
1. Wstęp

Rozwój osobniczy (**ontogeneza**) to szereg kolejnych, kierunkowych (zazwyczaj nieodwracalnych) zmian, zachodzących w kształtowaniu się organizmu od powstania zygoty, przez rozwój wewnątrzmaciczny, urodzenie, aż do kresu życia osobnika (Wolański 2005). Kierunek wspomnianych zmian określają czynniki genetyczne i warunki środowiskowe, prowadzące do ukształtowania się osobników przystosowanych do życia w zmieniających się warunkach. Do podstawowych składowych tego procesu należą wzrastanie (zwiększanie rozmiarów), różnicowanie (kształtowanie zmian w strukturze i funkcji tkanek) oraz dojrzewanie (doskonalenie tych funkcji).

Różnicowanie tkanki mięśniowej szkieletowej rozpoczyna się w zarodku po okresie gastrulacji, a kończy w pierwszych miesiącach po urodzeniu (Ostrowski 1995). W 12. dniu po zapłodnieniu w tzw. węźle zarodkowym dokonują się przemieszczenia komórek, prowadzące do powstania pojedynczej ich warstwy, leżącej na powierzchni węzła zarodkowego – endodermy. Pozostałe komórki, łączące się z trofoblastem, utworzą ektoderme. W ten sposób powstają pierwsze listki zarodkowe. Z kolei ektoderma zarodkowa, rozrastając się, stanie się przyczynkiem trzeciego listka zarodkowego – mezodermy. Dają się w niej wyróżnić trzy obszary: przyśrodkowy, pośredni i boczny.

Mezoderma przyśrodkowa ulega podziałowi na segmenty zwane somitami, w których wyróżnia się kilka części różnicujących się w rozmaity sposób. Ich część grzbietowo-boczna tworzy dermamiotom, z którego rozwiną się dwie grupy komórek, tworzące miotom i dermatom. To właśnie komórki miotomu będą różnicować się w kierunku mięśni szkieletowych poprzecznie prążkowanych (Ostrowski 1988). Mięśnie gładkie powstają z mezodermy trzewnej otaczającej jelito i jego pochodne, natomiast mięsień sercowy z mezodermy trzewnej otaczającej cewę sercową. Jak zatem widać, cały układ mięśniowy człowieka rozwija się z blaszki (warstwy) mezo-dermalnej zarodka, a jedynym wyjątkiem są mięśnie tęczówki, powstające z komórek ektodermalnych kielicha ocznego (Sadler 1993).

Niektóre komórki miotomu różnicują się w mioblasty. Ich namnażanie mitotyczne prowadzi do powstania szeregu generacji potomnych mioblastów, które następnie łączą się ze sobą (fuzują), zatracając błony komórkowe i już około 18. tygodnia powstają włókna mięśniowe. Jądra mioblastów wędrują pod błonę komórkową powstającego włókna mięśniowego, a wewnątrz cytoplazmy pojawiają się miofilamenty tworzące aparat kurczliwy. Około 3. miesiąca życia płodowego zaczyna się uwidaczniać we włóknach poprzeczne prążkowanie (Bartel 2004). Jednocześnie z powstawaniem dojrzałych włókien mięśniowych następuje tworzenie połączeń synaptycznych między

komórkami mięśniowymi z neuronami (jednostki ruchowe). U ssaków nie wszystkie włókna mięśniowe są unerwione w dniu urodzenia. Wcześniej wytwarzają się połączenia między neuronami ruchowymi a włóknami mięśniowymi typu I (wolnymi), później zaś unerwione zostają również włókna 2A i 2B (szybkie). Charakterystyczny dla dojrzałego mięśnia skład jednostek ruchowych kończy się kształtować po urodzeniu (Ostrowski 1995).

Podczas rozwoju zarodka mięśnie powiększają się zarówno przez przerost (hipertrofia), a więc powiększanie się poszczególnych miocytów, jak i przez powstawanie nowych (hiperplazja). Liczba włókien mięśniowych stopniowo zwiększa się, by ustalić się około 6. miesiąca życia płodowego, przy czym ów półroczny przedział czasu określa się jako wielce prawdopodobny (Jaskólski 2002). W kontekście zindywidualizowanego rozwoju starsze dane (Gollispink 1972), dowodzące podwojenia liczby włókien mięśniowych pomiędzy 32. tygodniem rozwoju płodowego a 4. miesiącem po urodzeniu, wcale nie muszą być pozbawione podstaw. Cała problematyka kompozycji włókien mięśniowych, zwłaszcza we wczesnym okresie życia człowieka, łącząca się bezpośrednio z liczbą włókien, jest zdaniem Dworaka (1990) bardzo dyskusyjna. Owa dyskusyjność wynika wprost z trudności w ominięciu niedoskonałości metodologicznych w tego rodzaju badaniach. Pomiaru takie zazwyczaj są wycinkowe i do tego prowadzone na bardzo nielicznym materiale. Wnioskowania nie ułatwiają również rezultaty eksperymentów prowadzonych na zwierzętach – zasada swoistości gatunkowej nie pozwala bezkrytycznie przenieść wyników między gatunkami. Jednakowoż można przyjąć, iż rozwój układu mięśniowego przebiega inaczej w okresie prenatalnym oraz po urodzeniu. W pierwszym wymienionym przedziale dominuje mechanizm zwiększania ilości włókien, w drugim zaś dominują procesy ukierunkowane na przyrost ich wielkości. Analiza stosownej literatury, zaprezentowana w pracy Dworaka (1990), pozwala stwierdzić, że włókna mięśniowe osiągają swoje ostateczne rozmiary (w naturalnym, niestymulowanym rozwoju) pomiędzy 12. a 17. rokiem życia, a średnica ich powiększa się w tym czasie 2-3-krotnie w odniesieniu do wartości wczesniemowlęcych.

