

**INSTYTUT CENTRUM ZDROWIA MATKI POLKI
W ŁODZI**

Lek. Nicol Zielinska

**ZMIENNOŚCI MORFOLOGICZNE MIĘŚNI
W OBRĘBIE KLATKI PIERSIOWEJ
NA LUDZKICH PŁODACH**

**ROZPRAWA NA STOPIEŃ DOKTORA
W DZIEDZINIE NAUK MEDYCZNYCH I NAUK O ZDROWIU
W DYSCYPLINIE NAUKI MEDYCZNE**

PROMOTOR:

Prof. dr hab. n. med. Łukasz Olewnik

Łódź, kwiecień 2025

Podziękowania

Z całego serca pragnę podziękować mojemu Promotorowi, za nieocenione wsparcie i wskazówki, które towarzyszyły mi przez całą drogę naukową. Dziękuję za pokazanie mi, jak stawiać pierwsze kroki w świecie nauki, jak dostrzegać istotne problemy badawcze, a przede wszystkim – jak po raz pierwszy chwycić skalpel i z pasją odkrywać tajemnice ludzkiej anatomii. Pańskie wsparcie i zaufanie pozwoliły mi z odwagą zgłębiać świat badań anatomicznych, co stało się dla mnie źródłem cennego doświadczenia i inspiracji.

Chciałabym również wyrazić serdeczne podziękowania całemu zespołowi naukowemu, z którym miałam zaszczyt współpracować przez wiele lat. Choć byłam w zespole tak zwanym „rodzynkiem”, zawsze traktowaliście mnie jak młodszą siostrę, dzieląc się ze mną doświadczeniem i cennymi wskazówkami. Wasze wsparcie, cierpliwość oraz pomoc pozwoliły mi nie tylko rozwijać umiejętności, ale także wzrastać w atmosferze wzajemnego szacunku i współpracy. Dziękuję za każdą chwilę, którą spędziliśmy razem.

Chciałabym również podziękować moim bliskim za wsparcie przez cały okres mojego rozwoju naukowego. Dziękuję za cierpliwość, wyrozumiałość i akceptację chwil, w których całkowicie oddawałam się pracy naukowej, poświęcając jej dni i noce. Wasza obecność oraz zrozumienie były dla mnie nieocenioną pomocą, która umożliwiła mi wytrwanie i nieustanny rozwój.

Na końcu chciałabym podziękować wszystkim, którzy stanęli na mojej drodze naukowej, zarówno tym, którzy otworzyli przede mną nowe możliwości, jak i tym, którzy stawiali przede mną wyzwania. To właśnie dzięki trudnym momentom i przeciwnościom, miałam okazję jeszcze bardziej zaangażować się w swoją działalność naukową i rozwój, pracując z jeszcze większą determinacją i wytrwałością.

Dziękuję

SPIS TREŚCI

1. STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM	5
1.1. Wstęp	5
1.2. Cele	6
1.3. Materiały i metody	7
1.4. Wyniki	9
1.5. Wnioski	14
2. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM	15
2.1. Introduction	15
2.2. Purposes	16
2.3. Materials and methods	17
2.4. Results	19
2.5. Conclusions	23
3. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 187 UST. 3	24
3.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	24
3.2. Tytuły publikacji, autorzy, nazwa czasopisma, nazwa wydawnictwa, rok wydania, DOI, Impact Factor, punkty ministerialne (MNiSW)	24
3.3. <i>Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses</i>	26
3.3.1. Wstęp	26
3.3.2. Materiały i metody	27
3.3.3. Analiza statystyczna	28
3.3.4. Wyniki	29
3.3.5. Wnioski	42

3.4. <i>Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses</i>	43
3.4.1. Wstęp	43
3.4.2. Materiały i metody	44
3.4.3. Analiza statystyczna	45
3.4.4. Wyniki	45
3.4.5. Wnioski	52
3.5. <i>Accessory thoracic muscles in human foetuses</i>	53
3.5.1. Wstęp	53
3.5.2. Materiały i metody	54
3.5.3. Wyniki	55
3.5.4. Wnioski	62
4. DYSKUSJA	63
5. SPIS RYCIN	75
6. SPIS TABEL	79
7. LITERATURA	80
8. ZAŁĄCZNIKI	84

1. STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM

1.1. Wstęp

Ludzka anatomia, choć od wieków stanowi przedmiot intensywnych badań, wciąż skrywa wiele tajemnic. Tradycyjnie postrzegana jako stała i dobrze poznana, w rzeczywistości cechuje się dużą zmiennością, która może mieć istotne znaczenie zarówno w praktyce klinicznej, jak i w badaniach naukowych. Zmienności anatomiczne – od różnic w budowie naczyń krwionośnych po warianty w strukturze układu mięśniowo-szkieletowego – wpływają na funkcjonowanie organizmu i mogą determinować skuteczność procedur diagnostycznych oraz chirurgicznych. Ich dokładne poznanie jest kluczowe dla zrozumienia biomechaniki ciała, personalizacji terapii medycznych i unikania potencjalnych błędów w leczeniu. W dobie nowoczesnych technologii obrazowania oraz zaawansowanych badań anatomicznych coraz częściej odkrywane są struktury, które wcześniej pozostawały niezauważone lub uznawane były za rzadkie anomalie.

