zarówno dla ich zdrowia fizycznego, psychicznego jak i społecznego. Osoby aktywne w pewnym sensie dostosowują swoje wartości i wytyczane cele do podejmowanej aktywności. Zgodnie z obserwacjami Li osoby regularnie podejmujące różne formy aktywności fizycznej (pływanie, ćwiczenia na siłowni, aerobik) mają większą motywację wewnętrzną w porównaniu z tymi mniej aktywnymi [200].

Nauczyciele i trenerzy w swojej pracy powinni stwarzać warunki do większej samodzielności i kreować program aktywności fizycznej tak, aby uczestnicy zajęć utożsamiali swoje potrzeby i cele z tymi realizowanymi podczas zajęć. Dawanie możliwości wyboru ćwiczącym wpływa na poczucie samostanowienia i motywację. Wulf i wsp. wykazali, iż możliwość dokonywania nawet niewielkich wyborów (decydowanie o kolejności wykonywania 4 zaproponowanych w badaniu ćwiczeń) może spowodować zwiększenie zaangażowania [201]. Lewthwaite i wsp. zwrócili uwagę na to, że zapewnienie uczestnikom zajęć autonomii w odniesieniu nie tylko do wykonywanego zadania, ale również dokonywania małych nie związanych z zadaniem wyborów (np. koloru piłek golfowych, preferowanego obrazu, który powinien wisieć w pracowni) wpływa korzystnie na uzyskane wyniki badania [202].

Niezmiernie ważną rolę prowadzącego zajęcia sportowe jest zapewnienie motywującego środowiska, aby zachęcić i bardziej zaangażować ćwiczących do wykonywania intensywnych wysiłków fizycznych [203–205]. Uwzględnianie potrzeb i preferencji ćwiczących może wpłynąć na pozytywne postrzeganie aktywności fizycznej, zwiększenie zaangażowania w wykonywane ćwiczenia oraz uzyskiwanie większych korzyści dla zdrowia.

Porównanie czasu spędzonego w docelowym zakresie tętna w zależności od rodzaju zajęć

Na skuteczność programów treningowych mają wpływ między innymi takie czynniki jak wiek, intensywność oraz czas trwania ćwiczeń [206, 207]. Ćwiczenie zgodnie z wyznaczonymi strefami tętna zapewnia bezpieczeństwo, optymalizację oraz możliwość realizacji celów treningowych. Odpowiednie adaptacje fizjologiczne organizmu możliwe są wtedy, gdy intensywność ćwiczeń ustalona jest indywidualnie dobranymi zakresami częstości pracy serca. Są one określane jako procent wartości tętna maksymalnego, dlatego bardzo ważne jest dokładne oszacowanie tego parametru [50]. Metoda oceny intensywności wysiłku oparta na analizie czasu spędzanego w strefach wykorzystana jest między innymi do opracowywania zaleceń dotyczących wykonywania ćwiczeń dla osób w różnym wieku, zarówno zdrowych jak i tych obciążonych chorobami [208]. Szeroko stosowana jest też w programowaniu treningów sportowych [209, 210].

Analiza czasów jaki wszyscy badani spędzali w poszczególnych strefach wykazała, że studenci pozostawali średnio około 15% zajęć w docelowym zakresie tętna i około 11% powyżej wyznaczonej strefy. Monitoring wykazał, że przez najdłuższą część zajęć

studenci ćwiczyli z intensywnością poniżej wyznaczonej strefy. Wydaje się, że czas trwania wysiłków o różnej intensywności jest zgodny z prawidłowym prowadzeniem zajęć sportowych. Ćwiczenia o niższej intensywności obejmowały część wstępną, rozgrzewkę przygotowującą do wysiłków i zadań realizowanych w części głównej oraz tzw. cool down czyli uspokojenie organizmu poprzez ćwiczenia rozciągające i relaksacyjne stosowane w końcowej części zajęć [174]. Wysiłki o wyższej intensywności występowały w części głównej zajęć i trwały stosunkowo krótko. Należy zaznaczyć, że zajęcia w ramach których realizowano badania, były zróżnicowane w odniesieniu do celów i treści oraz przeprowadzone zostały przez różnych nauczycieli akademickich. Nie znalazłam badań w których dokonano oceny intensywności ćwiczeń w oparciu o czas spędzony w strefach na populacji młodzieży akademickiej.

Zajęcia sportowe organizowane przez wyższe uczelnie są jedną z możliwości realizacji zaleceń WHO dotyczących aktywności fizycznej studentów. Istotną rolę w takich zajęciach odgrywa odpowiednio dostosowana intensywność wysiłku oraz czas jego trwania. W moim badaniu wszyscy studenci najwięcej czasu przebywali poniżej docelowego ($85 \pm 3\% \text{HR}_{\text{max}}$) zakresu tętna. Zaobserwowałam jednak, że czas spędzony w tej strefie w odniesieniu do całych zajęć był o 20% dłuższy w przypadku studentów badanych w ramach zajęć obowiązkowych. Studenci, którzy uczestniczyli w zajęciach z wyboru istotnie częściej spędzali czas w strefie powyżej $85\% \text{HR}_{\text{max}}$, podczas gdy połowa uczestników zajęć obowiązkowych nie ćwiczyła w tej strefie. Różnice te mogą wynikać z rodzaju zajęć, stylu realizacji zajęć (różni prowadzący), poziomu wytrenowania i motywacji.

Analiza wyników wszystkich czterech rodzajów zajęć w trakcie, których przeprowadzono badania wykazała, że prawie połowa studentów badanych w ramach wychowania fizycznego i około 53% studentów z fakultetów osiągnęło $85\% \text{HR}_{\text{max}}$. Najczęściej wartość tę uzyskiwali studenci z sekcji sportowych (blisko 80%), a najrzadziej (około 36%) studenci badani w ramach przedmiotów zawodowych. Niższa intensywność zajęć odnotowana w grupie przedmiotów zawodowych mogła wynikać ze specyfiki tych zajęć. Z kolei to, że studenci uczestniczący w zajęciach z wyboru częściej osiągnęli intensywność na poziomie $85\% \text{HR}_{\text{max}}$ oraz dłużej przebywali w strefie 1 i w strefie 3 mogło być spowodowane rodzajem motywacji oraz odczuwaniem większej przyjemności z wykonywania ćwiczeń. Według Scanlan i Simons [211] źródłem tych przyjemności mogą być dobre relacje społeczne, wsparcie rówieśników oraz dobra samoocena i powszechne uznanie kompetencji fizycznych oraz wysiłku włożonego w opanowanie danych umiejętności.

Zaobserwowane różnice w osiągnięciu podczas ćwiczeń intensywności co najmniej 85% HR_{max} oraz czasu spędzanego w strefach mogą wynikać również z poziomu sprawności fizycznej i wydolności studentów, którą można oceniać za pomocą progów metabolicznych. Próg tlenowy [212] – to próg intensywności wysiłku po przekroczeniu którego po raz pierwszy zaczyna wzrastać poziom mleczanu we krwi. Próg ten uzależniony jest od indywidualnego poziomu wydolności tlenowej i u osób o niskim poziomie kondycji może wynosić 60% tętna maksymalnego, natomiast u wytrenowanych 85%. W celu podwyższenia progu tlenowego zaleca się wykonywanie wysiłków o niskiej intensywności, które wpływają na rozwój sieci naczyń włosowatych i metabolizm kwasów tłuszczowych. Podwyższenie progu tlenowego pozwala na ćwiczenie z większą intensywnością bez wzrostu poziomu mleczanu. Z kolei próg beztlenowy [212] oznacza najwyższy poziom intensywności ćwiczeń, możliwy do utrzymania przez dłuższy czas bez znacznego wzrostu mleczanu we krwi. Przekroczenie tego progu powoduje wzrost metabolizmu beztlenowego i stężenia mleczanu we krwi co doprowadza między innymi do sztywnienia mięśni. Podejmowanie systematycznego treningu tuż poniżej progu beztlenowego i przekraczanie go co jakiś czas prowadzi do podniesienia progu tlenowego.

Zaleca się, aby podczas zorganizowanych zajęć sportowych (wychowanie fizyczne) ćwiczenia z intensywnością średnią i dużą były wykonywane przez przynajmniej połowę czasu trwania tych zajęć [213]. Wykazano, że ćwiczenia z taką intensywnością wpływają między innymi na sprawność układu krążeniowo-oddechowego, mięśniowo-szkieletowego, struktury i funkcje poznawcze mózgu [214, 215].

W programowaniu zajęć sportowych należy uwzględnić fakt, że górne limity intensywności ćwiczeń powinny być określone indywidualnie. Jest to utrudnione w sytuacjach, gdy są one prowadzone w dużych grupach studenckich. Badania wykazują, że wysiłki o wyższej intensywności mogą przynieść więcej korzyści w poprawie wydolności ćwiczących niż treningi o niskiej lub umiarkowanej intensywności [216, 217].

Porównanie wpływu zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych opartą o pomiar tętna

Wykazano, że równania na podstawie których przewiduje się HR_{max} z wieku są najbardziej dokładne, gdy stosuje się je dla grupy podobnej do tej dla której zostało ono wygenerowane [218, 219].

Sugeruje się, że równanie Fox przeszacowuje HR_{max} u osób młodych i niedoszacowuje u starszych dorosłych [76, 220]. Równanie Fox ma odchylenie standardowe 10–12 skurczów na minutę [88]. Wynika z tego, że w przypadku 44% populacji różnica między szacowanym a rzeczywistym tętnem maksymalnym może wynosić nawet do 20 skurczów/min. Proste w zastosowaniu równanie Fox oparte na spadku HR_{max} z wiekiem, zostało wygenerowane na podstawie danych z około dziesięciu badań, przeprowadzanych według różnych kryteriów i różnych warunkach, przy czym uczestnikami tych badań byli tylko mężczyźni w większości w wieku poniżej pięćdziesiątego piątego roku życia. Należy dodać, że sam Fox i współpracownicy zakładali, iż w odniesieniu do ogólnej populacji, tempo obniżania się HR_{max} z wiekiem może być mniejsze [72, 76]. Z równania Fox wynika, iż spadek HR_{max} z wiekiem wynosi 5–7% na dekadę. Wykazano, iż jest on mniejszy i wynosi 3–5% [93, 221–225].

Trudno jest dokładnie oszacować tętno maksymalne między innymi ze względu na różnice w tempie spadku tego parametru w różnych grupach wiekowych oraz fakt, że obniżanie się wartości HR_{max} ma charakter nieliniowy, co wykazały badania Zhu i wsp. [226].

Niedokładne przewidywanie HR_{max} może prowadzić do błędnego ustalania kryteriów maksymalnych wysiłków, wykonywania ćwiczeń z inną intensywnością niż ta, która jest zalecana do osiągnięcia wyznaczonych celów. W celu dokładniejszego szacowania HR_{max} wygenerowano wiele nowych wzorów dla różnorodnych populacji. W moim badaniu wykorzystałam cztery równania na podstawie których można określić HR_{max} . Były to formuły: Fox, Tanaka, Gellish2 oraz Fairban. Zauważyłam znaczną rozbieżność przewidywanych z wieku wartości HR_{max} przy stosowaniu każdej z tych metod.