W życiu płodowym człowiek zostaje wyposażony w wysokiej jakości sprawny i wydolny aparat ruchu (Przewęda 1973), którego przydatność tuż po urodzeniu sprowadza się jedynie do realizacji znacznej liczby bezwarunkowych odruchów. Jednocześnie, jeszcze przed narodzeniem, ujawnia się różne tempo rozwoju cech somatycznych u obojga płci, co łączyć można z kompleksem zjawisk określanym dymorfizmem płciowym. Wśród całego świata istot żywych człowiek rodzi się jako jednostka szczególnie nieporadna i bezbronna (Osiński 2003), która bez opieki nie byłaby w stanie przetrwać.

Encyklopedia biologiczna mianem **dymorfizmu** (z gr. *dimorphos* ‘dwupostaciowy’, ‘dwukszałtny’) określa występowanie w obrębie jednego gatunku zwierząt lub roślin dwóch różnych form, odmiennych pod względem wyglądu, budowy i fizjologii. Najczęściej owa wyraźna różnica dotyczy płci, czyli osobników żeńskich i męskich, co znane jest u wszystkich grup zwierząt. U ludzi, zwłaszcza po okresie płodowym, dy-

morfizm sukcesywnie pogłębia się aż do „osiągnięcia szczytu u osobników dorosłych” (Januszewski i Żarek 1995). Z oczywistych powodów zróżnicowanie takie obejmuje zjawiska natury psychicznej oraz fizycznej, przy czym pełne spektrum fizycznej zmienności mieści się w granicach wyznaczonych przez typy skrajne: męski i żeński.

Ten pierwszy charakteryzuje się: większymi wymiarami czaszki, masywniejszą budową górnych części ciała, obręczy barkowej i klatki piersiowej, wąskimi biodrami i większą rozbieżnością kończyn dolnych w stawach kolanowych oraz mniejszą ruchomością stawów. Ponadto charakterystyczne jest większe owłosienie ciała, nagromadzenie tkanki tłuszczowej, przede wszystkim wokół obręczy barkowej, niska barwa głosu oraz tzw. przeponowy tor oddychania. Osobnicy tacy posiadają zazwyczaj bogatszą wyobraźnię oraz większą zdolność kojarzenia i syntetyzowania (Smolec i Borek 1994, Dzieńdziora-Frelich 2009). Oprócz tego ich organizm opisuje szybsza przemiana materii i większa wydolność fizyczna.

Z kolei skrajnie żeński typ posiada mniejsze wartości parametrów morfologicznych ciała, charakteryzuje się delikatniejszą budową fizyczną i jednocześnie względnie długim tułowiem w stosunku do długości kończyn, przy czym kończyny dolne wykazują tendencję do koślawości. Kształty ciała są bardziej zaokrąglone, miednica krótka, lecz szeroka, wąskie barki, szerokie biodra i wcięta talia. Z uwagi na funkcje rozrodcze klatka piersiowa posiada bardziej beczkowaty kształt, co skutkuje wyraźniejszym poprzecznym położeniem, mniejszym niż u mężczyzn sercem, a także wyżej położoną przeponą. W konsekwencji mniejsze są krtań, wątroba, nerki i płuca, a dominującym staje się piersiowy tor oddychania. Osobnicy tego typu posiadają znacznie więcej tkanki tłuszczowej, a tkanka tłuszczowa gromadzi się przede wszystkim wokół obręczy biodrowej. Kobiety wykazują również mniejsze zapotrzebowanie na pokarm, większą odporność immunologiczną, mniejszą zapadalność na choroby i ogólnie dłuższą żywotność.

Wzmiankowane powyżej różnice masy ciała oraz odmienności składu tkankowego w budowie kobiet i mężczyzn skutkują zróżnicowaniem masy mięśniowej oraz jej procentowego udziału w masie ciała (m.in. Wolański 2005). Jak wiadomo, wielkość tzw. garnituru mięśniowego pozostaje w ścisłym związku z sumarycznym przekrojem fizjologicznym mięśni (Mleczek 2004), ten zaś jest związany z siłą mięśniową (m.in. Bober i Zawadzki 2001). W konsekwencji wymienionych zależności możliwości siłowe kobiet i mężczyzn różnią się, co stanowi jeden z przejawów dymorfizmu płciowego (Trzaskoma 2003). Z oczywistych powodów różnice te nasilają się od okresu dojrzewania płciowego, o czym wspomina np. Sozański (1999). W tej samej pracy, w rozważaniach dotyczących budowy ciała, zaznacza się, że chociaż masy mięśni u dojrzałych kobiet i mężczyzn różnią się (stanowią odpowiednio: 32-36% i 36-45% masy ciała), to skład włókien mięśniowych jest podobny. Jednocześnie autorzy przekonują o mniejszych powierzchniach przekroju włókien szybko- i wolnokurczliwych u kobiet, a ponadto wskazują mniejszą zazwyczaj liczbę włókien szybko- i wolnokurczliwych u płci żeńskiej (Sozański 1999). Powyższe uwagi mogą stanowić dodatkowe uzasadnienie przyczyn zróżnicowania siłowego kobiet i mężczyzn.