Nie dziwi zatem fakt, iż układ mięśniowy okolicy klatki piersiowej również wykazuje znaczną zmienność morfologiczną [1,2]. Do warstwy powierzchownej mięśni klatki piersiowej zalicza się mięsień piersiowy większy oraz mięsień piersiowy mniejszy, które z embriologicznego punktu widzenia wywodzą się ze wspólnej masy mięśniowej. Proces ich różnicowania w trakcie rozwoju embrionalnego może podlegać różnym zaburzeniom, co prowadzi do powstawania dodatkowych struktur mięśniowych lub nietypowych wariantów anatomicznych w tej okolicy [3,4].

Zmienności te mogą mieć istotne znaczenie kliniczne, zwłaszcza w kontekście diagnostyki obrazowej, chirurgii rekonstrukcyjnej oraz procedur inwazyjnych w tym rejonie. Mięsień piersiowy większy odgrywa kluczową rolę w chirurgii onkologicznej, zwłaszcza podczas mastektomii, ponieważ uszkodzenie nerwów piersiowych może prowadzić do osłabienia jego funkcji [5]. Różnice w budowie, w tym zmienność przyczepów proksymalnych i dystalnych, wpływają na funkcję mięśnia i metody rekonstrukcyjne, a jego agenezja, jak w zespole Polanda, skutkuje asymetrią klatki piersiowej wymagającą w wielu przypadkach interwencji chirurgicznej [6,7].

Mięsień piersiowy mniejszy, ze względu na swoje położenie w pobliżu naczyń krwionośnych pachowych i splotu ramiennego, może prowadzić do ucisku struktur

nerwowo-naczyniowych, powodując tzw. zespół mięśnia piersiowego mniejszego [8,9]. Jego anatomiczne położenie względem innych struktur sprawia, że jest często wykorzystywany w procedurach rekonstrukcyjnych, takich jak rekonstrukcja stawu barkowo-obojczykowego oraz defektów ściany klatki piersiowej i ramienia, a także uzupełnianie pourazowych ubytków tkanek miękkich [1].

Znajomość mięśni dodatkowych w obrębie klatki piersiowej i dołu pachowego jest kluczowa dla chirurgów wykonujących limfadenektomię pachową, ponieważ pozwala uniknąć jatrogennego uszkodzenia struktur nerwowych i naczyniowych [10]. Ponadto obecność dodatkowych struktur anatomicznych może prowadzić do potencjalnego ucisku nerwów i naczyń, co zwiększa ryzyko zespołów bólowych oraz zaburzeń ukrwienia.

1.2. Cele

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było szczegółowe zbadanie zmienności morfologicznych mięśnia piersiowego większego oraz mięśnia piersiowego mniejszego na ludzkich płodach, a także analiza obecności i przebiegu dodatkowych mięśni w obrębie klatki piersiowej.

Celem pracy *Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses* było zbadanie budowy morfologicznej mięśnia piersiowego większego i jego potencjalnych zmienności w zakresie liczby części, ich przebiegu oraz przyczepu proksymalnego. Ponieważ zmiany te mogą być związane z rozwojem embrionalnym, badanie zostało wykonane na ludzkich płodach. Głównym celem pracy było stworzenie nowej systematycznej klasyfikacji tego mięśnia oraz określenie potencjalnych przyczyn opisanych zmienności morfologicznych.

Celem pracy *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses* było zbadanie budowy morfologicznej mięśnia piersiowego mniejszego i jego potencjalnych zmienności w zakresie liczby brzuśców, ich przebiegu oraz przyczepu proksymalnego. Ponieważ zmiany te mogą być związane z rozwojem embrionalnym, badanie zostało wykonane na ludzkich płodach. Głównym celem pracy było stworzenie nowej systematycznej klasyfikacji tego mięśnia oraz określenie potencjalnych przyczyn opisanych zmienności morfologicznych.

Celem pracy *Accessory thoracic muscles in human fetuses* było przeprowadzenie szczegółowej analizy potencjalnych dodatkowych mięśni w obrębie rejonu klatki piersiowej u ludzkich płodów. W związku z brakiem kompleksowych badań na ten temat w dostępnej literaturze, celem pracy było zbadanie zmienności morfologicznych tej okolicy, ze szczególnym uwzględnieniem potencjalnych powiązań z rozwojem embrionalnym.

1.3. Materiały i metody

Badania do publikacji *Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses* zostały przeprowadzone na trzydziestu pięciu ludzkich płodach (17 płci żeńskiej oraz 18 płci męskiej) utrwalonych w 10% roztworze formaliny, co oznacza siedemdziesiąt przebadanych mięśni piersiowych większych (35 prawych oraz 35 lewych). Wiek badanych płodów wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży. Płody były objęte programem donacji dla Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedry Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Pozwolenie na badanie udzieliła Komisja Bioetyczna działająca przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (numer zgody RNN/137/20/KE). Wiek badanych płodów został oszacowany na podstawie pomiaru długości ciemieniowo-siedzeniowej tj. crown-rump length (CRL) [11], długości głowy oraz obwodu głowy i dostarczonej dokumentacji medycznej.

Podczas sekcji mięśnia piersiowego większego oceniono następujące cechy:

- morfologię mięśnia piersiowego większego,
- obecność dodatkowych części mięśnia piersiowego większego,
- potencjalny brak mięśnia piersiowego większego,
- pomiary morfometryczne mięśnia piersiowego większego.