Tanaka i wsp. [76] wykazali, iż równanie Fox (220-wiek) określone zostało na podstawie meta-analizy 10 badań, większość badanych miała ≤ 55 lat, a najstarsi byli poniżej 65 roku życia. Badaną populację stanowiły osoby z chorobami układu krążenia, które brały leki, prawdopodobnie paliły. Celem badania Tanaka i wsp. było wyznaczenie wzoru do przewidywania HR_{max} dla ogólnej populacji zdrowych dorosłych. W badaniu zastosowano meta-analizę, w której wzięto pod uwagę 351 badań podczas których zdiagnozowano 492 grupy [227]. Przeprowadzono walidację krzyżową wygenerowanego równania w badaniu laboratoryjnym. Częstość pracy serca monitorowano za pomocą elektrokardiografii. W celu określenia HR_{max} zastosowano ciągły, ze stopniowo narastającym obciążeniem test wydolnościowy, wykonywany na bieżni. Zmierzono minutowe zużycie tlenu. Badani oceniali odczuwany wysiłek przy wykorzystaniu Skali Borga.

Istotne jest również to, że sprawdzono czy takie czynniki jak aktywność fizyczna czy płeć mają wpływ na szacowane tętno maksymalne z wieku. W badaniu laboratoryjnym wzięło udział 514 zdrowych, niepalących osób (277 kobiet) w wieku od 18 do 81 lat. Badani zostali podzieleni na grupę osób nieaktywnych (285) i grupę ćwiczących wytrzymałościowo. Określono tętno maksymalne w stopniowanym teście wysiłkowym, przy czym było to tętno uzyskiwane przez badanych w chwili, gdy oceniali wykonywany wysiłek na 18 punktów i więcej w skali Borga. Wygenerowano równanie $208 - 0,7 \times \text{wiek}$ porównano je z powszechnie stosowanym 220-wiek. Tanaka i wsp. zaobserwowali, że równanie Fox zawyża wartości $HR_{\max}$ u młodych dorosłych, a zaniża u osób po 40 roku życia. Różnica ta wynosi 10 uderzeń serca/min dla osób siedemdziesięcioletnich, przy czym odnotowano również przypadki osób starszych, u których niedoszacowanie to wynosi 20 skurcz. serca/min.

Z kolei równania zaproponowane przez Gellish [220] są wynikiem długoletnich badań, które objęły ponad 4000 osób. Z badań wykluczono osoby zażywające leki wpływające na odpowiedź serca na wysiłek fizyczny. Ostatecznie uwzględniono wyniki badań 132 zdrowych osób, które miały wielokrotnie wykonany stopniowany test wysiłkowy i oceniany stan zdrowia na przestrzeni lat. Rejestrowano między innymi takie parametry jak wiek, wzrost waga, tętno spoczynkowe, ciśnienie, zażywane leki. Celem testów wysiłkowych była ocena sprawności, na podstawie której można zalecać ćwiczenia. Uwzględniono próby wysiłkowe badanych, którzy uzyskali podczas wysiłku 85% $HR_{\max}$ przewidywanego z wzoru 220-wiek. W badaniach przeprowadzonych przez Tanakę i in. oraz Gellish i in. prawie 80% wariacji przewidywanego tętna maksymalnego wyjaśniała zmienna wieku.

W celu dokładniejszego szacowania $HR_{\max}$ i zwiększenia bezpieczeństwa pacjentów z chorobami krążeniowo – płucnymi podczas prób stopniowanego i maksymalnego wysiłku Fairbairn i wsp. [74] zaproponowali oddzielny wzór dla kobiet i mężczyzn (kobiety: $HR_{\max} = 201 - 0,63 \times \text{wiek}$; mężczyźni: $HR_{\max} = 208 - 0,80 \times \text{wiek}$). Przebadano 231 kobiet i mężczyzn, w wieku 20–80 lat. Podczas próby wysiłkowej wykonywanej na ergometrze rowerowym monitorowane były takie parametry jak częstość skurczów serca i pobór tlenu. Wykorzystano metodę regresji liniowej do opracowania równań pozwalających oszacować wartości tętna maksymalnego oraz maksymalnego poboru tlenu. Autorzy badania stwierdzili, iż równanie wygenerowane dla kobiet najlepiej przewidywało tętno maksymalne dla przedziału wieku 20–40 lat.

W moim badaniu wartości HR_{max} przewidywane z wieku przy zastosowaniu formuły Fairbarn były najniższe, a równania Fox najwyższe (różnica wynosiła prawie 10 skurcz/min). Skutkowało to różnicami w ocenie intensywności wysiłku opartej o pomiar tętna. W zależności od zastosowanej formuły studenci na szczycie wysiłku ćwiczyli z intensywnością ponad 91% HR_{max} – Fairbarn, 89% – Tanaka i Gellish 2, 86% – Fox. Najwyższy procent badanych osiągał co najmniej 85% HR_{max} podczas szacowania tętna maksymalnego z formuły Fairbarn – 90,1%, Gellish 2 – 79,1%, Tanaka – 72,9%, Fox – 53,7%. Zaobserwowane różnice, w ocenie intensywności wysiłku w wyznaczonych zakresach treningowych, wynikające z zastosowanej formuły do szacowania HR_{max} mogą mieć ogromne znaczenie dla prowadzących zajęcia sportowe. Uświadamiają one, że zarówno określanie intensywności wysiłku planowanych zajęć, jak i ocena ćwiczeń wykonywanych przez studentów, nie jest taka sama, gdy zamiast popularnej formuły Fox, do predykcji tętna maksymalnego użyje się innego równania. Może to prowadzić do nieprawidłowego doboru obciążeń, a w konsekwencji do przeciążeń, przetrenowania i kontuzji jeśli będą zbyt wysokie. Zbyt niskie z kolei, nie wpłyną na poprawę wydolności i uzyskanie korzyści zdrowotnych.

Analiza wiarygodność formuł pozwalających na przewidywanie tętna maksymalnego z wieku było przedmiotem wielu badań na różnych populacjach. Niestety nie ma zbyt wielu doniesień naukowych dotyczących młodzieży akademickiej. Badania na populacji najbardziej zbliżonej do przebadanej przeze mnie pod względem wieku i różnego poziomu sprawności fizycznej przeprowadzili Cleary i wsp. [79]. Celem pracy było sprawdzenie dokładności siedmiu równań pozwalających oszacować HR_{max} z wieku na grupie 96 studentów (44 kobiety), w wieku około 22 lat. Rzeczywiste HR_{max} określono na podstawie wartości uzyskanych w dwóch 200 m sprintach na wyznaczonym torze. W porównaniach uwzględniono opisywane wcześniej równanie Fox, równania Fairbarn uwzględniające płeć badanych [74], trzy równania Gellish oraz formułę Hossack. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że formuła Fox przeszacowuje wartości HR_{max} dla populacji młodych dorosłych. Wykazano, że szacowane wartości HR_{max} były istotnie wyższe ($p \leq 0,05$) niż rzeczywiste uzyskane w próbie wysiłkowej przy zastosowaniu formuły Fox, Tanaka, Hossack i Gellish3. Okazało się, że powszechnie stosowane równanie 220-wiek w przypadku 88,5% badanych zawyżało przewidywane wartości HR_{max} w porównaniu z uzyskanymi podczas testu. Procentowe wartości HR_{max} wyliczane z formuł w porównaniu z rzeczywistym wynosiły: 105,2% dla formuły Hossack, 104,8% dla rów-

niania Fox, 102% dla Tanaka. Najdokładniejsze okazały się równania Gellish2 – 99,6% oraz Fairbairn – 100,1%.

Badania, których celem było sprawdzenie dokładności formuł przewidywania tętna maksymalnego z wieku oraz wpływu takich czynników jak wiek i aktywność fizyczna na zmierzone HR_{max} w populacji młodych dorosłych w wieku 18–25 lat przeprowadzili Roy i wsp. [228]. Przebadano 30 osób aktywnych (15 kobiet) oraz 22 osoby nieaktywne (13 kobiet). Rzeczywiste tętno maksymalne uzyskano w teście wysiłkowym zgodnie z protokołem Bruce. Porównano równania $HR_{max} = 220 - \text{wiek}$, $HR_{max} = 226 - \text{wiek}$, $HR_{max} = 208 - 0,7 \times \text{wiek}$. Wykazano, że mężczyźni mieli wyższe tętno maksymalne niż kobiety (198,3 v. 190,4 skurcz/min). Wyższe tętno maksymalne odnotowano również u osób nieaktywnych (197,3 v. 191,4 skurcz/min). W badanej populacji najdokładniejsze w przewidywaniu HR_{max} było równanie $208 - 0,7 \times \text{wiek}$.

Porównania rzeczywistych wartości HR_{max} z szacowanymi z pięciu wzorów, na podobnej do mojej pod względem wieku, ale składającej się tylko z kobiet, populacji przeprowadzili Esco i wsp. [229]. Przebadano 30 kobiet (zawodniczki piłki nożnej, tenisa i biegów przełajowych) w wieku $21,5 \pm 1,9$ lat. Zmierzone HR_{max} (za pomocą stopniowanych testów wysiłkowych na bieżni, z zastosowaniem protokołu Bruce'a) porównano z wartościami oszacowanymi ze wzorów stosowanych dla ogółu populacji: Fox [72], Tanaka [76], Astrand [230], formułami dla kobiet Fairbairn i in. [74] oraz Gulati i in. [231]. Nie zaobserwowano istotnych różnic między średnimi zmierzonymi wartościami HR_{max} a szacowanymi z równań Fairbairn i Gulati. Natomiast pozostałe równania istotnie ($p < 0,01$) zawyżały średnie wartości HR_{max} . Równanie Fox przeszacowywało rzeczywiste wartości HR_{max} o więcej niż 12 skurczów/min.

Nikolaidis sprawdził rzetelność równań predykcyjnych Fox ($HR_{max} = 220 - \text{wiek}$) oraz Tanaka ($HR_{max} = 208 - 0,7 \times \text{wiek}$) porównując wyliczone wartości ze zmierzonymi, na dwóch grupach piłkarzy; 162 młodych zawodnikach w wieku około $15,8 \pm 1,5$ lat oraz 158 dorosłych piłkarzach w wieku $23,4 \pm 4,6$ lat [80]. U dorosłych nie było różnicy w szacowanych z formuły Fox i rzeczywistych wartościach HR_{max} , podczas gdy równanie Tanaka zaniżało HR_{max} o 5 skurczów/min. W przypadku młodzieży przewidywane wartości HR_{max} wyliczone z równania Fox były wyższe o 4 skurcze/min, a z równania Tanaka niższe o 3,2 skurcze/min w porównaniu z rzeczywistymi.

Trafność równań predykcyjnych Fox ($HR_{max} = 220 - \text{wiek}$) oraz Tanaka ($HR_{max} = 208 - 0,7 \times \text{wiek}$) została również zbadana na grupie 180 nieprofesjonalnych maratończyków (kobiet i mężczyzn) w wieku około 43 lat [232]. Okazało się, że równanie Fox zani-

za przewidywane wartości tętna maksymalnego o około 3 skurcze/min u przebadanych mężczyzn. Oba równania przeszacowują HR_{max} o około 5 skurczów/min u kobiet.