Pomimo podstaw do przejawiania się dymorfizmu płciowego w aspekcie siły mięśniowej, okazuje się, że ontogenetyczna zmienność tej właściwości organizmu wykazuje u kobiet i mężczyzn pewne podobieństwo. Oczywiście, jest ono ograniczone i dotyczy jedynie bardzo ogólnego spojrzenia na omawiane zagadnienie. Obserwując zmienność możliwości siłowych kobiet i mężczyzn (Szopa i wsp. 1996, Osiński 2003), przez wyniki tzw. motorycznych testów siły mięśniowej, można odnotować czas (wiek) osiągania rezultatów najlepszych. Stąd wyróżnić można dwa okresy: zwiększania się możliwości siłowych (ewolucja) i ich zmniejszania (inwolucja). Możliwe jest także wyróżnienie, przy tej samej okazji, trzech przedziałów: progresu, względnej stabilizacji oraz regresu. Bez względu jednak na zastosowany podział, wszystkie wymienione przedziały czasu dotyczą zarówno kobiet, jak i mężczyzn, a przekaz płynący z takiej analizy jest względnie spójny i raczej jednoznaczny. Zasadniczym powodem opisywanej sytuacji może być umiejscowienie generatora siły, czyli mięśni szkieletowych, w układzie ruchu gatunku ludzkiego oraz kształtowanie się mięśni pod przemożnym, nieustającym wpływem sił ciężkości (Ruchlewicz i wsp. 1997). Oczywiście, w sensie jakościowym oraz ilościowym dane ilustrujące siłę obydwu płci są różne: inna jest ich „chwilowa” wartość, a także dynamika rejestrowanych zmian. Warto pamiętać, że pewien wpływ na takie spostrzeżenie wywiera rodzaj zastosowanej próby pomiarowej (Osiński 2003) oraz konstrukcja wskaźnika służącego opisowi. Ostatnia uwaga wynika wprost z wyników badań, dowodzących, iż różnice wartości parametrów siłowych notowanych u kobiet i mężczyzn zmniejszają się (choć nie zanikają), gdy do opisu używane są wskaźniki względne (Ruchlewicz i wsp. 1997, Trzaskoma 2003).

Mimo iż mechanika klasyczna definiuje siłę jako miarę wzajemnego oddziaływania ciał, to w dziedzinie nauk o kulturze fizycznej „siłę mięśniową” zwykło się określać jako zdolność do pokonywania oporu zewnętrznego lub przeciwdziałania mu, kosztem wysiłku mięśniowego (Osiński 2003). Taką definicję wymuszają wyniki badań i studiów nad ludzką motorycznością, uzyskiwane w ośrodkach akademickich związanych z kulturą fizyczną człowieka. Wobec faktu, że tak rozumiana siła mięśniowa przejawia się w absolutnie każdym ludzkim działaniu, to można ją traktować jako podłoże i podstawę wszelkich wysiłków fizycznych. Osiński (2003) w celu podkreślenia jej olbrzymiego znaczenia w tym aspekcie pozwolił sobie nazwać ją „cechą pierwotną” w stosunku do innych znamion motoryczności człowieka. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż mimo swojej niewątpliwej doniosłości, omawiane pojęcie rodzi w środowisku nauk kultury fizycznej kontrowersje. Na przykład biomechanicy opowiadają się za takim rozumieniem „siły mięśniowej”, w którym określona zostanie jako maksymalny moment lub suma maksymalnych momentów sił generowanych przez zespół mięśni (Dworak 1990, Bober i Zawadzki 2001), co wynika wprost z mechanicznego sensu oddziaływania siłownika, jakim jest mięsień, na dźwignie kostne. Okazuje się bowiem, że nie można mierzyć wartości siły mięśnia, a jedynie wielkości momentów sił synergistycznych grup mięśniowych względem osi obrotów w stawach.

Nie rozstrzygając sporów środowiskowych, nie ma żadnych wątpliwości, że odpowiedni poziom siły mięśniowej jest niezbędny w sporcie (Trzaskoma i Trzaskoma 2001), życiu codziennym i rekreacji (Tokarski i wsp. 2003) oraz zawodowej pracy (Eliasz i wsp. 1999, Tokarski i Kamińska 2004). Z oczywistych powodów takie spojrzenie na przejawy siły mięśniowej nie wyczerpuje omawianego zagadnienia. Jeśli bowiem w bilansie codziennych działań człowieka dominującą pozycję zajmują lokomocja i manipulacja, to optymalny poziom siły mięśniowej warunkuje możliwość spełniania funkcji życiowych. Stąd już zaledwie krok do dobrego samopoczucia i w efekcie zdrowia fizycznego, o czym przekonać mogą wyniki badań siły osób o zróżnicowanym trybie życia (m.in. Tourny-Chollet i Leroy 2002). Jak widać, nie bez powodu naukowcy poświęcają czas na badania sił mięśniowych w chodzie (Neptune i wsp. 2004, Besier i wsp. 2009) i biegu (Sasaki i Neptune 2006, Hamner i wsp. 2010), a także podczas wykonywania czynności manualnych (Roman-Liu 1999, Rutkowska-Kucharska 1999). Należy także wspomnieć, że badania tego rodzaju prowadzone są zarówno wśród osób zdrowych, jak i osób po urazach oraz przebytych chorobach, a dodatkowo będących w różnym wieku.

Przegląd literatury, poświęconej problematyce siły mięśniowej u ludzi, umożliwia m.in. uzyskanie obrazu dymorficznego zróżnicowania jej wartości w grupach kobiet i mężczyzn. Jak wynika z pracy Trzaskomy (2003), typowe maksymalne wartości notowane u kobiet mogą być mniejsze niż u mężczyzn (w tym samym wieku) od 40 do 80%. Dowiadujemy się również, że siła mięśni kończyn górnych u kobiet stanowić może około 50% wartości tej cechy u mężczyzn, podczas gdy dla mięśni kończyn dolnych ponad 60%. Wartości uzyskane wcześniej w badaniach własnych (Ruchlewicz i wsp. 1997) mieszczą się w przytoczonych powyżej przedziałach, uzupełniając jednocześnie wiadomości o zróżnicowanie siły mięśni tułowia. W przypadku tej części ciała różnice międzypłciowe wynoszą około 30%. Zastrzeżenie do przytoczonych wartości stanowi uwaga, wzmiankowana już wcześniej w niniejszej pracy, o zacieraniu się różnic w sile mięśniowej kobiet i mężczyzn, opisywanej z wykorzystaniem wskaźników względnych.