Pomiary morfometryczne były wykonane dwukrotnie przez dwóch niezależnych badaczy, z dokładnością do 0,01 mm. Do ich uzyskania użyto elektronicznej suwmiarki (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). Do analizy statystycznej użyto średniej z pomiarów.

Badania do publikacji *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses* przeprowadzono na dwudziestu pięciu ludzkich płodach (12 płci żeńskiej oraz 13 płci męskiej) utrwalonych w 10% roztworze formaliny, co oznacza pięćdziesiąt przebadanych mięśni piersiowych mniejszych (25 prawych oraz 25 lewych). Wiek badanych płodów wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży. Płody były objęte programem donacji dla Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedry Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Pozwolenie na badanie udzieliła Komisja Bioetyczna działająca przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (numer zgody RNN/137/20/KE). Wiek badanych płodów został oszacowany na podstawie pomiaru długości ciemieniowo-siedzeniowej tj. crown-rump length (CRL) [11], długości głowy oraz obwodu głowy i dostarczonej dokumentacji medycznej.

Podczas sekcji mięśnia piersiowego mniejszego oceniono następujące cechy:

- morfologię mięśnia piersiowego mniejszego,
- obecność dodatkowych brzuśców mięśnia piersiowego mniejszego,
- potencjalny brak mięśnia piersiowego mniejszego,
- pomiary morfometryczne brzuśców mięśnia piersiowego mniejszego,
- pomiary morfometryczne ścięgna mięśnia piersiowego mniejszego.

Pomiary morfometryczne były wykonane dwukrotnie przez dwóch niezależnych badaczy, z dokładnością do 0,01 mm. Do ich uzyskania użyto elektronicznej suwmiarki (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). Do analizy statystycznej użyto średniej z pomiarów.

Badania do publikacji *Accessory thoracic muscles in human fetuses* przeprowadzono na pięćdziesięciu ludzkich płodach (25 płci żeńskiej oraz 25 płci męskiej) utrwalonych w 10% roztworze formaliny, co oznacza sto przebadanych okolic klatki piersiowej. Wiek badanych płodów wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży. Płody były objęte programem donacji dla Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedry Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Pozwolenie na badanie udzieliła Komisja Bioetyczna działająca przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (numer zgody RNN/137/20/KE, RNN/114/24/KE). Wiek badanych płodów został oszacowany na podstawie pomiaru długości

ciemieniowo-siedzeniowej, tj. crown-rump length (CRL) [11], długości głowy oraz obwodu głowy i dostarczonej dokumentacji medycznej.

Podczas badania oceniono następujące cechy:

- morfologię mięśnia piersiowego większego i mięśnia piersiowego mniejszego,
- obecność dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej,
- pomiary morfometryczne dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej.

Pomiary morfometryczne były wykonane dwukrotnie przez dwóch niezależnych badaczy, z dokładnością do 0,01 mm. Do ich uzyskania użyto elektronicznej suwmiarki (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). Do analizy statystycznej użyto średniej z pomiarów.

1.4. Wyniki

W publikacji *Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses* wykazano, że mięsień piersiowy większy był obecny obustronnie u wszystkich trzydziestu pięciu przebadanych płodów. Po dokładnej sekcji anatomicznej, stworzona została pierwsza na świecie klasyfikacja mięśnia piersiowego większego, oparta na wynikach badania przeprowadzonego wśród populacji ludzkich płodów. Biorąc pod uwagę liczbę części, z których składał się wspomniany mięsień, wyróżniono pięć typów wraz z podtypami:

- **Typ I (10%)** - charakteryzował się jednolitą częścią obojczykowo-mostkową. Przyczep proksymalny znajdował się na całym obojczyku lub jego przyśrodkowej części oraz na przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (od pierwszego do szóstego żebra lub od pierwszego do siódmego żebra po tej samej stronie).
- **Typ II (37,1%)** - charakteryzował się obecnością dwóch części: obojczykowej, której przyczep proksymalny zlokalizowany był na przedniej powierzchni obojczyka oraz mostkowo-żebrowej, której przyczep proksymalny znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (żebra od pierwszego do szóstego w czterech przypadkach, od pierwszego do

siódmego w jednym, od drugiego do piątego w trzech, od drugiego do szóstego w osiemnastu).

- **Typ III (31,4%)** – charakteryzował się obecnością trzech części. Pierwsza z nich to część obojczykowa, której przyczep proksymalny zlokalizowany był na przedniej powierzchni obojczyka. Druga to część mostkowo-żebrowa, której przyczep proksymalny znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (żebra od drugiego do piątego w siedmiu przypadkach, od drugiego do szóstego w dwunastu przypadkach, od drugiego do siódmego w trzech przypadkach). Trzecia to część brzuszna, której przyczep proksymalny znajdował się na blaszce przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha.
- **Typ IV (17,2%)** - charakteryzował się czterema częściami. Został podzielony na cztery podtypy w zależności od zmienności dodatkowych części tego mięśnia. Część mostkowo-żebrowa i brzuszna występowały we wszystkich przypadkach. Przyczep proksymalny części mostkowo-żebrowej znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (żebra od drugiego do piątego w jednym przypadku, od drugiego do szóstego w siedmiu przypadkach, od trzeciego do szóstego w czterech przypadkach), natomiast część brzuszna miała przyczep proksymalny zlokalizowany na blaszce przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha.
 - podtyp IVa (4,3%) - charakteryzował się dodatkową częścią obojczykową. Pierwsza część obojczykowa miała swój przyczep proksymalny na przedniej powierzchni obojczyka po stronie bocznej, z kolei druga część obojczykowa po stronie przyśrodkowej.
 - podtyp IVb (8,6%) - charakteryzował się dodatkową częścią obojczykowo-mostkową, której przyczep proksymalny znajdował się na przyśrodkowej części obojczyka oraz ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra). Przyczep proksymalny części obojczykowej znajdował się na przedniej powierzchni obojczyka.
 - podtyp IVc (1,4%) - charakteryzował się dodatkową częścią mostkowo-żebrową, zwaną częścią „mostkowo-żebrową górną”, która miała swój przyczep proksymalny na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek

żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra). Część obojczykowa miała swój przyczep proksymalny zlokalizowany na przedniej powierzchni obojczyka i łączyła się z mięśniem mostkowo-obojczykowo-sutkowym.

- podtyp IVd (2,9%) - charakteryzował się dwiema dodatkowymi częściami: jedną obojczykowo-mostkową (posiadającą swój przyczep proksymalny na przyśrodkowej części obojczyka, ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i pierwszej chrząstce żebrowej) oraz jedną część mostkowo-żebrową górną (posiadającą swój przyczep proksymalny na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych od drugiego do trzeciego żebra). Część obojczykowa była nieobecna.
- **Typ V (4,3%)** - charakteryzował się pięcioma częściami mięśnia piersiowego większego (w tym dwie części uznane zostały za dodatkowe). We wszystkich przypadkach występowała część obojczykowa (której przyczep proksymalny znajdował się na bocznej części przedniej powierzchni obojczyka), dodatkowa część obojczykowa (której przyczep proksymalny znajdował się na przyśrodkowej części przedniej powierzchni obojczyka), część mostkowo-żebrowa (z przyczepem proksymalnym zlokalizowanym na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych od trzeciego do szóstego żebra) oraz część brzuszna (której przyczep proksymalny znajdował się na blaszce przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha). Typ V został podzielony na dwa podtypy w zależności od zmienności drugiej dodatkowej części mięśnia piersiowego większego.
 - podtyp Va (2,9%) - druga dodatkowa część charakteryzowała się częścią mostkowo-żebrową górną, której przyczep proksymalny znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra.).
 - podtyp Vb (1,4%) - druga dodatkowa część charakteryzowała się częścią obojczykowo-mostkową, której przyczep proksymalny znajdował się na przyśrodkowej części obojczyka, ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra).

W badaniu *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses* wykazano, że mięsień piersiowy mniejszy był obecny obustronnie u wszystkich dwudziestu pięciu przebadanych płodów. Po dokładnej sekcji anatomicznej, została stworzona pierwsza na świecie klasyfikacja mięśnia piersiowego mniejszego, oparta na wynikach badania przeprowadzonego wśród populacji ludzkich płodów. Biorąc pod uwagę liczbę części, z których składał się wspomniany mięsień, wyróżniono trzy typy wraz z podtypami. We wszystkich przypadkach przyczep dystalny zlokalizowany był na wyrostku kruczym łopatki.

- **Typ I (66%)** - charakteryzował się jednym brzuścem mięśniowym i został podzielony na dwa podtypy:
 - podtyp Ia (58%) - charakteryzował się brzuścem o zmiennym przyczepie proksymalnym na żebrach od trzeciego do piątego, od drugiego do piątego, od drugiego do czwartego lub od trzeciego do czwartego.
 - podtyp Ib (8%) - charakteryzował się jednym brzuścem mięśniowym powstałym w wyniku połączenia dwóch struktur mięśniowych, które przyczep proksymalny miały zlokalizowany na drugim i trzecim żebrze, bądź tylko na trzecim żebrze.
- **Typ II (24%)** - charakteryzował się dwoma brzuścami. Przyczep proksymalny pierwszego brzuśca znajdował się na drugim żebrze lub jednocześnie na drugim i trzecim żebrze. Z kolei przyczep proksymalny drugiego brzuśca był zmienny i pochodził z trzeciego żebra, czwartego żebra, jednocześnie z trzeciego i czwartego żebra lub z czwartego i piątego żebra.
- **Typ III (10%)** - charakteryzował się trzema brzuścami. Przyczep proksymalny pierwszego brzuśca znajdował się na drugim lub trzecim żebrze. Drugi brzusiec miał swój przyczep proksymalny na dolnej części drugiego żebra, powierzchni mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i górnej części trzeciego żebra, lub na powierzchni mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i górnej części czwartego żebra, lub na dolnej części trzeciego żebra, powierzchni mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i górnej części czwartego żebra. Brzusiec trzeci przyczepiał się proksymalnie do trzeciego lub czwartego żebra.