Camarda i wsp. zbadali 2047 mało aktywnych osób (1091 mężczyzn) w wieku 12–69 lat. Wykazali dobrą korelację między zmierzonym tętnem maksymalnym uzyskanym w teście wysiłkowy sercowo-płucny a szacowanym ze wzoru Karvonena i Tanaki. Korelacja ta w przypadku obu równań wynosiła $r = 0,72$ [66]. Barboza i wsp. Dowiedli, że równania Fox i Tanaka zadawalająco przewidują HR_{max} również u młodych (28 ± 5 lat) aktywnych mężczyzn [233].

Do odmiennych wniosków doszli Silva i wsp. po przebadaniu populacji starszych kobiet (średnia wieku $67,1 \pm 5,16$) [234]. Dowiedli, iż równanie 220-wiek oraz równanie Tanaka przeszacowuje przewidywane wartości HR_{max} ($p < 0,001$) w porównaniu z wartościami uzyskanymi w maksymalnie stopniowanym teście wysiłkowym wykonywanym na bieżni według zmodyfikowanego protokołu Bruce'a. Zbadano 93 kobiety, których średnie HR_{max} uzyskane w próbie GTX wynosiło $145,5 \pm 12,5$. Było ono średnio niższe o 7,4 skurczów/min od wartości przewidywanych z wzoru 220-wiek i aż o 15,5 uderzeń na minutę przy zastosowaniu równania Tanaki.

Porównanie rzeczywistego tętna maksymalnego uzyskanego podczas sercowo-płucnego testu wysiłkowego z szacowanymi wartościami HR_{max} wyliczonymi z wzorów w grupie otyłych nastolatków było celem badań Segundo i wsp. [219]. Po przebadaniu 59 osób (56% mężczyzn) w wieku 15–18 lat stwierdzono, że równania Fox (220-wiek), Gellish ($207 - 0,7 \times \text{wiek}$) oraz Tanaka ($208 - 0,7 \times \text{wiek}$) zawyżają szacowane wartości tętna maksymalnego ($p < 0,001$) w porównaniu ze zmierzonym. Dla tej grupy najdokładniejsze jest równanie $200 - 0,48 \times \text{wiek}$ ($p = 0,103$).

Colantonio i wsp. [235] wykazali w swoim badaniu na 145 osobach w wieku 7–17 lat, że równanie Fox przeszacowuje wartości HR_{max} . Do podobnych wniosków doszli Zackary i wsp. [236], którzy wykazali, że równanie Fox zawyża wartości HR_{max} o 12,4 skurczów/min u osób poniżej 18 lat. W przypadku konieczności szacowania HR_{max} w tej populacji lepiej jest korzystać z formuły Tanaka mimo, iż zaniża ona oszacowane tętno maksymalne o 2,7 skurcze/min. Stosowanie formuły Tanaka jako dokładniejszej wśród dzieci rekomendują również Michado i wsp. [238].

Ze względu na to, że wzory na oszacowanie tętna maksymalnego stosowane dla szerokiej populacji często nie sprawdzają się w specyficznych grupach np. sportowców, lepiej stosować wzory wygenerowane w wyniku badań na tego typu grupach. Bardziej precyzyjny jest np. wzór Edwards [239], który uwzględnia nie tylko wiek, płeć ale rów-

niez ciężar ciała badanego: kobiety; $HR_{max} = 210 - (0,5 \times \text{wiek}) - (0,022 \times \text{waga w kg})$, mężczyźni; $HR_{max} = 210 - (0,5 \times \text{wiek}) - (0,022 \times \text{waga w kg}) + 4$. Z kolei formuła Millera: $HR_{max} = 217 - (0,85 \times \text{wiek})$ uwzględnia różnice w poziomie sprawności fizycznej, wytrenowania i tak w przypadku osób trenujących wyczynowo poniżej 30 roku życia należy odjąć 3 skurcz/min; w wieku 50–54 lata dodać 2 skurcz/min, a wyczynowców ≥ 55 . roku życia dodać 4 skurcz/min [239].

Prawidłowe określenie tętna maksymalnego jest istotne nie tylko do realizacji celów treningowych, ale wiąże się z nim również zakres obciążeń jaki mięśnie są w stanie tolerować podczas wysiłku. Obserwacja częstości skurczów serca podczas wykonywania wysiłków fizycznych sprawia, że ćwiczenia wykonywane są bardziej świadomie. Aktywność fizyczna wykonywana w zaplanowanych strefach tętna zapewnia progres, bardziej mobilizuje ćwiczących, pozwala urozmaicić trening. Należy zwrócić szczególną uwagę na to, że szacowanie HR_{max} w oparciu o utarte schematy, czy wykorzystywanie w tym celu pulsometrów, które też nie zawsze określają je prawidłowo, może skutkować błędnym wyznaczeniem intensywności oraz stref treningowych. Ze względu na to, że wiek tylko w pewnym stopniu wyjaśnia wariancję HR_{max} , wzory predykcyjne nie są precyzyjne w pewnych populacjach, przeprowadzono badania, których celem było sprawdzenie jakie inne czynniki i w jakim stopniu mogą wpływać na uzyskiwane wartości tętna maksymalnego. Londeree i wsp. wykazali, że rasa nie wpływa istotnie na precyzję szacowania tętna maksymalnego [240]. Graettinger i wsp. zaobserwowali, że 9% wariancji HR_{max} u badanych z nadciśnieniem wyjaśnia względna grubość ścian w echokardiografii [241]. Wpływ największej liczby zmiennych takich jak: skład ciała, BMI, poziom sprawności, VO_{2max} i płeć na dokładność obliczeń HR_{max} sprawdzili w badaniu na grupie ponad 3000 zdrowych kobiet i mężczyzn (głównie sportowców) w wieku około 36 lat Lach i wsp. [239]. Wykazali, że uwzględnienie tych zmiennych tylko w niewielkim stopniu (aczkolwiek statystycznie istotnie) wpływa na precyzję szacowania HR_{max} z wieku.

Formuły szacowania HR_{max} z wieku badanych najczęściej zostały wyprowadzone dla konkretnej populacji, co sprawia, że nie zawsze pozwalają dokładnie przewidzieć tętno maksymalne dla ogółu. Shookster i wsp. [242] w badaniu na 99 osobach, w wieku 17–67 lat przetestowali dziewięć równań (Fox, Gellish, Gulati, Tanaka, Arena, Astrand, Nes, Fairbairn (kobiety, mężczyźni) w celu znalezienia tego najdokładniej przewidyującego HR_{max} w populacji ogólnej. Przewidywane wartości HR_{max} wyliczone z powyższych formuł zostały porównane z rzeczywistymi wartościami tętna maksymalnego uzyskanymi podczas stopniowanych testów wysiłkowych na bieżni. Wykazały one istotne różnice

w przypadku wyliczeń HR_{max} z wzorów Gulatiego, Astranda, Nesa i Fairbarn (mężczyźni) ($p < 0,05$). Wszystkie z zastosowanych formuł przeszacowywały lub zaniżały rzeczywiste HR_{max} . Badacze rekomendują stosowanie równania Fox do przewidywania tętna maksymalnego dla ogólnej populacji.

Wyniki badań porównujących dokładność równań predykcyjnych są niejednoznaczne i różne dla konkretnych populacji. Predykcyjne wartości HR_{max} rzutują na określanie intensywności wysiłku i wyznaczane zakresy częstości pracy serca. Powszechnie stosowane równanie 220-wiek może przeszacowywać wartości tętna maksymalnego w przypadku populacji studentów. Może być stosowane w sytuacjach, gdy nie jest potrzebne bardzo dokładne HR_{max} . W celu zapewnienia bezpieczeństwa ćwiczącym podczas określania intensywności ćwiczeń wskazane jest zastosowanie nie tylko procentowych wartości HR_{max} , ale również Skali Borga, która określa subiektywne postrzeganie ciężkości wysiłków fizycznych i zmęczenia.

Ograniczenia badania

Moje badanie ma kilka ograniczeń. Po pierwsze, zastosowano w badaniu do oceny zmęczenia subiektywną skalę Borga w wersji 6–20. Ocena zmęczenia jest odczuciem subiektywnym i opartym na indywidualnym doświadczeniu. BS jest bardzo często do tego stosowana, a wersja 6–20 choć bardziej intuicyjna, jest stosowana powszechnie.

Kolejnym ograniczeniem jest pomiar tętna w spoczynku. Choć z punktu widzenia fizjologii tętno zmierzone po nocnym wypoczynku uznaje się za wartość referencyjną spoczynkowego HR, to w praktyce zastosowanie takiego podejścia jest kłopotliwe.

Następne ograniczenie to wybrana grupa badana, którą stanowią studenci różnych kierunków tej samej uczelni reprezentujący głównie rasę kaukaską. Dlatego uogólnienie wyników do innych grup powinno być ostrożne.

Ostatnie ograniczenie to skorzystanie z różnych formuł szacujących HR_{max} , a nie zmierzonych u badanych. Pomiar prawdziwego HR_{max} wymaga przeprowadzenia bardzo intensywnego wysiłku, który nie jest celem ćwiczeń w warunkach regularnych, prowadzonych w dużych grupach zajęć sportowych na UMP. Poza tym szacowanie tętna w oparciu o różne formuły jest stosowane i zalecane powszechnie. Jednak nierozstrzygniętym problemem pozostaje wybór takiej formuły, co również poddałam analizie w swojej pracy.

Zastosowanie praktyczne

Przeprowadzenie badania w takiej różnorodnej grupie studentów uczelni medycznej wydaje się mieć elementy nowatorstwa o praktycznym znaczeniu. Uważam, że jeżeli rodzaj zajęć ma znaczenie w odniesieniu do intensywności wykonywanych ćwiczeń, to powinno to wpływać na sposób organizacji zajęć sportowych dla studentów UMP. Jeśli ćwiczenia wykonywane w ramach wyboru wiążą się z większym zaangażowaniem, to być może należy ten fakt uwzględnić w planowaniu zajęć.

Kolejnym praktycznym problemem wymagającym rozstrzygnięcia jest wybór formuły do szacowania maksymalnego tętna. Jak wynika z mojej pracy wybór formuły może mieć wpływ na ocenę intensywności wykonywanych ćwiczeń, a tym samym ostatecznie osiągnięcie lub nie określonych celów.

7. Wnioski

Wnioski ogólne

1. Możliwość lub brak możliwości wyboru zajęć sportowych realizowanych przez studentów ma związek z odczuwanym zmęczeniem, wartościami wskaźników tętna i czasem spędzonym na ćwiczeniach w docelowym zakresie tętna.
2. Rodzaj zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego wpływa na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych w oparciu o pomiar tętna.

Wnioski szczegółowe

1. Studenci ćwiczący w ramach zajęć sportowych z wyboru raportowali większe odczuwane maksymalne zmęczenie według skali Borga, mieli wyższe wartości różnych wskaźników częstości pracy serca (poza tętnem spoczynkowym) oraz spędzali więcej czasu wykonując ćwiczenia w docelowym zakresie tętna.
2. W porównaniu z formułą Fox szacowane tętno maksymalne jest niższe, natomiast wartości tętna szczytowego i rozgrzewkowego do zanotowanego tętna maksymalnego są wyższe dla formuł Tanaka, Gellish², Fairbairn.

Wniosek o potencjale wdrożeniowym

Ponieważ możliwość wyboru zajęć ma znaczenie w odniesieniu do intensywności ćwiczeń wykonywanych przez studentów, wydaje się, że należałoby to uwzględnić w organizacji zajęć sportowych.