Jak wiadomo, nie jest możliwe rozwijanie izolowanych właściwości organizmu bez oddziaływania na pozostałe (Sozański 1999). Podstawę takiej tezy stanowić może oczywiście również struktura ludzkiej motoryczności, o czym była już mowa. Tak więc trening nastawiony na rozwijanie siły może wpłynąć na zmiany szybkości czy nawet wytrzymałości (Sozański 1999). Może to być jedną z przyczyn, dla której temu elementowi przygotowania sportowca poświęca się w procesie treningowym znaczną ilość czasu. O istotności problemu świadczyć może liczba rodzimych prac, dotyczących określenia poziomu parametrów siłowych u przedstawicieli rozmaitych dyscyplin. Tego rodzaju badania prowadzono w grupach pływaków (Bober i Pietraszewski 1996, Ostrowska i Sadkowski 2007), przedstawicieli sportów walki (Sury i wsp. 2009), koszykarzy (Buśko 2007), siatkarzy (Buśko 2004), zapaśników (Janiak i Gajewski 1999), gimnastyków (Słodkowski i Sawczyn 2006), lekkoatletów (Staszkiwicz i Ozi-

mek 2002), przedstawiciele sportów zimowych (Staszkiwicz i wsp. 2005), piłkarzy nożnych (Staniak i wsp. 2005) tenisistów (Jagiello i wsp. 2005) czy wspinaczy skałkowych (Rokowski i Staszkiwicz 2010). Oczywiście, porównywanie wartości siłowych charakterystycznych dla różnych dyscyplin sportowych nie jest uzasadnione z uwagi na to, że każda dyscyplina stawia przed swoimi zawodnikami odmienne wymagania, w tym również dotyczące siły odpowiednich, angażowanych zespołów mięśniowych.

Dodatkowym potwierdzeniem roli przygotowania siłowego sportowców może być również liczba opracowanych testów motorycznych służących takiej ocenie (Dworak 1990, Osiński 2003) i w konsekwencji powszechność ich praktycznego stosowania, nawet mimo kontrowersji związanych z wiarygodnością takiej diagnostyki.

Szczegółowa analiza wyników cytowanych wcześniej badań, dotyczących maksymalnych możliwości siłowych mięśni u sportowców wysokiej klasy, pozwala zauważyć, że ów potencjał jest większy u mężczyzn aniżeli u kobiet. Dodatkowo zaś największe różnice dotyczą maksymalnych momentów siły generowanych przez mięśnie zginające i prostujące kończyny w stawach: łokciowym oraz ramiennym (do około 40%), kolanowym i biodrowym (do około 30%) oraz zginających i prostujących tułów (poniżej 30%). Uogólniając, można przyjąć, iż wspomniane różnice są największe w obrębie mięśni kończyny górnej, nieco mniejsze dla kończyny dolnej, najmniejsze zaś dla mięśni tułowia. Przeprowadzona analiza potwierdza tezę zamieszczoną w pracy Trzaskomy (2003), że chociaż uprawianie wyczynowe sportu przesuwają budowę ciała kobiet i mężczyzn w kierunku wartości bardziej męskich, to nie wpływa to na zatarcie różnic między przedstawicielami obu płci w sile. Jednocześnie należy wyraźnie podkreślić, że notowane różnice wyników sportowych kobiet oraz mężczyzn są skutkiem dymorfizmu płciowego rozumianego globalnie, nie wynikają natomiast z jednego przejawu tego zjawiska, jaki stanowi zróżnicowanie siłowe, chociaż niewątpliwie oddziaływanie tego czynnika jest znaczne, a może nawet decydujące. Dodatkowy wpływ na wspomniane zróżnicowanie rezultatów mistrzowskich wywierają np. wymogi techniczne konkurencji i indywidualne możliwości ich optymalnego wykorzystania. Cytowany już Trzaskoma (2003) twierdzi, że gdy wynik sportowy zależy istotnie od siły mięśniowej przejawianej przy pokonywaniu dużego obciążenia zewnętrznego, różnica pomiędzy kobietami i mężczyznami jest większa niż wtedy, gdy znaczenia nabiera problem pokonywania oporu własnego ciała. I być może tu właśnie tkwi jedna z przyczyn zróżnicowania rekordowych wyników kobiet i mężczyzn: 8-13% – w różnych odmianach biegów oraz pływaniu, 13-23% w skokach, 20-36% w rzutach i 26-32% w konkurencjach ciężkoatletycznych. Inne powody wzmiankowanego zróżnicowania rezultatów sportowych stanowić mogą np. czynniki morfologiczne. Jak wiadomo, kończyny u kobiet są krótsze niż u mężczyzn, co w odniesieniu do rzutów wymusza zmiany techniki ruchu kończyn górnych i w konsekwencji wpływa na uzyskiwane odległości. Z kolei ruch krótszych kończyn dolnych, osadzonych w znacznie szerszej obręczy biodrowej, staje się przyczyną odmienności techniki biegu w odniesieniu do techniki „męskiej”. Nie można także zapomnieć o różnicach płciowych w składzie

ciała, co przekłada się na wartości momentów bezwładności poruszanych części ciała. Zróznicowanie masy ciała oraz jej dystrybucji na poszczególnych piętach układu ruchu, a także jej rozkładu (odległości) względem osi obrotu podczas założonych, często złożonych ruchów, skutkuje – nieraz bardzo znacznymi – zmianami techniki ich wykonania. Dodatkowy wpływ na przebieg ruchu kończyn u kobiet (zarówno podczas lokomocji, jak i rzutów) wywierać może tendencja do koślawienia stawów łokciowych oraz kolanowych, co niewątpliwie przekłada się na odmienności w mechanicznym obrazie omawianych ruchów. Nie należy też zapomnieć, że wzmiankowane wcześniej różnice w budowie ciała działają dodatkowo na niekorzyść kobiet w konkurencjach, w których pokonują one ciężar własnego ciała. W biegach i skokach muszą przemieszczać większą niż mężczyźni masę tłuszczu, wykorzystując do tego mięśnie o masie mniejszej niż „męska”.