W badaniu *Accessory thoracic muscles in human fetuses* zaobserwowano obecność szesnastu dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej (16%). Na podstawie ich przebiegu wyróżniono cztery typy dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej:

- **Mięsień „Pectoralis quartus”** (8%) – stanowił 50% znalezionych mięśni dodatkowych klatki piersiowej, a jego przyczep proksymalny znajdował się na piątym lub szóstym żebrze. Przyczep dystalny w pięciu przypadkach był zlokalizowany na bruździe międzyguzkowej kości ramiennej, a w trzech przypadkach łączył się z powięzią kończyny górnej.
- **Mięsień „Axillary Arch”** (3%) - stanowił 18,75% wszystkich znalezionych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Każdorazowo mięsień rozpoczynał się z mięśnia najszerzego grzbietu i dystalnie łączył się z mięśniem piersiowym większym.
- **Mięsień „Chondrocoracoideus”** (3%) - stanowił 18,75% wszystkich znalezionych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Każdorazowo przyczep proksymalny znajdował się na szóstym lub siódmym żebrze oraz pochewce mięśnia prostego brzucha. W dwóch przypadkach przyczep dystalny charakteryzował się częścią ścięgnistą, połączoną z głową krótką mięśnia dwugłowego ramienia. W jednym przypadku przyczep dystalny znajdował się bezpośrednio na wyrostku kruczym łopatki.
- **Mięsień mostkowy („Sternalis”)** (2%) - stanowił 12,5% wszystkich zaobserwowanych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Oba przypadki różniły się między sobą morfologią oraz przebiegiem. Pierwszy zaobserwowany w badaniu mięsień mostkowy rozpoczynał się na trzonie mostka na poziomie drugiej przestrzeni międzyżebrowej jako pojedynczy brzusiec mięśniowy. Jego przyczep dystalny był zlokalizowany na piątym żebrze. Drugi zaobserwowany mięsień mostkowy miał swój przyczep proksymalny zlokalizowany na powierzchni mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego oraz przedniej powierzchni mostka. Charakteryzował się rozdwojonym brzuścem w części proksymalnej, który w dystalnej części stanowił jednolitą masę mięśniową i przyczepiał się do szóstego i siódmego żebra.

1.5. Wnioski

Przeprowadzone badania dostarczyły nowych danych dotyczących zmienności morfologicznych mięśni klatki piersiowej w populacji ludzkich płodów. Po raz pierwszy opublikowano klasyfikację mięśnia piersiowego większego i mniejszego u ludzkich płodów, a także scharakteryzowano dodatkowe struktury anatomiczne w tej okolicy.

Mięsień piersiowy większy był obecny obustronnie u wszystkich badanych płodów i wykazywał istotną zmienność w zakresie liczby części oraz lokalizacji przyczepów proksymalnych, co może być konsekwencją zaburzeń embriogenezy. Najczęściej obserwowano podział mięśnia na dwie części (obojęzyczną i mostkowo-żebrową), a nieco rzadziej na trzy części. Stwierdzono istotne różnice w częstości występowania poszczególnych typów między płciami oraz częstsze występowanie określonych wariantów w młodszych stadiach rozwoju płodowego. Dalsze badania, zarówno anatomiczne, jak i obrazowe, stanowią istotną podstawę dla analiz porównawczych oraz badań ewolucyjnych.

Mięsień piersiowy mniejszy wykazywał znaczną zmienność morfologiczną pod względem liczby brzuśców oraz lokalizacji przyczepów. Najczęściej występował w postaci pojedynczego brzuśca (typ I). Różnorodność anatomiczna tego mięśnia może mieć istotne implikacje kliniczne, szczególnie w kontekście zespołów uciskowych splotu ramiennego, a także indywidualnych różnic istotnych dla procedur chirurgicznych i rehabilitacyjnych.

Dodatkowe mięśnie w obrębie klatki piersiowej stwierdzono u 16% badanych płodów. Na podstawie ich przebiegu wyróżniono cztery typy, spośród których najczęściej występował mięsień „pectoralis quartus”. Struktury te mogą odgrywać istotną rolę kliniczną, przyczyniając się do rozwoju zespołu otworu górnego klatki piersiowej, asymetrii postawy oraz potencjalnych trudności podczas interwencji chirurgicznych w tej okolicy.

Uzyskane wyniki podkreślają istotne zróżnicowanie anatomiczne w rozwoju mięśni klatki piersiowej oraz jego potencjalne znaczenie kliniczne. Dalsze badania, obejmujące zarówno sekcję anatomiczną populacji dorosłych, jak i techniki obrazowe (MRI, USG), mogą dostarczyć dodatkowych danych na temat morfologii i funkcji tych struktur, a także ich wpływu na patogenezę schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego i nerwowego.

2. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM

2.1. Introduction

Human anatomy, despite being the subject of intensive research for centuries, still harbors many undiscovered aspects. Traditionally perceived as fixed and unchanging, it actually exhibits significant variability, which can have profound implications for both clinical practice and scientific research. Anatomical variations - ranging from differences in vascular structures to morphological variants of the musculoskeletal system - affect the functioning of the human body and can influence the effectiveness of diagnostic and surgical procedures. A precise understanding of these variations is crucial for comprehending human biomechanics, personalizing medical therapies, and avoiding potential treatment errors. With advancements in imaging technologies and anatomical research, previously unnoticed or rare anatomical structures are now being increasingly identified.

It is, therefore, not surprising that the muscular system of the thoracic region also demonstrates considerable morphological variability [1,2]. The superficial layer of the chest muscles consists of the pectoralis major and pectoralis minor, both of which originate from a common embryonic muscle mass. Any disturbances in their differentiation during embryonic development may lead to the formation of additional muscular structures or atypical anatomical variants in this region [3,4].

These variations may have significant clinical relevance, particularly in diagnostic imaging, reconstructive surgery, and invasive procedures within the thoracic area. The pectoralis major muscle plays a key role in oncologic surgery, particularly in mastectomy, where damage to the pectoral nerves may result in functional impairment [5]. Differences in its structure, including variations in proximal and distal attachments, influence muscle function and reconstructive approaches, while its agenesis, as seen in Poland syndrome, often leads to thoracic asymmetry requiring surgical intervention [6,7].