8. Streszczenie

Zajęcia sportowe organizowane przez Uniwersytet Medyczny w Poznaniu (UMP) stwarzają możliwość realizacji wytycznych WHO dotyczących podejmowania aktywności fizycznej, dają korzyści zdrowotne i przyczyniają się do kształtowania postaw promujących aktywność fizyczną. W Studium Wychowania Fizycznego i Sportu realizowane są obowiązkowe dla studentów zajęcia wychowania fizycznego i przedmioty zawodowe oraz podejmowane dobrowolnie i wybierane ze względu na preferencje ruchowe fakultety i sekcje sportowe. Nie zbadano dotychczas, zaangażowania studentów w wykonywane ćwiczenia, w zależności od tego, czy uczestniczą w zajęciach z obowiązku lub z wyboru. Oceny intensywności ćwiczeń dokonać można przy wykorzystaniu łatwych w zastosowaniu parametrów takich jak częstość skurczów serca (HR), czas spędzony w wyznaczonych strefach tętna czy subiektywna ocena zmęczenia raportowana skalą Borga. Intensywność wysiłku mierzona za pomocą częstości skurczów serca określana jest procentami tętna maksymalnego (HR_{max}). Najdokładniej określa się tętno maksymalne przy zastosowaniu testów wysiłkowych. Jednak nie zawsze możliwe jest przeprowadzenie takich testów i dlatego powszechnie szacuje się HR_{max} za pomocą formuł z wieku ćwiczącego. Najczęściej wykorzystuje się wzór Fox (220-wiek). Istnieje około 40 równań predykcyjnych HR_{max} z wieku. Szacowane wartości tętna maksymalnego różnią się w zależności od zastosowanej formuły.

Hipotezą badania było założenie, że rodzaj zajęć sportowych, z obowiązku lub z wyboru, w których uczestniczą studenci UMP, ma wpływ na odczuwane maksymalne zmęczenie w czasie ćwiczeń oraz zachowanie się częstości pracy serca przed zajęciami, w czasie rozgrzewki i podczas ćwiczeń. Ponadto założono, że rodzaj zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego może wpływać na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych w oparciu o pomiar tętna.

Cele badawcze pracy realizowanej w grupie studentów UMP ćwiczących w ramach zajęć sportowych z obowiązku lub wyboru to:

1. Ocena zaangażowania studentów w realizację ćwiczeń podczas zajęć sportowych poprzez porównanie:
 - maksymalnego odczuwanego zmęczenia według skali Borga w czasie ćwiczeń w zależności od rodzaju zajęć,

- zachowania się różnych wskaźników częstości pracy serca w zależności od rodzaju zajęć,
 - czasu spędzonego w docelowym zakresie tętna w zależności od rodzaju zajęć.
2. Porównanie wpływu zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych w oparciu o pomiar tętna.

Zbadano 538 (133 mężczyzn), zdrowych studentów w wieku około 22 lat z prawidłowym BMI, kształcących się na wszystkich wydziałach UMP. 53,5% badanych stanowili studenci uczestniczący w zajęciach obowiązkowych (wychowanie fizyczne i przedmioty zawodowe), pozostali brali udział w zajęciach z wyboru (fakultety, sekcje sportowe). Materiał badawczy zbierano podczas losowo wybranych zajęć prowadzonych przez różnych nauczycieli i trenerów. Przez cały czas trwania badania monitorowano pracę serca za pomocą pulsometru z opaską zakładaną na klatkę piersiową Polar RS 100TM. Dla każdego badanego zaprogramowana została strefa wartości pracy serca na poziomie 85% ($\pm 3\%$) HR_{max} wyliczonego z formuły Fox (220 -wiek). Przewidywane HR_{max} wyliczane z powszechnie stosowanego równania 220-wiek porównano z wartościami obliczonymi z formuły Fairbairn, Gellish² i Tanaka. W badaniu wykorzystano wartości częstości skurczów serca odnotowane w: spoczynku, po rozgrzewce, na szczycie wysiłku. Dodatkowo wyliczono: zmianę częstości pracy serca między wartością spoczynkową a rozgrzewkową (dHRr-wu), zmianę częstości pracy serca między wartością uzyskaną podczas rozgrzewki a szczytową (dHRwu-p), zmianę częstości pracy serca między wartością spoczynkową a szczytową (dHRr-p), czas spędzony w poszczególnych strefach intensywności oraz pochodne stosunku wartości częstości pracy serca na szczycie wysiłku do przewidywanego dla wieku tętna maksymalnego (rHR_{max}) dla wartości HR_{max} wyliczonej z czterech wzorów. Subiektywne odczucie maksymalnego zmęczenia badani raportowali za pomocą 15-to punktowej skali Borga.

W celu porównania wyników między studentami odbywającymi zajęcia z obowiązku lub z wyboru wykorzystano test Mann-Whitneya dla danych ilościowych i dokładny test Fischera dla danych jakościowych.

Zaobserwowano różnice w zaangażowaniu w realizację ćwiczeń między uczestnikami obu rodzajów zajęć. Studenci uczestniczący w zajęciach z wyboru uzyskiwali istotnie wyższe wartości HRwu, HRp (± 177 skurcz/min vs. ± 167 skurcz/min). Nie stwierdzono istotnej różnicy między tętnem spoczynkowym oraz w zmianie tętna między rozgrzewką a szczytem wysiłku pośród badanych studentów. Studenci uczestniczący w ćwiczeniach z wyboru dwukrotnie częściej spędzali ćwiczenia w zakresie tętna docelowego

i istotnie częściej powyżej. Połowa studentów badanych w trakcie zajęć obowiązkowych nie ćwiczyła w ogóle z intensywnością powyżej 85% HR_{max} . Stwierdzono istotne różnice w raportowanym odczuciu zmęczenia za pomocą skali Borga. Studenci, którzy uczestniczyli w zajęciach z wyboru odczuwali większe zmęczenie (15 vs.13).

Badania potwierdziły postawioną hipotezę, iż ocena intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych oparta o pomiar tętna zależy od formuły wyznaczania tętna maksymalnego. Analiza procentowego osiągnięcia przez wszystkich badanych co najmniej 85% HR_{max} wykazała, że najniższy procent był przy zastosowaniu formuły Fox (53,7%), a najwyższy podczas szacowania HR_{max} według formuły Fairbairn (90,1%).

Sformułowano następujące wnioski:

Wnioski ogólne

1. Możliwość lub brak możliwości wyboru zajęć sportowych realizowanych przez studentów ma związek z odczuwanym zmęczeniem, wartościami wskaźników tętna i czasem spędzonym na ćwiczeniach w docelowym zakresie tętna.
2. Rodzaj zastosowanej formuły do szacowania tętna maksymalnego wpływa na ocenę intensywności wysiłku w poszczególnych zakresach treningowych w oparciu o pomiar tętna.

Wnioski szczegółowe

1. Studenci ćwiczący w ramach zajęć sportowych z wyboru raportowali większe odczuwane maksymalne zmęczenie według skali Borga, mieli wyższe wartości różnych wskaźników częstości pracy serca (poza tętnem spoczynkowym) oraz spędzali więcej czasu wykonując ćwiczenia w docelowym zakresie tętna.
2. W porównaniu z formułą Fox szacowane tętno maksymalne jest niższe, natomiast wartości tętna szczytowego i rozgrzewkowego do zanotowanego tętna maksymalnego są wyższe dla formuł Tanaka, Gellish², Fairbairn.

Wniosek o potencjale wdrożeniowym

Ponieważ możliwość wyboru zajęć ma znaczenie w odniesieniu do intensywności ćwiczeń wykonywanych przez studentów, wydaje się, że należałoby to uwzględnić w organizacji zajęć sportowych.

Wybór formuły do szacowania tętna maksymalnego z wieku wpływa na ocenę intensywności wykonywanych ćwiczeń i osiąganie lub nie wytyczonych celów. Podczas ustalania celów ćwiczeń i związanej z nimi intensywności wysiłku, do szacowania tętna maksymalnego w oparciu o wiek należałoby stosować jedną formułę, najlepiej dostosowaną do określonej grupy.

9. Summary

Sports classes organised by the Poznań University of Medical Sciences (UMP) provide an opportunity to implement the WHO guidelines on undertaking physical activity, give health benefits and contribute to shaping attitudes promoting physical activity. The Department of Physical Education and Sport offers compulsory classes (physical education and vocational subjects) as well as sports facultative classes and sports sections, chosen on the basis of mobility preferences. So far, no research has been conducted into the engagement of students in exercise depending on whether they participate in compulsory or facultative classes. Exercise intensity can be assessed by using easy-to-use parameters such as heart rate (HR), time spent in designated heart rate zones or rating of perceived exertion (RPR) reported with the Borg scale. Exercise intensity measured by heart rate is defined as a percentage of maximum heart rate (HR_{max}). Maximal heart rate is most accurate when measured during maximal exercise tests. However, it is not always possible to perform such tests and therefore it is common to estimate HR_{max} using formulas based on the age of the exerciser. The most commonly used is the Fox formula (220-age). There are approximately 40 HR_{max} prediction equations based on a person's age. The estimated values of maximum heart rate vary depending on the formula used.

The hypothesis of the study was that the type of sports activities, either compulsory or facultative, in which UMP students participate influences the perceived maximum fatigue during exercise and the heart rate before activity, during the warm-up and during exercise. In addition, it was hypothesised that the type of formula used to estimate maximum heart rate may influence the assessment of exercise intensity in particular training zones based on heart rate measurement.

The purpose of the study carried out in a group of UMP students exercising in compulsory or facultative sports activities was:

1. To evaluate the students' engagement in exercises during sports activities by comparing:
 - the maximum rate of perceived exertion according to the Borg scale during exercise depending on the type of activity,

- the different heart rate indicators depending on the type of activity,
 - time spent in the target heart rate by activity type.
2. Comparison of the influence of the formula used to estimate the maximum heart rate on the evaluation of the intensity of the effort in particular training zones based on the heart rate measurement.

A total of 538 (133 males), healthy students aged about 22 years with normal BMI, studying at all faculties of the University of Medical Sciences were examined. 53.5% of the subjects were students participating in compulsory classes (physical education and vocational subjects), the rest participated in facultative classes (sports elective, sports sections). The research material was collected during randomly selected classes conducted by different teachers and coaches. Heart rate was monitored throughout the study using a heart rate monitor with a Polar RS 100TM chest band. A heart rate zone of 85% ($\pm 3\%$) of HR_{max} calculated from the Fox formula ($220 - \text{age}$) was programmed for each subject. The predicted HR_{max} calculated from the commonly used 220-age equation was compared with values calculated from the Fairbairn, Gellish² and Tanaka formula. Heart rate values recorded at: rest, after warm-up, and at peak exercise were used in the study. In addition, the change in heart rate between rest and warm-up (dHR_{r-wu}), the change in heart rate between warm-up and peak (dHR_{wu-p}), the change in heart rate between rest and peak (dHR_{r-p}), the time spent in each intensity zone and the derivatives of the ratio of heart rate at peak exercise to age-predicted maximum heart rate (rHR_{max}) was calculated for the HR_{max} value calculated from the four formulas. Subjective rating of perceived exertion was reported by the subjects using a 15-point Borg scale.