Warto zwrócić uwagę, iż opisywany tutaj skrótowo skład ciała daje kobietom pewne uprzywilejowanie np. w pływaniu. Wynika to z mniejszej gęstości ciała i zwiększonej przez to „pływalności” (Sozański 1999). Ponadto OSC u kobiet położony jest nieco niżej niż u mężczyzn (Bober i Zawadzki 2001), co według Sozańskiego (1999) może sprzyjać zachowaniu równowagi. Takiej tezy nie można przyjąć bez zastrzeżeń. Wiadomo bowiem, że miarę równowagi w tym przypadku stanowi rozwartość tzw. kąta stabilności (równowagi), którego wierzchołek znajduje się w środku ciężkości, natomiast ramiona przechodzą przez skrajne punkty obszaru podparcia w danej płaszczyźnie. Tak więc można wyznaczyć dwa takie kąty, po jednym w każdej z płaszczyzn: strzałkowej i czołowej. W konsekwencji wykonywania przez kobiety krótszych kroków, realizowanych dodatkowo za pomocą kończyn o mniejszych stopach, teza o większej ogólnej, mechanicznej stabilności zdaje się być przesadzona. Niewykluczone, iż postulowana większa równowaga dotyczy jedynie płaszczyzny czołowej, co w kontekście większej szerokości miednicy u kobiet wydaje się być możliwe. Zwłaszcza że przy działaniu sił zewnętrznych, wytwarzających tzw. moment utraty równowagi, ważne jest, by środek ciężkości ciała leżał jak najniżej.

Jak zatem widać, problematyka zdiagnozowania przyczyn zróznicowania rezultatów sportowych należy do niezwykle złożonych i wielowątkowych. Wniosek, iż stanowią one efekt dymorfizmu płciowego, jest oczywiście prawdziwy, ale z uwagi na olbrzymią ogólność takiego spostrzeżenia taka odpowiedź nie może w pełni satysfakcjonować.

O tym, że problematyka dymorfizmu płciowego stanowi niezwykle wdzięczny obszar penetracji naukowej świadczy fakt organizowania w tym celu dużych, międzynarodowych konferencji. W Polsce jednym z wiodących ośrodków organizujących tego rodzaju panele dyskusyjne jest katowicka Akademia Wychowania Fizycznego. Pod auspicjami tej uczelni w ciągu 10 lat zorganizowano siedem takich naukowych spotkań. Analiza kilkuset prac zamieszczonych w materiałach pokonferencyjnych dowodzi, że tematyka związana z dymorfizmem płciowym jest bardzo nośna, a spektrum poruszanych zagadnień niezwykle szerokie. Jednocześnie jednak w materiałach tych

jest niewielka liczba prac poświęconych sile mięśniowej kobiet i mężczyzn (dziewcząt i chłopców). Dodatkowo prace tego rodzaju zazwyczaj opisują stan jedynie wybranych zespołów mięśniowych, co wynika oczywiście z uzasadnionych metodologicznych założeń, po drugie autorzy zajmują się wąskim (zazwyczaj 1-3-letnim) przedziałem wieku badanych i wreszcie opierają swe wnioski na wynikach badań prowadzonych na względnie nielicznym materiale. W konsekwencji obraz zagadnienia jest niespójny i nie pozwala na tworzenie całościowych teorii obejmujących omawiane zagadnienie.

W świetle przedstawionych argumentów, uzasadniających fizjologiczną i mechaniczną istotność siły mięśniowej we wszystkich przejawach życia człowieka, obserwacja naukowego dorobku omawianych konferencji w tym aspekcie jest bardzo zaskakująca. Niewykluczone, iż pozorna łatwość prowadzenia badań tzw. siły mięśniowej zniechęca twórców do tej czynności. Być może przyczynę stanowi brak odpowiedniej klasy sprzętu pomiarowego i jednocześnie niechęć do posiłkowania się testami motorycznym, budzącymi często wątpliwości. Trudno w tej materii uzyskać satysfakcjonującą odpowiedź, ale z poznawczego punktu widzenia zaniechanie takie nie jest właściwe. Zwłaszcza obecnie, gdy dysponujemy jedynie starszymi opracowaniami tego rodzaju, będącymi efektem badań prowadzonych w całkowicie odmiennych realiach. Dzisiaj, w odniesieniu do badań z przeszłości, pomijając oczywisty techniczny rozwój sprzętu pomiarowego, fizycznie zmienili się badani. Zmieniły się ich nawyki żywieniowe, proporcje i wymiary ciała, zmianom uległ status społeczno-ekonomiczny, wreszcie sposób wykorzystywania wolnego czasu (Osiński 2003). Wiadomo, że te elementy oddziałują na fizyczny stan naszego ciała (Kraemer i Fleck 2004) i wobec tego nie można założyć, że nie wpływają również na siłę mięśniową. Niestety, w ostatnich dwudziestu latach nie powstały opracowania, które chociaż w części starałyby się tę lukę jakościowo wypełnić. Istniejące obecnie na naszym rynku jedyne kompleksowe opracowanie omawianego zagadnienia, to dzieło Dworaka (1990). Mimo, że może ono stanowić wzór dla kolejnych pokoleń badaczy, to niestety nie doczekało się ze strony tychże badaczy naukowej kontynuacji. Wspomniane opracowanie, dotyczące trendu siły wybranych zespołów mięśniowych, mimo że ciekawe i świetnie napisane, to w świetle przytoczonych wyżej argumentów wymagałoby już naukowego odświeżenia.