The pectoralis minor, due to its location near the axillary vessels and the brachial plexus, can contribute to neurovascular compression, leading to the so-called pectoralis minor syndrome [8,9]. Its anatomical properties make it a valuable component in reconstructive procedures, including acromioclavicular joint reconstruction, repairing of chest wall and shoulder defects, and soft tissue reconstruction following trauma [1].

Knowledge of additional muscles within the chest and axillary region is crucial for surgeons performing axillary lymphadenectomy, as it helps avoid iatrogenic damage to neural and vascular structures [10]. Moreover, the presence of additional anatomical structures may lead to potential compression of nerves and blood vessels, increasing the risk of pain syndromes and circulation disorders.

2.2. Purposes

The aim of this doctoral dissertation was to investigate the morphological variations of the pectoralis major and pectoralis minor muscles in human fetuses, as well as to analyze the presence and course of accessory muscles within the thoracic region.

The objective of the study *Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses* was to examine the morphological structure of the pectoralis major muscle and its potential variations in terms of the number of parts and the proximal attachment. Since these changes may be related to embryological development, this study was conducted in human fetuses. The main goal of the study was to develop a new classification system for this muscle and to identify potential causes of the described morphological variations.

The objective of the study *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses* was to examine the morphological structure of the pectoralis minor muscle and its potential variations in the number of bellies, their course, and proximal attachment. Since these changes may be linked to embryological development, this research was conducted in human fetuses. The main goal of the study was to develop a new classification system for this muscle and to determine the potential causes of the described morphological variations.

The objective of the study *Accessory thoracic muscles in human foetuses* was to conduct a detailed analysis of potential accessory muscles within the thoracic region of human fetuses. Given the lack of comprehensive studies on this topic in the available literature, the aim of this research was to examine the morphological variations in this area, with particular emphasis on potential associations with embryological development.

2.3. Materials and methods

The study for the publication *Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses* was conducted on thirty-five human fetuses (17 female and 18 male) aged from eighteen to thirty-eight weeks of gestation at death and fixed in a 10% formalin solution, totaling seventy examined pectoralis major muscles (35 right and 35 left). The fetuses were obtained from spontaneous abortion after the informed consent of both parents and were part of a donation program for the Department of Anatomical Dissection and Donation, Chair of Anatomy and Histology Medical University of Lodz. The study was approved by the Bioethics Committee at the Medical University of Łódź (approval number RNN/137/20/KE). Their age was estimated based on crown-rump length (CRL) measurements [11], head length, head circumference, and provided medical documentation.

Upon dissection, the following morphological features of the pectoralis major muscle were assessed:

- the morphology of the pectoralis major muscle,
- the occurrence of accessory parts of the pectoralis major muscle,
- the possible absence of the pectoralis major muscle,
- morphometric measurements of the pectoralis major muscle.

Morphometric measurements were performed twice by two independent researchers with an accuracy of 0.01 mm. Measurements were obtained using an electronic caliper (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). The mean values from the measurements were used for statistical analysis.

The study for publication *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses* was conducted on twenty-five (13 male and 12 female) spontaneously aborted human fetuses (25 left and 25 right) aged from eighteen to thirty-eight weeks of gestation at death and fixed in 10% formalin solution. The fetuses were donated after parental consent to the Medical University anatomy program. The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Lodz, Poland (resolution RNN/137/20/KE). Their ages were determined based on the crown-rump length (CRL) [11], head length, head circumference, and provided medical documentation.

Upon dissection, the following morphological and morphometric features of the pectoralis minor muscle were assessed:

- the morphology of the pectoralis minor muscle,
- the occurrence of accessory bellies of the pectoralis minor muscle,
- the possible absence of the pectoralis minor muscle,
- morphometric measurements of the pectoralis minor muscle,
- morphometric measurements of the pectoralis minor tendon.

Morphometric measurements were performed twice by two independent researchers with an accuracy of 0.01 mm. An electronic caliper (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan) was used to obtain the measurements. The mean values from the measurements were used for statistical analysis.

The study for the publication *Accessory thoracic muscles in human fetuses* was conducted on fifty human fetuses (25 female and 25 male) aged from eighteen to thirty-eight weeks of gestation at death and fixed in a 10% formalin solution, resulting in the examination of one hundred thoracic regions. The fetuses were part of a donation program for the Department of Anatomical Dissection and Donation, Chair of Anatomy and Histology Medical University of Lodz. The study was approved by the Bioethics Committee at the Medical University of Łódź (approval number RNN/137/20/KE/RNN/114/24/KE). The gestational age of the examined fetuses was estimated based on crown-rump length (CRL) [11], head length, head circumference, and the provided medical documentation.

Upon dissection, the following morphological and morphometric features were assessed:

- the morphology of the pectoralis major and minor muscles,
- the presence of accessory muscles in the thoracic region,
- morphometric measurements of accessory muscles in the thoracic region.

Morphometric measurements were performed twice by two independent researchers with an accuracy of 0.01 mm. An electronic caliper (Mitutoyo Corporation,

Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan) was used to obtain the measurements. The mean values from the measurements were used for statistical analysis.

2.4. Results

The results of the study *Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses* showed that the pectoralis major muscle was present bilaterally in all thirty-five examined fetuses. Following a detailed anatomical dissection, the world's first classification of the pectoralis major muscle based on the findings obtained from a study conducted in a human fetal population was developed. Considering the number of parts comprising the muscle, five types along with subtypes were distinguished.