The Mann-Whitney test for quantitative data and the Fischer exact test for qualitative data were used to compare the results between students taking part in compulsory or elective classes.

Differences in exercise engagement were observed between participants in both types of classes. Students participating in facultative activities achieved significantly higher HR_{wu}, HR_p (± 177 contraction/min vs. ± 167 contraction/min). There was no significant difference between resting heart rate and in the change in heart rate between warm-up and peak exercise among the students studied. Students participating in exercise were twice as likely to spend exercise in the target heart rate zone and significantly more likely to spend exercise above. Half of the students tested during compulsory exercise did not reach exercise intensity above 85% HR_{max}. There were significant differences in reported

rating of perceived exertion using the Borg scale. Students who participated in facultative classes felt more fatigue (15 vs. 13).

The study confirmed the hypothesis that the assessment of exercise intensity in particular training zones based on the measurement of heart rate depends on the formula for determining the maximum heart rate. Analysis of the percentage of all subjects achieving at least 85% of HRmax showed that the lowest percentage was reached while using the Fox formula (53.7%), and the highest when estimating HRmax according to the Fairbarn formula (90.1%).

The following conclusions have been made:

General conclusions

1. The possibility to choose sports activities done by students or lack thereof is related to perceived fatigue, values of heart rate indicators, and time spent exercising in the target heart zone.
2. The type of formula used to estimate the maximum heart rate influences the assessment of the exercise intensity in particular training ranges based on the heart rate measurement.

Specific conclusions

1. Students exercising in facultative sports classes reported greater perceived maximal fatigue according to the Borg scale, had higher values of various heart rate indices (in addition to resting heart rate), and spent more time exercising in the target heart rate zone.
2. In comparison with the Fox formula, estimated maximum heart rate is lower, while values of peak and warm-up heart rate to recorded maximum heart rate are higher for the Tanaka, Gellish², and Fairbarn formulas.

Conclusion with implementation potential

As the possibility to choose activities is important with regard to the intensity of exercises performed by students, it seems that this should be taken into account in the organisation of sports activities.

The choice of formula for estimating maximum heart rate from age influences the assessment of exercise intensity and the achievement or not of set goals. When setting exercise goals and associated exercise intensity, a single formula, preferably tailored to a specific group, should be used to estimate maximum heart rate based on age.

10. Piśmiennictwo

1. Bauman AE. Updating the evidence that physical activity is good for health: an epidemiological review 2000–2003. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2004;7(1):6–19.
2. Poirel E. Psychological benefits of physical activity for optimal mental health. *Sante Ment Que*. 2017;42(1):147–164.
3. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(8):1423–1434.
4. Bielski J. *Życie jest ruchem. Poradnik dla nauczyciela wychowania fizycznego*. Agencja Promo–Lider, Warszawa 1996.
5. Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Compr Physiol*. 2012;2(2):1143–1211.
6. Tremblay MS, Colley RC, Saunders TJ, Healy GN, Owen N. Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35(6):725–740.
7. Malina RM. Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Res Q Exerc Sport*. 1996;67(3 Suppl.):48–57.
8. Lipka A, Janiszewski M, Musiałek M, Dłużniewski M. Studenci medycyny a zdrowy styl życia. *Pedagog Społ*. 2015;2(56):189–203.
9. Markiewicz-Górka I, Korneluk J, Pirogowicz I. Aktywność fizyczna oraz wiedza studentów Akademii Medycznej we Wrocławiu na temat jej roli w profilaktyce chorób–badania ankietowe. *Fam Med Primary Care Rev*. 2011;13(3):436–439.
10. Howley ET. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6 Suppl.):364–369.
11. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100(2):126–131.
12. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, Collet JP, Corrado D, Drezner JA, Halle M, Hansen D, Heidbuchel H, Myers J, Niebauer J, Papadakis M, Piepoli MF, Prescott E, Roos-Hesselink JW, Graham Stuart A, Taylor RS, Thompson PD, Tiberi M, Vanhees L, Wilhelm M; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines

- on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2021;42(1):17–96. Errata w: *Eur Heart J*. 2021 Feb 1;42(5):548–549.
13. Vanhees L, De Sutter J, Gelada S N, Doyle F, Prescott E, Cornelissen V, Kouidi E, Dugmore D, Vanuzzo D, Börjesson M, Doherty P; EACPR. Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in defining the benefits to cardiovascular health within the general population: recommendations from the EACPR (Part I). *Eur J Prev Cardiol*. 2012;19(4):670–686.
 14. Górski J, Celichowski J, Krutki P, Pilaczyńska-Szcześniak Ł, Czyżewska E, Nazar K, Stasiiewicz J, Górka M, Spodaryk K, Smoleński O, Duda K, Kaciuba-Uściłko H, Żołądź JA. *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego*. PZWL, Warszawa 2007.
 15. Brzozowski TM, Konturek S, Chabowski A, Dembińska-Kieć A, Góralska J, Górski J, Gutowski P, Mirecka J, Pawlik WW, Sadowski B, Szczepańska-Sadowska E, Szlachcic A, Żołądź JA. *Fizjologia Człowieka: Podręcznik dla Studentów Medycyny*. Wrocław: Edra Urban & Partner; 2018.
 16. Vanhees L, Geladas N, Hansen D, Kouidi E, Niebauer J, Reiner Z, Cornelissen V, Adamopoulos S, Prescott E, Börjesson M, Bjarnason-Wehrens B, Björnstad HH, Cohen-Solal A, Conraads V, Corrado D, De Sutter J, Doherty P, Doyle F, Dugmore D, Ellingsen Ø, Fagard R, Giada F, Gielen S, Hager A, Halle M, Heidbüchel H, Jegier A, Mazic S, McGee H, Mellwig KP, Mendes M, Mezzani A, Pattyn N, Pelliccia A, Piepoli M, Rauch B, Schmidt-Trucksäss A, Takken T, van Buuren F, Vanuzzo D. Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in the management of cardiovascular health in individuals with cardiovascular risk factors: recommendations from the EACPR. Part II. *Eur J. Prev Cardiol*. 2012;19:1005–1033.
 17. Physiology of Sport and Exercises; Schjerve IE, Tyldum GA, Tjønnå AE, Stølen T, Loennechen JP, Hansen HEM, Haram PM, Heinrich G, Bye A, Najjar SM, Smith GL, Slørdahl SA, Kemi OJ, Wisløff U. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clin Sci (Lond)*. 2008;115:283–293.
 18. Tjønnå AE, Stølen TO, Bye A, Volden M, Slørdahl SA, Odegard R, Skogvoll E, Wisløff U. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. *Clin Sci (Lond)*. 2009;116:317–326.
 19. Corbin Ch. B., Welk GJ, Cofrbin WR, Welk KA. *Fitness i wellnes. Kondycja, sprawność, zdrowie*. Zyski s-ka Wydawnictwo; Poznań 2007.
 20. Hills AP, Byrne NM, Ramage AJ. Submaximal markers of exercise intensity. *J Sports Sci*. 1998;16 Suppl:71–76.
 21. Kozłowski S, Nazar K. *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej*. PZWL, Warszawa 1999.
 22. Sharkey BJ, Gaskill S. *Fizjologia Sportu dla trenerów*. Warszawa: Centralny Ośrodek Sportu; 2013.
 23. Jaskólski A, Jaskólska A. *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego; 2006.

24. Sproule J. IB Sports, Exercise and Health Science Course Book. Oxford: Oxford University Press, 2012. s. 368.
25. Birch K, Gromadzka-Ostrowska J (tłum.) MacLaren D, George K. Fizjologia sportu. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2012.
26. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AC, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995;273(5):402–407.
27. Birch K, Gromadzka-Ostrowska J (tłum.) MacLaren D, George K. Fizjologia sportu. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2008.
28. Sharkey BJ, Gaskill SE. Fitness & Health. Champaign, IL: Human Kinetics; 2013.
29. Shephard RJ, Balady, GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation*. 1999;99(7):963–972.
30. Spurway NC. Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. *Br Med Bull*. 1992;48(3):569–591.
31. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*. 1970;2(2):92–98.
32. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377–381.
33. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998; s. 104.
34. Levinger I, Bronks R, Cody DV, Linton I, Davie A. Perceived exertion as an exercise intensity indicator in chronic heart failure patients on Beta-blockers. *J Sports Sci Med*. 2004;3(YISI 1):23–7.
35. Eston R, Connolly D. The use of ratings of perceived exertion for exercise prescription in patients receiving beta-blocker therapy. *Sports Med*. 1996;21(3):176–90.
36. Tabet JY, Meurin P, Teboul F, Tartiere JM, Weber H, Renaud N, Massabie R, Driss AB. Determination of exercise training level in coronary artery disease patients on beta blockers. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2008;15(1):67–72.
37. O'Donovan G, Blazeovich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U, Fox KR, Gately P, Giles-Corti B, Gill JMR, Hamer M, McDermott I, Murphy M, Mutrie N, Reilly JJ, Saxton JM, Stamatakis E. The ABC of physical activity for health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *J Sports Sci*. 2010;28(6):573–591.
38. Singh F, Foster C, Tod D, McGuigan MR. Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. *International Journal of Sports Physiology & Performance*. 2007;2(1):34–45.
39. Eston RG, Lamb KL, Parfitt G, King N. The validity of predicting maximal oxygen uptake from a perceptually-regulated graded exercise test. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(3):221–227.

40. Irving BA, Rutkowski J, Brock DW, Davis CK, Barrett EJ, Gaesser GA, Weltman A. Comparison of Borg- and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(7):1348–1352.
41. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(1):147–155.
42. Hetzler RK, Seip RL, Boutcher SH, Pierce E, Snead D, Weltman A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(1):88–92.
43. Demello JJ, Cureton KJ, Boineau RE, Singh MM. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(4):354–362.
44. Carvalho VO, Bocchi EA, Guimares GV. The Borg scale as an important tool of self-monitoring and self-regulation of exercise prescription in heart failure patients during hydrotherapy – A randomized blinded controlled trial. *Circulation J.* 2009;73(10):1871–1876.
45. Soriano-Maldonado A, Ruiz JR, Álvarez-Gallardo IC, Segura-Jiménez V, Santalla A, Munguía-Izquierdo D. Validity and reliability of rating perceived exertion in women with fibromyalgia: exertion-pain discrimination. *J Sports Sci.* 2015;33(14):1515–1522.
46. Cleland BT, Ingraham BA, Pitluck MC, Woo D, Ng AV. Reliability and Validity of Ratings of Perceived Exertion in Persons With Multiple Sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016;97(6):974–982.
47. Vanhees L, Stevens A. Exercise intensity: a matter of measuring or of talking? *J Cardiorespiratory Rehabil.* 2006;26(2):78–79.
48. Weiss C, Jelkmann W. Functions of the Blood. W: Schmidt R.F., Thews G. (red.) *Human Physiology.* Springer, Berlin, Heidelberg; 1989.
49. Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Biol Eng Comput.* 2006;44(12):1031–1051.
50. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957;35(3):307–315
51. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 2003;33(7):517–538.
52. Morton RH, Fitz-Clarke JR, Banister EW. Modeling human performance in running. *J Appl Physiol* (1985). 1990;69(3):1171–1177.
53. Borresen J, Lambert MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med.* 2009;39(9):779–795.
54. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol.* 2014;5:73.
55. Edwards S. High performance training and racing. W: Edwards S. (red.). *The heart rate monitor book.* Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993; s. 113–123.