Mimo iż naukowe badania w zakresie fizjologii wysiłku u dziewcząt i chłopców w wieku rozwojowym mają dość długą tradycję, to wciąż więcej jest pytań niż odpowiedzi (Rowland 2006). Dotyczy to oczywiście również dymorficznych zmian siły mięśniowej, chociaż wydaje się, iż w tym przypadku stan naszej niewiedzy jest nieco mniejszy. Jednocześnie wzmiankowana problematyka wciąż stanowi dla badaczy spore wyzwanie naukowe. Jak już wspomniano, do oceny możliwości siłowych mięśni stosowane są próby z użyciem aparatury pomiarowej oraz bez użycia takiej aparatury (tzw. testy ruchowe). Analiza literatury wskazuje, że o ile w sporcie kwalifikowanym dominują pomiary pierwszego rodzaju, o tyle w przypadku badań populacyjnych zdają się dominować próby drugiego rodzaju. Osiński (2003) ocenił, iż współcześnie używanych jest około 50-60 tzw. testów siły. Ich jakościowa, merytoryczna ocena za-

mieszczona w literaturze, a także doświadczenia własne wskazują, że większość tych testów nie spełnia kryteriów stawianych przed badaniami naukowymi. Obserwacje zmienności ontogenetycznej zdolności siłowych człowieka komplikuje dodatkowo znaczna ilość postaci zdolności siłowych, a także istotne odmienności metodologicznych założeń badań. Stąd dużą wartość poznawczą przedstawia zestawienie wyników kilku testów siłowych w pracy Szopy i wsp. (1996). Analiza zamieszczonych tam wykresów dowodzi, że w całym przedziale ontogenezy przewagę mają osobnicy płci męskiej, okres progresywny trwa u nich dłużej, a wartości najwyższe (najlepsze wyniki) notowane są między 20. a 25. rokiem życia (u kobiet odpowiednio 18-20 lat). Jednocześnie siła względna u dziewcząt osiąga swoje maksimum już około 8-9. roku życia (u mężczyzn odpowiednio 21-22 lata). Zaprezentowane wyniki pokazują też, że regres siły jest łagodniejszy w próbach statycznych, podczas gdy w próbach o charakterze dynamicznym proces ten zachodzi znacznie gwałtowniej. Niestety, zarysowany tutaj obraz jest bez wątpienia niekompletny, zbudowany bowiem został w zasadzie na testach siły mięśni kończyn górnych oraz LBM (masa ciała szczupłego). Zapewne byłby on znacznie bardziej złożony, może również mniej jednoznaczny, gdyby uwzględnić większą liczbę mięśni oraz prób motorycznych. Sąd taki można oprzeć na fakcie, iż zdecydowana przewaga chłopców w sile mięśni obręczy barkowej, o czym pisali m.in. Ruchlewicz i wsp. (1997), wynika ze wzrastania w okresie pokwitania mięśni barków, grzbietu i klatki piersiowej. To ważne spostrzeżenie, bo wnioski z badań tego rodzaju wymagają od autorów ostrożności, zwłaszcza gdy budowane są w oparciu o zmienność siły mięśni kończyn górnych. Co ciekawe, przesłanki do tezy o znacznym stopniu skomplikowania obrazu dymorficznych różnic siły mięśniowej znajdują się także w omawianej pracy Szopy i wsp. (1996). Analiza danych wskazuje, że jakościowe różnice w charakterze przebiegu zmienności tzw. siły barków, ramion i ręki są znaczące. Istnieje zatem hipotetyczne przynajmniej prawdopodobieństwo, że obraz możliwości siłowych, opisywanych np. przez przyrządy mięśni kończyn dolnych, mógłby być inny. Należy zaznaczyć, że naukowcy, zajmujący się dymorfizmem płciowym w sile mięśniowej, zawsze narażeni będą na tego typu niebezpieczeństwa. Wynikają one wprost z przebiegu procesu rozwojowego człowieka. Chociaż w sensie jakościowym jest on w populacji podobny, to jego ilościowa, indywidualna charakterystyka może się osobniczo różnić (Żarów 2001, Rowland 2006). Wystarczy w tym miejscu wspomnieć o wieku, w którym rozpoczyna się okres dojrzewania płciowego – czas olbrzymich, zazwyczaj gwałtownych zmian psychofizycznych, morfologicznych i funkcjonalnych. Dane na ten temat, zamieszczone m.in. w pracy Żarowa (2004), nie pozostawiają wątpliwości – przedział ten jest na tyle duży, że prowadząc w nim badania, uzasadnione jest wydzielenie podgrup według kryterium dojrzałości płciowej. I dlatego właśnie wpływ na wyniki i wnioski może mieć na przykład dobór grupy badawczej. Można się o tym przekonać, porównując odpowiednie graficzne zestawienia w pracach Szopy i wsp. (1996) oraz Sozańskiego (1999). W tym kontekście należy docenić odwagę wspomnianych już Szopy i wsp. (1996), próbujących zamknąć obraz w ścisłych (ilo-

ściowych) ramach, ale również nie można ganić podejścia bardziej asekuracyjnego w tym względzie, zmagającego się z problemem w sposób bardziej opisowy, przez co niewątpliwie bezpieczny (m.in. Sozański 1999, Trzaskoma 2003). Dzięki takiej postawie dowiadujemy się, że tempo wzrostu siły, od narodzin do wieku dorosłego, nie jest stałe i zależy od czynników endogennych oraz egzogennych. Wzrost siły w okresie przedpokwitaniowym jest wynikiem adaptacji układu nerwowego i związanej z nim poprawy koordynacji nerwowo-mięśniowej. Natomiast w okresie dojrzewania następuje intensywny wzrost siły mięśniowej, a czynnikami decydującymi są hipertrofia włókien mięśniowych, zaś w przypadku chłopców dodatkowo wzrost stężenia męskich hormonów płciowych (Round i wsp. 1999). Hormony te powodują rozwój tkanki mięśniowej i hamują rozwój tkanki tłuszczowej. Jak zatem widać, cezurą w dymorficznym zróżnicowaniu możliwości siłowych jest okres dojrzewania płciowego – to od okresu ontogenezy krzywe rozwojowe siły dziewcząt i chłopców wyraźnie oddalają się od siebie. Stwierdzenie takie nie jest oczywiście w żadnym wypadku nowe, ale stanowi pewne podsumowanie dotychczasowych danych z literatury, umożliwiające ustalić jednocześnie, że na dzisiaj nic nie wskazuje, by dymorfizm płciowy w kontekście siły przejawiał się wcześniej. Chociaż, jak wspomina Rowland (2006), mimo wielu badań, mechanizmy wzrastania nie zostały do końca wyjaśnione, nasza wiedza o wzrastaniu człowieka sprzed 20 lat wydaje się być obecnie uproszczeniem, natomiast wyniki nowych badań ujawniają coraz większą złożoność tych procesów.