- **Type I (10%)** - one claviculosternal part without division for distinct bellies. The part originated from the clavicle or only its medial part, from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from the first to the sixth or from the first to the seventh).
- **Type II (37.1%)** - represented by two muscle bellies. The first part was the clavicular part, originated from the anterior surface of the clavicle. The second part was the sternocostal part, which origin was located on the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (ribs from the first to the sixth in four cases, from the first to the seventh in one case, from the second to the fifth in three cases, from the second to the sixth in eighteen cases). In all cases, the abdominal part was absent.
- **Type III (31.4%)** - represented by three muscle bellies. The first part was the clavicular part, originating from the anterior surface of the clavicle. The second part was the sternocostal part originating from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (ribs from the second to the fifth in seven cases, from the second to the sixth in twelve cases, from the second to the seventh in three cases). The third part was the abdominal part, originating from the rectus sheath.

- **Type IV (17.2%)** - represented by four muscle bellies. This type was divided into four subtypes based on the variability of additional heads. The sternocostal and abdominal parts were found in all cases. The sternocostal part originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (ribs from the second to the fifth in one case, from the second to the sixth in seven cases, from the third to the sixth in four cases), in turn, the abdominal part originated from the rectus sheath.
 - Subtype IVa (4.3%) - was characterized by one additional clavicular part. The first clavicular part originated from the lateral part of the anterior surface of the clavicle, and the second clavicular part from its medial part.
 - Subtype IVb (8.6%) - was characterized by one additional belly, referred to as the claviculosternal part. This part originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from the first to the second rib). The course of the clavicular part was standard and its origin was located on the anterior surface of the clavicle).
 - Subtype IVc (1.4%) - was characterized by one additional sternocostal part, called the 'sternocostal superior', which originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from the first to the second rib). The clavicular part originated from the anterior surface of the clavicle, but there was also a connection with the sternocleidomastoid muscle.
 - Subtype IVd (2.9%) - was characterized by two additional parts: one claviculosternal (originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and the first costal cartilage), and one sternocostal superior (originated from the ipsilateral half of the anterior surface the sternum and costal cartilages from the second to the third rib). The clavicular part was absent.
- **Type V (4.3%)** - represented by five muscle bellies (two additional). All cases included the clavicular part (originating from the lateral part of the anterior surface of the clavicle), the additional clavicular part (originating from the medial part of the anterior surface of the clavicle), the sternocostal part (originating from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages from the third to the sixth rib), and the abdominal part (originating from the rectus sheath).

This type was divided into two subtypes based on the variability of the second additional muscle belly:

- Subtype Va (2.9%) - the second additional belly was formed by the sternocostal superior part, which originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from the first to the second rib).
- Subtype Vb (1.4%) - the second additional belly was formed by the claviculosternal part, which originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from the first to the second rib)

The results of the study *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses* showed that the pectoralis minor muscle was present bilaterally in all twenty-five examined fetuses. Following a detailed anatomical dissection, the world's first classification of the pectoralis minor muscle based on the findings obtained from a study conducted on a human fetal population was developed. Considering the number of parts comprising the muscle, three types along with subtypes were distinguished. In all cases, the distal attachment was located on the coracoid process of the scapula.

- **Type I (66%)** – with one muscle belly and this type was divided into two subtypes (Ia and Ib).
 - The subtype Ia (58%) - was characterized by a belly originating from the third to the fifth, or from the second to the fifth, or from the second to the fourth ribs, or from the third to the fourth ribs.
 - The subtype Ib (8%) - was characterized by a belly originating from the second to the third ribs, or from the third rib only, with two muscular structures connecting each other and one muscle belly distally attached as a tendon to the coracoid process.
- **Type II (24%)** - with two bellies. The first belly originating from the second rib, or from the second and the third ribs, and the second belly from the third rib, or the fourth rib, or the third and the fourth ribs, or the fourth and the fifth ribs.

- **Type III (10%)** - with three bellies. The first belly originating from the second or third ribs, the second belly from the inferior part of the second rib, the external intercostal muscle, and the superior part of the third rib, or from the external intercostal muscle and superior part of the fourth rib, or from the inferior part of the third rib, external intercostal muscle, and superior part of the fourth rib, and the third belly was attached to the third or the fourth rib only, or the external intercostal muscle and the superior part of the fourth rib.

In the study *Accessory thoracic muscles in human fetuses*, the presence of sixteen additional muscles in the thoracic region (16%) was observed. Based on their course, we distinguished four types of additional thoracic muscles.

- **Pectoralis quartus muscle** (8% of studied cases and 50% of observed accessory thoracic muscles) – in all cases, the point of origin was the fifth or sixth rib. Five cases were distally attached to the bicipital groove located on the humerus, and three cases were fused with the fascia of the upper limb.
- **Axillary arch muscle** (3% of studied cases and 18.75% of observed accessory thoracic muscles) – in all cases, originating from the latissimus dorsi muscle, this muscle was distally fused with the pectoralis major muscle.
- **Chondrocoracoideus muscle** (3% of studied cases and 18.75% of observed accessory thoracic muscles) - all cases originated from the sixth or seventh rib and rectus sheath as a muscle belly. Two cases were distally fused as a tendinous structure with the short head of the biceps brachii and attached to the coracoid process. One case was distally attached as a tendinous structure directly to the coracoid process.
- **Sternalis muscle** (2% of studied cases and 12.5% of observed accessory thoracic muscles) - the first case originated from the body of sternum at the level of the second intercostal space as a single muscular band and inserted into the fifth rib. The second case originated from the distal part of the sternocleidomastoid muscle and sternum, as a bifurcated muscle belly distally merged into one belly attaching to the sixth and the seventh ribs.