56. Jensen MT. Resting heart rate and relation to disease and longevity: past, present and future. *Scand J Clin Lab Invest.* 2019;79(1–2):108–116.
57. Almeida MB. Frequência cardíaca e exercício: uma interpretação baseada em evidências. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2007;9(2):196–202.
58. Friel J. Total heart rate training: customize and maximize your workout using a heart rate monitor. Berkeley: Ulysses Press; 2006.
59. Burke ER. Heart monitoring and training. W: Burke ER (red.). *Precision Heart Rate Training.* Champaign, IL: Human Kinetics, 1998. s. 1–27.
60. Adamczyk JG. Tętno najprostszy parametr fizjologiczny w ocenie obciążenia wysiłkowego. Dostępne na: <https://biegambolubie.com.pl/tetno-jako-najprostszy-parametr-fizjologiczny-w-ocenie-obciazenia-wysilkowego>.
61. Georgiou K, Larentzakis AV, Khamis NN, Alsuhaibani GI, Alaska YA, Giallafos EJ. Can wearable devices accurately measure heart rate variability? a systematic review. *Folia Med (Plovdiv).* 2018;60(1):7–20.
62. Coppetti T, Brauchlin A, Müggler S, Attinger-Toller A, Templin C, Schönrath F, Hellermann J, Lüscher TF, Biaggi P, Wyss CA. Accuracy of smartphone apps for heart rate measurement. *Eur J Prev Cardiol.* 2017;24(12):1287–1293.
63. Coutts AJ, Crowcroft S, Kempton T. Developing athlete monitoring systems: Theoretical basis and practical applications. W: *Sport, Recovery and Performance: Interdisciplinary Insights.* Kellmann M, Beckmann J (red.). Abingdon: Routledge, 2018; s. 19–32.
64. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 2(Suppl 2):139–147.
65. All About Heart Rate (Pulse). Dostępne na: <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/the-facts-about-high-blood-pressure/all-about-heart-rate-pulse>.
66. Camarda SR, Tebexreni AS, Páfaró CN, Sasai FB, Tambeiro VL, Juliano Y, Barros Neto TL. Comparison of maximal heart rate using the prediction equations proposed by Karvonen and Tanaka. *Arq Bras Cardiol.* 2008;91(5):311–314.
67. Kozłowski S, Nazar K. Wprowadzenie do fizjologii klinicznej. Warszawa; PZWL, 1999.
68. Laughlin MH. Cardiovascular response to exercise. *Am J Physiol.* 1999;277(6 Pt 2):244–259.
69. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise.* 5th ed. Human Kinetics; 2012.
70. American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9th ed.). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
71. Pesta D, Burtcher M. Importance of determining maximal heart rate for providing a standardized training stimulus. *JAMA Intern Med.* 2016;176(12):1883.
72. Fox SM 3rd, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res.* 1971 Dec;3(6):404–432.
73. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie.* 1938;10:251–323.

74. Fairbarn MS, Blackie SP, McElvaney NG, Wiggs BR, Paré PD, Pardy RL. Prediction of heart rate and oxygen uptake during incremental and maximal exercise in healthy adults. *Chest*. 1994 May;105(5):1365–1369.
75. Wilson TM, Tanaka H. Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2000;278:829–834.
76. Tanaka H, Monahan K, Seals D. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:153–156.
77. Ozemek C, Whaley MH, Finch WH, Kaminsky LA. Maximal heart rate declines linearly with age independent of cardiorespiratory fitness levels. *Eur J Sport Sci*. 2017;17(5):563–70.
78. Soares de Araujo CG, Duarte CV. Maximal heart rate in young adults: a fixed 188 bpm outperforms values predicted by a classical age-based equation. *Int J Cardiol*. 2015;184: 609–610.
79. Cleary MA, Hetzler RK, Wages JJ, Lentz MA, Stickley CD, Kimura IF. Comparisons of age-predicted maximum heart rate equations in college-aged subjects. *J Strength Cond Res*. 2011;25(9):2591–2597.
80. Nikolaidis PT. Maximal heart rate in soccer players: measured versus age-predicted. *Bio-med J*. 2015;38:84.
81. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, Coke LA, Fleg JL, Forman DE, Gerber TC, Gulati M, Madan K, Rhodes J, Thompson PD, Williams MA; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873–934.
82. Sarzynski MA, Rankinen T, Earnest CP, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C. Measured maximal heart rates compared to commonly used age-based prediction equations in the Heritage Family Study. *Am J Hum Biol*. 2013;25(5):695–701.
83. Whyte G, George K, Shave R, Middleton N, Nevill A. Training Induced Changes in Maximum Heart Rate. *Int J Sports Med*. 2008;29(2):129–33.
84. Robergs Robert, Landwehr R. The surprising history of the “HRmax=220-age” equation. *Journal of Exercise Physiologyonline*. 2002;5(2):1–10.
85. Whaley MH, Kaminsky LA, Dwyer GB, Getchell LH, Norton JA. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(10):1173–9.
86. Nikolaidis PT, Padulo J, Chtourou H, Torres-Luque G, Afonso J, Heller J. Estimating Maximal Heart Rate with the ‘220-Age’ Formula in Adolescent Female Volleyball Players: A Preliminary Study. *Human Movement*. 2014;15(3):166–170.
87. Verschuren O, Maltais DB, Takken T. The 220-age equation does not predict maximum heart rate in children and adolescents. *Dev Med Child Neurol*. 2011 Sep;53(9):861–864.

88. Franklin BA, Balady GJ American College of Sports Medicine, editor. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
89. Lester M, Sheffield LT, Trammell P, Reeves TJ. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J*. 1968;76(3):370–376.
90. Morris CK, Myers J, Froelicher VF, Kawaguchi T, Ueshima K, Hideg A. Nomogram based on metabolic equivalents and age for assessing aerobic exercise capacity in men. *JACC*. 1993;22(1):175–182.
91. Spina RJ, Ogawa T, Martin WH, Coggan AR, Holloszy JO, Ehsani AA. Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *J Appl Physiol*. 1992;72(6):2458–2462.
92. Tanaka H, DeSouza CA, Jones PP, Stevenson ET, Davy KP, Seals DR. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs. sedentary healthy women. *J Appl Physiol*. 1997;83(6):1947–1953.
93. Ogawa T, Spina RJ, Martin WH, Kohrt WM, Schechtman KB, Holloszy JO, Ehsani AA. Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*. 1992;86(2):494–503.
94. Engels HJ, Zhu W, Moffatt RJ. An empirical evaluation of the prediction of maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport*. 1998;69(1):94–98.
95. Kang SJ, Ha GC, Ko KJ. Association between resting heart rate, metabolic syndrome and cardiorespiratory fitness in Korean male adults. *J Exerc Sci Fit*. 2017;15(1):27–31.
96. Pittaras AM, Faselis C, Doumas M, Myers J, Kheirbek R, Kokkinos JP, et al. Heart rate at rest, exercise capacity, and mortality risk in veterans. *Am J Cardiol*. 2013;112(10):1605–9.
97. Reimers AK, Knapp G, Reimers CD. Effects of Exercise on the Resting Heart Rate: A Systematic Review and Meta-Analysis of Interventional Studies. *Journal of clinical medicine*. 2018;7(12):503.
98. Oh DJ, Hong HO, Lee BA. The effects of strenuous exercises on resting heart rate, blood pressure, and maximal oxygen uptake. *J Exerc Rehabil*. 2016;12(1):42–6.
99. Aune D, Sen A, ó'Hartaigh B, Janszky I, Romundstad PR, Tonstad S, Vatten LJ. Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality – A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2017 Jun;27(6):504–517.
100. Jouven X, Zureik M, Desnos M, Guérot C, Ducimetière P. Resting heart rate as a predictive risk factor for sudden death in middle-aged men. *Cardiovasc Res*. 2001;50(2):373–378.
101. Shigetoh Y, Adachi H, Yamagishi S, Enomoto M, Fukami A, Otsuka M, Kumagae S, Furuki K, Nanjo, Imaizumi T. Higher heart rate may predispose to obesity and diabetes mellitus: 20-year prospective study in a general population. *Am J Hypertens*. 2009; 22:151–155.

102. Carnethon MR, Yan L, Greenland P, Garside DB, Dyer AR, Metzger B, Daviglus ML. Resting heart rate in middle age and diabetes development in older age. *Diabetes Care*. 2008 Feb;31(2):335–339.
103. Colangelo LA, Yano Y, Jacobs DR Jr, Lloyd-Jones DM. Association of resting heart rate with blood pressure and incident hypertension over 30 years in black and white adults: the CARDIA study. *Hypertension* 2020;76:692–698.
104. O'Hare C, Kuh D, Hardy R. Association of early-life factors with life-course trajectories of resting heart rate: more than 6 decades of follow-up. *JAMA Pediatr*. 2018;172:e17552.
105. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, Hoff J. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:665–671.
106. MacDonald MJ, Currie KD. Interval exercise is a path to good health, but how much, how often and for whom? *Clin Sci (Lond)*. 2009;116:315–316.
107. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, Loennechen JP, Al-Share QY, Skogvoll E, Slørdahl SA, Kemi OJ, Najjar SM, Wisløff U. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008;118:346–354.
108. Reynolds JM, Gordon TJ, Robergs RA. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *J Strength Cond Res*. 2006;20:584–592.
109. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN. Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy. *Res Q Exerc Sport*. 2002;73:485–488.
110. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res*. 2005;19:950–958.
111. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (10th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018.
112. Corbin CB, Welk GJ, Corbin WR, Welk KA. Fitness i Wellness. Kondycja, sprawność, zdrowie. Zysk i S-ka; 2007.
113. American College of Sports Medicine position stand. Exercise for patients with coronary artery disease. *Med Sci Sports Exerc*. 1994 Mar;26(3):i-v.
114. Pereira-Rodríguez JE, Boada-Morales L, Jaimes-Martin T, Melo-Ascanio J, Niño-Serrato D, Rincón-González G. Predictive equations for maximum heart rate. Myth or reality. Predictive equations for maximum heart rate. Myth or reality. *Rev Mex Cardiol*. 2016;27(4):156–165.
115. Nikolaidis PT. Age-predicted vs. measured maximal heart rate in young team sport athletes. *Niger Med J*. 2014 Jul;55(4):314–320.
116. Murray HA. Explorations in personality. Oxford University Press, New York 1938.
117. Maslow AH. A theory of human motivation. *Psychological Review*. 1943;50(4):370–396.