Analiza literatury zajmującej się dymorficznymi zmianami siły mięśniowej w wieku rozwojowym pozostawia uczucie niedosytu. Z jednej strony, zainteresowani tą tematyką dysponują pewną liczbą opracowań, lecz niestety z uwagi na to, że opierają się one o testy ruchowe (Żak i Sakowicz 1995, Iskra 1996, Ambroży 2002, Mleczko i Nieroda 2002, Tatarczuk 2002), ich użyteczność z punktu widzenia niniejszej pracy jest bardzo ograniczona. Z drugiej strony, odnajdujemy w starszej literaturze takie pozycje, w których do pomiaru poziomu siły mięśniowej wykorzystano dynamometrię. Wspomniane podejście do zagadnienia, chociaż metodologicznie jest bliższe autorowi, to także nie jest całkowicie wolne od wad. W badaniach takich bowiem stosowane są techniki pomiarowe o wątpliwej jakości (Osiński 1988, Glenmark i wsp. 1994), a nawet niosące ze sobą ryzyko kontuzji (Dworak i wsp. 1977, Kabsch i wsp. 1977), stąd trudne w interpretacji i niemożliwie do powtórzenia. I wreszcie można natrafić na wyniki badań momentów siły mięśniowej – tego typu podejście jest autorowi najbliższe. Niestety, liczebność takich źródeł jest niewielka. Dodatkowo są to zazwyczaj opracowania starsze, uwzględniające ponadto wąski przedział ontogenezy (Kwapulińska i Tworzydło 1970, Owings i wsp. 1975, Dworak 1990) lub też angażujące w pomiarach ograniczoną liczbę zespołów mięśniowych (Henderson i wsp. 1993, De Ste Croix i wsp. 2004, Deighan i wsp. 2006). Najczęściej zaś tego rodzaju pomiary prowadzone są po to jedynie, by stworzyć grupę kontrolną w badaniach dzieci po przebytych urazach, kontuzjach i chorobach (m.in. Tammik i wsp. 2008, Stefańska i Zawadzka 2009, Paalanne 2011, Ferland i wsp. 2012).

Dworak (1990) dowodził, że pomiary siły chwytu należą do najczęściej prowadzonych w diagnostyce mięśni. Nie sposób nie zgodzić się z taką tezą, zwłaszcza po zapoznaniu się z ilością prac, w których zastosowanie znalazły dynamometry ręczne. Siłę chwytu mierzy się u sportowców (m.in. Rokowski i Staszkiwicz 2010, Fallahi i Jadidian 2011, Gerodimos 2012), osób pracujących zawodowo (Dizmen 2012), osobników zdrowych (Krzemiński i wsp. 2012), chorych (Chang i wsp. 2011), starszych (Be-loosesky i wsp. 2010) i młodszych (Chandrasekaran i wsp. 2010). Paradoksalnie, pomiar siły chwytu, mimo metodologicznej prostoty wykonania, może przysparzać znacznych problemów przy porównywaniu wyników. Na wynik wpływają bowiem rodzaj chwytu (Sengupta i wsp. 2011), typ i wielkość urządzenia pomiarowego (Staszkiwicz i wsp. 2003, Trampisch i wsp. 2012) oraz ułożenie kończyny górnej w czasie badań (Bhargava i wsp. 2010). Dlatego, aby porównywanie rezultatów było w ogóle możliwe, zazwyczaj wykonuje się pomiary w jednym z chwytów siłowych, będących odmianą chwytu hakowego (ang. *grip hand*, *handgrip*). Ponadto wykorzystuje się w badaniach dynamometri z regulowaną odległością ramion oporowych. O ile w badaniach dorosłych takie postępowanie przynosi spodziewane pozytywne skutki, o tyle w badaniach dzieci nie zawsze. Główną przeszkodą staje się w tym przypadku dopasowanie dynamometru do indywidualnie zmiennych rozmiarów ręki. Stosownie urządzeń pomiarowych z ciągłą regulacją problem ten rozwiązuje, choć niestety takie postępowanie nie jest częste. Zazwyczaj wykorzystywany jest typowy dynamometr bez regulacji albo o regulacji skokowej. W pierwszym przypadku w grupach badanych dzieci, obok osobników, dla których to urządzenie będzie zbyt duże, znajdują się też tacy, dla których będzie ono zbyt małe. Z kolei skokowa regulacja nie wyklucza możliwości idealnego dopasowania ręki badanej osoby do urządzenia pomiarowego. Wszystkie problemy tego typu rozwiązuje dynamometr o ciągłej regulacji, a do tego o regulacji w najszerszym możliwym przedziale. I takie właśnie urządzenie zdecydowano się zastosować w niniejszych badaniach.

1.1. Cel pracy

Jak już wcześniej zaznaczono, możliwości siłowe różnych zespołów mięśni u kobiet i mężczyzn (dziewcząt i chłopców) wykazują zróżnicowanie. Różnice te dotyczą zarówno wartości maksymalnych (bezwzględnych), jak i względnych. Stąd nadrzędnym celem niniejszych badań była **ocena wielkości owych różnic dymorficznych** w wieku od 8 do 18 lat. W konsekwencji tak sprecyzowanej tematyki pojawiło się kilka tematów dodatkowych.