118. McClelland D. Human motivation. Scott, Foresman, Glenview 1985.
119. Stereotyping, prejudice, and discrimination at the seam between the centuries: Evolution, culture, mind, and brain. *European Journal of Social Psychology*. 2000;30(3):299–322.
120. Kruglanski AW. The Psychology of Closed Mindedness. New York: Psychology Press, 2004. s. 192.
121. Stangor C, Thompson EP. Needs for cognitive economy and self-enhancement as unique predictors of intergroup attitudes *European Journal of Social Psychology*. 32: 563–575
122. Sillamy N. Słownik psychologii. Wyd. „Książnica”; 1994.
123. Gracz JT. Sankowski (red.). Psychologia sportu. Poznań: Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, 1995.
124. Bassett DR, Fitzhugh EC, Heath GW, Erwin PC, Frederick GM, Wolff DL, Stout AB. Estimated energy expenditures for school-based policies and active living. *American Journal of Preventive Medicine*. 2013;44(2):108–113.
125. Chen A, Ennis CD. Motivation and achievement in physical education. *Handbook of motivation at school*. K. Ed: Wigfield WA New York: Routledge; 2009. s. 553–574.
126. Pate RR, O’Neil JR, McIver KL. Physical activity and health: Does physical education matter? *Quest*. 2011;63(1):19–35.
127. Deci E. Intrinsic motivation. New York: Plenum Press, 1975.
128. Ryan RM Deci EL. On happiness and human potentials: A Review of research on Hedonic and Eudaimonic Well-Being. *Annual Review of Psychology*. 2001;52:141–166.
129. Deci EL, Ryan RM. Self-Determination Theory and the facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and well-being. *American Psychologist*. 2000a;55:68–78.
130. Deci EL, Ryan RM. The “what” and “why” of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*. 2000b;11:227–268.
131. Osiński W. Teoria wychowania fizycznego. Poznań: AWF, 2011.
132. Stępień E, Stępień J, Olesiejuk M. Motywy podejmowania aktywności fizycznej w czasie wolnym przez studentów trenujących i nietrenujących. *Rozprawy Społeczne*. 2019;13(1): 64–71.
133. Grabowski H. Co koniecznie trzeba wiedzieć o wychowaniu fizycznym. Kraków: Wyd. Impuls, 2000.
134. Nes BM, Janszky I, Wisløff U, Støylen A, Karlsen T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: the HUNT fitness study. *Scand Med J Sci Sports*. 2012;23:697–704.
135. Franckowiak SC, Dobrosielski DA, Reilley SM, Walston JD, Andersen RE. Maximal heart rate prediction in adults that are overweight or obese. *J Strength Cond Res*. 2011;25: 1407–1412.
136. DuBois D, DuBois DF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern*. 1916;17:863.
137. Faff J, Sitkowski D, Ladyga M, Klusiewicz A, Borkowski L, Starczewska-Czapowska J. Maximal heart rate in athletes. *Biol Sport*. 2007;24:129–142.

138. Eknoyan G. Adolphe Quetelet (1796–1874)--the average man and indices of obesity. *Nephrol Dial Transplant*. 2008 Jan;23(1):47–51.
139. Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ, Kimura N, Taylor HL. Indices of relative weight and obesity. *Int J Epidemiol*. 2014 Jun;43(3):655–665.
140. American College of Sports Medicine, 2010.
141. Marriott HE, Lamb KL. The use of ratings of perceived exertion for regulating exercise levels in rowing ergometry. *Europ. Appl J Physiol*. 1996;72:267–271.
142. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport*. 2009 Jan;12(1):79–84.
143. Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and Reliability of the Session-RPE Method for Quantifying Training in Australian Football: A Comparison of the CR10 and CR100 Scales. *J Strength Cond Res*. 2013;27:270–276.
144. Psycharakis SG. A longitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of perceived exertion for elite swimmers. *J Strength Cond Res*. 2011;25:420–426.
145. Kelly DM, Strudwick AJ, Atkinson G, Drust B, Gregson W. The within-participant correlation between perception of effort and heart rate-based estimations of training load in elite soccer players. *J Sports Sci*. 2016;34(14):1328–1332.
146. Eston RG, Davies BL, Williams JG. Use of perceived effort ratings to control exercise intensity in young healthy adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987;56(2):222–4.
147. Muyor JM, López-Miñarro PA. Overall ratings of perceived exertion and heart rate during indoor cycling session in non-expert subjects. *Med dello Sport*. 2012;65:145–154.
148. Morgan WP. Psychological factors influencing perceived exertion. *Med Sci Sports*. 1973; 5:97–103.
149. Morgan WP. Psychological components of effort sense. *Med Sci Sports*. 1994;26:1071–1077.
150. Haddad M, Chaouachi A, Castagna C, Hue O, Wong DP, Tabben M, Behm DG, Chamaria K. Validity and psychometric evaluation of the French version of RPE scale in young fit males when monitoring training loads. *Sci Sports*. 2013;28:e29–e35.
151. Haddad M, Chaouachi A, Wong del P, Castagna C, Hue O, Impellizzeri FM, Chamari K. Influence of exercise intensity and duration on perceived exertion in adolescent Taekwondo athletes. *Eur J Sport Sci*. 2014;14 Suppl 1:S275–281.
152. Haddad M, Padulo J, and Chamari, K. (2014b). The usefulness of session rating of perceived exertion for monitoring training load despite several influences on perceived exertion. *Int. J. Sports Physiol. Perform*. 9, 882–883.
153. Noble BJ, Robertson R. *Perceived exertion*, 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
154. Garcin M, Billat V. Perceived exertion scales attest to both intensity and exercise duration. *Percept Mot Skills*. 2001;93:661.
155. Eston R. Use of ratings of perceived exertion in sports. *Int J Sports Physiol Perform*. 2012;7:175.

156. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (10th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018.
157. Zinoubi B, Zbidi S, Vandewalle H, Chamari K, Driss T. Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. *Biol Sport*. 2018;35(1):29–37.
158. Dunbar CC, Robertson RJ, Baun R, Blandin MF, Metz K, Burdett R, Goss FL. The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1992 Jan;24(1):94–9.
159. Ciolac EG, Mantuani SS, Neiva CM, Verardi C, Pessôa-Filho DM, Pimenta L. Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self-regulating interval training: a pilot study. *Biol Sport*. 2015;32(2):103–8.
160. Perandini LA, Siqueira-Pereira TA, Okuno NM, Soares-Caldeira LF, Nakamura FY. Use of session RPE to training load quantification and training intensity distribution in taekwondo athletes. *Science & Sports*. 2012;27(4):e25–e30.
161. Ceci R, Hassmen P. Self-monitored exercise at 3 different RPE intensities in treadmill vs field running. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(6):732–738.
162. McGuigan MR, Al Dayel A, Tod D, Foster C, Newton RU, Pettigrew S. Use of session rating of perceived exertion for monitoring resistance exercise in children who are overweight or obese. *Pediatrics Exercise Sciences*. 2008;20:333–341.
163. Day ML, McGuigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;2:353–358.
164. Eston RG, Faulkner JA, Parfitt CG, Mason E. The validity of predicting maximal oxygen uptake from a perceptually regulated graded exercise tests of different durations. *European Journal of Applied Physiology*. 2006;97:535–541.
165. Edwards RHT, Melcher a, Hesser CM, Wigertz O, Ekelund L-G. Physiological Correlates of Perceived Exertion in Continuous and Intermittent Exercise with the Same Average Power Output. *Eur J Clin Invest*. 1972;2(2):108–14.
166. Wallace LK, Slattery KM, Impellizzeri FM, and Coutts, AJ. Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *J Strength Cond. Res*. 2014;28:2330–2337.
167. Brink MS, Frencken WG, Jordet G, and Lemmink KA. Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:497–502.
168. Murphy AP, Duffield R, Kellett A, Reid M. Comparison of athlete-coach perceptions of internal and external load markers for elite junior tennis training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:751–756.
169. Kowalski P. Monitorowanie wysiłku fizycznego na zajęciach prowadzonych w Studium Wychowania Fizycznego i Sportu Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Poznań, 2020.

170. López-Miñarro PA, Muyor JM. Heart rate and overall ratings of perceived exertion during Spinning cycle indoor session in novice adults. *Sci Sports*. 2010;25:238–244.
171. Muyor JM. Exercise Intensity and Validity of the Ratings of Perceived Exertion (Borg and OMNI Scales) in an Indoor Cycling Session. *J Hum Kinet*. 2013;39:93–101.
172. World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. 2020.
173. Patton JF, Morgan WP, Vogel JA. Perceived exertion of absolute work during a military physical training program. *Eur J Appl Physiol*. 1977;36:107–114.
174. Kasperska KE, Smolis-Bąk D, Białoszewski. *Metodyka nauczania ruchu (Usprawnianie pacjentów na zajęciach grupowych)*. WUM, 2009.
175. Skarstrom W. *Gymnastic Teaching*. Harvard University Dept of Education, 2010.
176. Weltman A, Weltman J, Rutt R, Seip R, Levine S, Snead D, Kaiser D, Rogol A. Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve, and VO₂peak for determining endurance training intensity in sedentary women. *Int J Sports Med*. 1989 Jun;10(3):212–216.
177. Spiering BA, Wilson MH, Judelson DA, Rundell KW. Evaluation of cardiovascular demands of game play and practice in women's ice hockey. *J Strength Cond Res*. 2003;17:329–333.
178. Slimani M, Znazen H, Sellami M, Davis P. Heart rate monitoring during combat sports matches: A brief review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2018;1–20.
179. Riebe D, Franklin BA, Thompson PD, Garber CE, Whitfield GP, Magal M, Pescatello LS. Updating ACSM's recommendations for exercise preparticipation health screening. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47:2473–247.
180. Reimers AK, Knapp G, Reimers CD. Effects of Exercise on the Resting Heart Rate: A Systematic Review and Meta-Analysis of Interventional Studies. *J Clin Med*. 2018 Dec 1;7(12):503.
181. Grün V, Gimunová M, Válková H. Cardiorespiratory Fitness and Intellectual Disability. In: Sözen H, editor. *Cardiorespiratory Fitness* [Internet]. London: IntechOpen; 2019. Dośćępne na: <https://www.intechopen.com/chapters/67638>.
182. Mendes W, Park J. Neurobiological concomitants of motivation. *Adv Motiv Sci*. 2014;1:233.
183. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2012.
184. Behnke M, Kosakowski M, Kaczmarek LD. Social challenge and threat predict performance and cardiovascular responses during competitive video gaming. *Psychol Sport Exerc*. 2020;46:101584.
185. Eppinga RN, Hagemeyer Y, Burgess S, Hinds DA, Stefansson K, Gudbjartsson DF, van Veldhuisen DJ, Munroe PB, Verweij N, van der Harst P. Identification of genomic loci associated with resting heart rate and shared genetic predictors with all-cause mortality. *Nat Genet*. 2016;48:1557–1563.