Pierwszy z nich dotyczył problematyki **tempa rozwoju siły mięśniowej**. Dlatego postanowiono ustalić, o ile przyrasta siła mięśniowa z wiekiem, a także, jaka jest charakterystyka owych przyrostów w poszczególnych okresach badanego przedziału ontogenezy. Kolejny wątek w tej części badań stanowiło ustalenie wieku, w którym następuje zakończenie progresywnej fazy w rozwoju możliwości siłowych u przedstawicieli obojga płci.

Zdecydowano się też ustalić **proporcje siły antagonistycznych zespołów mięśniowych**, działających w płaszczyźnie strzałkowej na stawy kończyn górnych, dolnych oraz tułowia. W konsekwencji postanowiono ustalić wartości takich stosunków siły w odniesieniu do płci i wieku.

Doświadczenie własne, zdobyte we wcześniejszych pomiarach parametrów siłowych mięśni, dało asumpt do wykonania takiej charakterystyki u młodzieży, nie tylko w ujęciu lokalnym (na poziomie danego zespołu mięśniowego), ale również globalnym. Dzięki takiemu działaniu postanowiono określić **udziały potencjalnych możliwości siłowych poszczególnych grup mięśni w sumie ogólnej** i odnieść efekty takich obliczeń do wieku i płci badanej młodzieży.

I wreszcie, w celu ustalenia podobieństw i odrębności w kształtowaniu się czynnego układu ruchu osobników różnych płci, zdecydowano się przeprowadzić **analizę korelacyjną, ukierunkowaną na jakościową ocenę współzależności** badanych parametrów z grupy siłowych oraz masy ciała.

Na podstawie przeglądu literatury i niejako na marginesie sprecyzowanych wyżej celów badań pojawił się jeszcze jeden, poznawczy aspekt niniejszych pomiarów. Z uwagi na fakt przeprowadzenia zbliżonych badań przed niemal ćwierćwieczem (Dworak 1990) w grupach młodzieży, które autor określił mianem „kryzysowych” (w sensie ekonomicznym), pojawiła się okazja porównania możliwości siłowych mięśni u współczesnej populacji wielkomiejskiej z młodzieżą lat 80. XX wieku. Może dać to przyczynek do naukowych rozważań na temat zmienności siły mięśniowej w kontekście zmian kulturowych oraz zmian statusu społeczno-ekonomicznego rodzin. W tym duchu niniejsze badania, z uwagi na standardowe warunki ich prowadzenia, mogłyby stanowić materiał porównawczy dla badań tego rodzaju wykonywanych w przyszłości (np. za kolejne 20 lat). Takie postępowanie dawałoby obraz omawianej tematyki w niespotykanie długiej (półwiecznej) perspektywie czasowej.

Jak się wydaje, wyniki niniejszych badań mogą być przydatne w rozstrzyganym sporze na temat wpływu treningu siłowego na organizm dzieci i młodzieży. Zagadnienie to do tej pory budzi kontrowersje, przy czym część z nich powstała na skutek oczywistych uprzedzeń, stereotypów oraz niewiedzy. Jeszcze do lat 90. XX wieku dominował pogląd o szkodliwości tego rodzaju oddziaływania na rozwijającego się młodego człowieka. Dopiero na przełomie wieków zyskiwać na znaczeniu zaczął pogląd o jego korzyściach. Dziś nierzadkie są głosy o długotrwałych, pozytywnych zmianach pod wpływem prowadzonego treningu siłowego nawet u 6-latków (Kraemer i Fleck 2004). Zresztą ten stan rozdzielenia opinii odzwierciedla także polska literatura. W pracy Osińskiego (2003) wyrażono wiele obaw na temat szeroko rozumianego treningu siłowego młodocianych. Z kolei Sozański (1999) jest mniej asekuracyjny i dopuszcza tego typu działania względem układu ruchu dzieci i młodzieży, przy czym zaleca ostrożność jedynie w przypadku maksymalnych obciążeń siłowych. Wspomniani już Kraemer i Fleck (2004) wymieniają mnóstwo korzyści,

jakie może przynieść odpowiednio zaprojektowany trening siłowy zarówno w działalności sportowej, jak i rekreacyjnej. Wspomnieć należy, że ich praca została poparta gruntowną analizą najnowszej, światowej literatury badawczej.

Przeprowadzone badania własne dają precyzyjny obraz możliwości siłowych u osobników obojga płci w wieku rozwojowym (8-18 lat), z pominięciem elementu treningowego, a jedynie uwzględnieniem czynnika rozwojowego.

1.2. Hipotezy badawcze

W niniejszej monografii poddano weryfikacji następujące hipotezy badawcze:

1. Trendy rozwojowe parametrów morfologicznych (masa i wysokość ciała) ilościowo różnią się od zmian w poziomie siły mięśniowej.
2. Istniejące różnice dymorficzne w poziomie siły generowanej przez mięśnie u młodzieży w wieku rozwojowym z wiekiem ulegają zmianom.
3. Zmiany poziomu siły mięśniowej w okresie rozwojowym nie są stałe i różnią się w obrębie mięśni kończyn górnych, kończyn dolnych oraz tułowia.
4. Pomiarów parametrów siłowych mogą być podstawą ustalenia okresu ontogenezy, w którym młodzież męska staje się wyraźnie silniejsza od osobników żeńskich.
5. Proporcje siły antagonistycznych zespołów mięśniowych, a także udziały siły poszczególnych grup mięśni zmieniają się z wiekiem i zależą od płci.
6. Wielkości siłowe, charakteryzujące poszczególne grupy mięśni, są ze sobą ściśle związane, a siła tych związków jest większa w grupach męskich.