186. Reibe D, Jonathan K, Liguori G. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10th edn. Wolters Kluwer, 2018.
187. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee, Report, 2008. Washington, DC: US. Department of Health and Human Services, 2008.
188. Deci EL, Ryan RM. Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York, NY: Plenum Press, 1985.
189. Deci EL, Ryan RM. A motivational approach to self: integration in personality, Nebraska Symposium On Motivation. 1990;237–288.
190. Vallerand RJ, Bissonnette R. Intrinsic, Extrinsic, and Amotivational Styles as predictors of behavior: a prospective study. *Journal of Personality*. 1992;60(3):599–620.
191. Mullan E, Markland D. Variations in self-determination across the stages of change for exercise in adults. *Motivation & Emotion*. 1997;21:349–362.
192. Deci EL. Effects of externally mediated rewards on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1971;18(1):105–115.
193. Pintrich PR. A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*. 2003;95(4):667–686.
194. Bryan CL, Solmon MA. Self-determination in physical education: Designing class environments to promote active lifestyles. *Journal of Teaching in Physical Education*. 2007;26:260–278.
195. Grolnick WS, Ryan RM. Parent style associated with children's self-regulation and competence in school. *Journal of Educational Psychology*. 1989;81(2):143–154.
196. Hohepa M, Schofield G, Kolt GS. Physical activity: what do high school students think? *J Adolesc Health*. 2006 Sep;39(3):328–36.
197. Luke M, Sinclair G. Gender differences in adolescents' attitudes toward school physical education. *Journal of Teaching in Physical Education*. 1991;11(1):31–46.
198. Weiss MR. Motivating kids in physical activity. President's Council on Physical Fitness and Sports. *Research Digest*. 2000;3(11):1–8.
199. Duncan LR, Hall CR, Wilson PM, Jenny O. Exercise motivation: a cross-sectional analysis examining its relationships with frequency, intensity, and duration of exercise. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010 Jan 26;7:7.
200. Li F. The exercise motivation scale: Its multifaceted structure and construct validity. *Journal of Applied Sport Psychology*. 1999;11(1):97–115.
201. Gabriele Wulf, Heidi Freitas E, Richard Tandy D. Choosing to exercise more: Small choices increase exercise engagement, *Psychology of Sport and Exercise*, 2014;15(3):268–271.
202. Lewthwaite R, Chiviacowsky S, Drews R, Wulf G. Choose to move: The motivational impact of autonomy support on motor learning. *Psychon Bull Rev*. 2015 Oct;22(5):1383–1388.
203. Braithwaite R, Spray CM, Warburton VE. Motivational climate interventions in physical education: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*. 2011;12(6):628–638.

204. Shen B, McCaughtry N, Martin J, Fahlman M. Effects of teacher autonomy support and students' autonomous motivation on learning in physical education. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2009;80(1):44–53.
205. Ntoumanis N. A prospective study of participation in optional school physical education using a self-determination theory framework. *Journal of Educational Psychology*. 2005;97(3):444–453.
206. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP. American college of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuro-motor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:1334–1359.
207. Gabriel BM, Zierath JR. The limits of exercise physiology: from performance to health. *Cell Metab*. 2017;25:1000–1011.
208. Davenport MH, Charlesworth S, Vanderspank D, Sopper MM, Mottola MF. Development and validation of exercise target heart rate zones for overweight and obese pregnant women. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008 Oct;33(5):984–989.
209. Sylta O, Tønnessen E, Seiler S. From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014 Jan;9(1):100–107.
210. Sparks M, Coetzee B. The use of heart rates and graded maximal test values to determine rugby union game intensities. *J Strength Cond Res*. 2013 Feb;27(2):507–513.
211. Scanlan TK, Simms JP. The construct of sport enjoyment. W: Roberts GC (red.). *Motivation in sport and exercise*. Champaign IL: Human Kinetics, 1992. s. 199–215
212. Internet. Dostępne na: <https://www.polar.com/pl/smart-coaching/what-are-the-aerobic-and-anaerobic-thresholds>.
213. US Department of Health and Human Services, Strategies to Improve the Quality of Physical Education [internet]. Washington, DC Centers for Disease Control and Prevention; Available From: www.cdc.gov/healthyyouth/pecat/highquality.htm.
214. Davis CL, Tomporowski PD, McDowell JE, Austin BP, Miller PH, Yanasak NE, Allison JD, Naglieri JA. Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychol*. 2011; 30:91–98.
215. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, Khan NA, Raine LB, Scudder MR, Drollette ES, Moore RD, Wu CT, Kamijo K. Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*. 2014;134:e1063–e1071.
216. Duncan GE, Anton SD, Sydemann SJ, Newton RL Jr, Corsica JA, Durning PE, Ketterson TU, Martin AD, Limacher MC, Perri MG. Prescribing exercise at varied levels of intensity and frequency: a randomized trial. *Arch Intern Med*. 2005 Nov 14;165(20):2362–2369.

217. Lee IM, Paffenbarger R. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity: the Harvard Alumni Health Study. *American Journal of Epidemiology*. 2000;151(3):293–299.
218. Heinzmann-Filho JP, Zanatta LB, Vendrusculo FM, Silva JSD, Gheller MF, Campos NE, Oliveira MDS, Feoli AMP, Gustavo ADS, Donadio MVF. Maximum heart rate measured versus estimated by different equations during the cardiopulmonary exercise test in obese adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2018 Jul-Sep;36(3):309–314.
219. Segundo VH, Albuquerque N, Filho, Matos F, Dantas PM, Pinto EF, Felipe TR. Use of predictive equations of maximum heart rate for exercise prescription: a comparative study. *J Sports Phys Educ*. 2016;3:4–8.
220. Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDONALD A, Russi GD, Moudgil VK. Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(5):822–9.
221. Eskurza I, Donato AJ, Moreau KL, Seals DR, Tanaka H. Changes in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained women: 7-yr follow-up. *J Appl Physiol* (1985). 2002 Jun;92(6):2303–2308.
222. Pollock ML, Foster C, Knapp D, Rod JL, Schmidt DH. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J Appl Physiol* (1985). 1987 Feb;62(2):725–731.
223. Hawkins S, Wiswell R. Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports Med*. 2003;33(12):877–888.
224. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of men, ages 25–70 yr. *Med Sci Sports Exerc*. 1995 Jan;27(1):113–120.
225. Jackson AS, Wier LT, Ayers GW, Beard EF, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of women, ages 20–64 yr. *Med Sci Sports Exerc*. 1996 Jul;28(7):884–891.
226. Zhu N, Suarez-Lopez JR, Sidney S, Sternfeld B, Schreiner PJ, Carnethon MR, Lewis CE, Crow RS, Bouchard C, Haskell WL, Jacobs DR Jr *Med Sci Sports Exerc*. 2010 Aug; 42(8):1519–1527.
227. Fitzgerald MD, Tanaka H, Tran ZV, Seals DR. Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis. *J Appl Physiol* (1985). 1997 Jul;83(1):160–165.
228. Roy S, McCrory J. Validation of Maximal Heart Rate Prediction Equations Based on Sex and Physical Activity Status. *Int J Exerc Sci*. 2015 Oct 1;8(4):318–330.
229. Esco MR, Chamberlain N, Flatt AA, Snarr RL, Bishop PA, Williford HN. Cross-Validation of Age-Predicted Maximal Heart Rate Equations Among Female Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*. 2015 Nov;29(11):3053–3059.
230. Astrand P-O. Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age. Copenhagen: Munksgaard, 1952.

231. Gulati M, Shaw LJ, Thisted RA, Black HR, Merz CNB, Arnsdorf MF. Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women the st. James women take heart project. *Circulation*. 2010;122:130–137.
232. Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Age-Predicted Maximal Heart Rate in Recreational Marathon Runners: A Cross-Sectional Study on Fox's and Tanaka's Equations. *Front Physiol*. 2018 Mar 15;9:226.
233. Barboza J, Nogueira FS, Paulucio D, Pompeu FA. The validity of maximum heart rate predictions based on age for young men. *Gazz Med Ital*. 2016 April;175(4):154–157.
234. Silva VA, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, Oliveira RJ. Maximum heart rate in Brazilian elderly women: comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol*. 2007;88:314–320.
235. Colantonio E, Kiss M, Dal P, Augusta M. Is the HRmax = 220-age equation valid to prescribe exercise training in children? *JEPonline*. 2013;16:19–27.
236. Cicone ZS, Holmes CJ, Fedewa MV, MacDonald HV, Esco MR. Age-Based Prediction of Maximal Heart Rate in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Res Q Exerc Sport*. 2019 Sep;90(3):417–428.
237. Machado FA, Denadai BS. Validity of maximum heart rate prediction equations for children and adolescents. *Arq Bras Cardiol*. 2011;97:136–140.
238. Izzo R, Giovannelli M. Edwards TL Method and D_SHI(m): Intensity Descriptors. *Sport Science*. 2017;10(1):104–110.
239. Lach J, Wiecha S, Šliž D, Price S, Zaborski M, Cieśliński I, Postuła M, Knechtle B, Mamcarz A. HR Max Prediction Based on Age, Body Composition, Fitness Level, Testing Modality and Sex in Physically Active Population. *Front Physiol*. 2021 Jul 30;12:695950.
240. Londeree BR, Moeschberger ML. Effect of Age and Other Factors on Maximal Heart Rate. *Res Exerc Q Sport*. 1982;53:297–304.
241. Graettinger WF, Smith DH, Neutel JM, Myers J, Froelicher VF, Weber MA. Relationship of left ventricular structure to maximal heart rate during exercise. *Chest*. 1995;107:341–345.
242. Shookster D, Lindsey B, Cortes N, Martin JR. Accuracy of Commonly Used Age-Predicted Maximal Heart Rate Equations. *Int J Exerc Sci*. 2020 Sep 1;13(7):1242–1250.
243. Froelicher V, Myers J. *Exercise and the heart*. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 2000.
244. Hossack KF, Bruce RA. Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age-related changes. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982 Oct;53(4):799–804.
245. Arena R, Myers J, Kaminsky LA. Revisiting age-predicted maximal heart rate: Can it be used as a valid measure of effort? *Am Heart J*. 2016 Mar;173:49–56.

11. Spis tabel

Tabela 1.	Charakterystyka ćwiczeń fizycznych	9
Tabela 2.	Wskaźniki intensywności wysiłku dla sportów wytrzymałościowych z maksymalnych prób wysiłkowych i strefy treningowe [12]	11
Tabela 3.	Skala odczuwanego wysiłku (RPE) [32]	14
Tabela 4.	Wzory na przewidywane z wieku tętno maksymalne HR_{max}	21
Tabela 5.	Zestawienie form aktywności w toku których przeprowadzano badania	27
Tabela 7.	Podsumowanie danych ciągłych opisujących wszystkich przebadanych studentów ($N = 538$)	32
Tabela 6.	Rozkład częstości danych jakościowych w całej grupie	32
Tabela 8.	Rozkład częstości danych jakościowych w całej grupie	33
Tabela 9.	Podsumowanie danych ciągłych i dyskretnych opisujących wszystkich przebadanych studentów ($N = 538$)	34
Tabela 10.	Podsumowanie danych ciągłych opisujących grupę badanych studentów z uwzględnieniem rodzaju zajęć: wybór/obowiązek	35
Tabela 11.	Rozkład częstości danych jakościowych w grupie studentów uczestniczących w zajęciach dobrowolnych i obowiązkowych	36
Tabela 12.	Podsumowanie danych ciągłych opisujących grupę badanych studentów z uwzględnieniem rodzaju zajęć: wybór-obowiązek	37
Tabela 13.	Porównanie między poszczególnymi grupami w zależności od rodzaju zajęć	39
Tabela 14.	Rozkład częstości danych jakościowych w grupie studentów uczestniczących w zajęciach według rodzaju zajęć	41
Tabela 15.	Wyniki analizy kowariancji danych (ANCOVA) EMM dostosowanych do płci i wieku badanych dotyczących pomiarów antropometrycznych w zależności od rodzaju zajęć	41
Tabela 16.	Różnice w parametrach dotyczących ćwiczeń w zależności od rodzaju zajęć. Wyniki analizy kowariancji (ANCOVA) EMM dostosowane do płci i wieku badanych	42
Tabela 17.	Bezpośrednie porównanie szacowanego tętna maksymalnego i wskaźników pochodnych związanych z tętnem osiągniętym w czasie rozgrzewki i na szczycie treningu, w zależności od formuły szacującej HR_{max}	43