2.5. Conclusions

The conducted studies provided new data on the morphological variability of chest muscles in the human fetal population. For the first time, classifications of the pectoralis major and pectoralis minor muscles in human fetuses have been developed, and additional anatomical structures in this region were characterized.

The pectoralis major muscle was bilaterally present in all examined fetuses and exhibited significant variability in both the number of parts and the location of their proximal attachments, which may be attributed to disturbances in embryogenesis. The most frequently observed division consisted of two parts (clavicular and sternocostal), followed by a three-part configuration. Significant differences in the prevalence of specific types were observed between sexes, as well as a higher occurrence of certain variants in younger fetal developmental stages. Further studies, both anatomical and imaging-based, are necessary to verify this new classification in the adult population.

The pectoralis minor muscle exhibited considerable morphological variability in terms of the number of muscle bellies and the location of its attachments. The most common type (Type I) was characterized by a single muscle belly. The anatomical diversity of this muscle may have important clinical implications, particularly in relation to brachial plexus compression syndromes and individual anatomical differences relevant to surgical and rehabilitative procedures.

Additional muscles in the thoracic region were identified in 16% of the examined fetuses. Based on their course, four types of accessory thoracic muscles were distinguished, with the most frequently observed being the pectoralis quartus muscle. These structures may play a significant clinical role, contributing to the development of thoracic outlet syndrome, postural asymmetries, and potential complications during surgical interventions in this region.

The obtained results highlight significant anatomical variability in the development of thoracic muscles and its potential clinical relevance. Further studies, including anatomical dissections of the adult population and imaging techniques (MRI, ultrasound), may provide additional insights into the morphology and function of these structures, as well as their role in the pathogenesis of musculoskeletal and neurological disorders.

3. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 187 UST. 3

3.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Zmienności morfologiczne mięśni w obrębie klatki piersiowej na ludzkich płodach.

3.2. Tytuły publikacji, autorzy, nazwa czasopisma, nazwa wydawnictwa, rok wydania, DOI, Impact Factor, punkty ministerialne (MNiSW)

W skład osiągnięcia naukowego wchodzi monotematyczny cykl trzech pierwszoautorskich artykułów, które zostały opublikowane w międzynarodowych czasopismach naukowych, indeksowanych w bazie PubMed oraz znajdujących się na liście Journal Citation Reports (Thomson Reuters) o łącznej liczbie punktów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego: 270 oraz wskaźniku Impact Factor: 5,2.

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses.

Nicol Zielinska, Kacper Ruzik, Michał Podgórski, Krzysztof Koptas, Janusz Moryś, Friedrich Paulsen, Łukasz Olewnik

Annals of Anatomy

Elsevier, 2023

DOI: 10.1016/j.aanat.2023.152108

Impact Factor: 2,0

MNiSW: 100

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses.

Nicol Zielinska, Janusz Moryś, Friedrich Paulsen, Krzysztof Koptas, George Triantafyllou, Maria Piagkou, Łukasz Olewnik

Annals of Anatomy

Elsevier, 2024

DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152264

Impact Factor: 2,0

MNiSW: 100

Accessory thoracic muscles in human fetuses

Nicol Zielinska, Marta Pośnik, Krzysztof Koptas, George Triantafyllou, Janusz Moryś, Łukasz Olewnik

Folia Morphologica

Via Medica, 2024

DOI: 10.5603/fm.99982

Impact Factor: 1,2

MNiSW: 70

3.3. Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses.

Nicol Zielinska, Kacper Ruzik, Michał Podgórski, Krzysztof Koptas, Janusz Moryś, Friedrich Paulsen, Łukasz Olewnik

Annals of Anatomy, 2023

DOI: 10.1016/j.aanat.2023.152108

Impact Factor: 2,0; MNiSW: 100

3.3.1. Wstęp

Mięsień piersiowy większy stanowi jeden z mięśni powierzchownych klatki piersiowej, odgrywając także kluczową rolę w funkcjonowaniu kończyny górnej. Jego anatomiczna struktura, czynność oraz potencjalne zmienności morfologiczne są istotnym obiektem badań w zakresie anatomii, chirurgii oraz rehabilitacji [1].

W zależności od klasyfikacji, mięsień piersiowy większy może być podzielony na dwie [3,12] bądź trzy części [13,14]: obojczykową, mostkowo-żebrową, a w niektórych przypadkach – brzuszna [1]. Przyczep proksymalny części obojczykowej znajduje się na przedniej powierzchni bliższego odcinka obojczyka, natomiast część mostkowo-żebrowa ma swój przyczep proksymalny zlokalizowany na przedniej powierzchni mostka i na chrząstkach żeber (zwykle od drugiego do szóstego żebra). Jeśli obecna jest część brzuszna, to proksymalnie przyczepia się do blaszki przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha. Wspomniane części łączą się ze sobą i tworzą wspólne ścięgno, którego dystalny przyczep znajduje się na grzebieniu guzka większego kości ramiennej [1].

Mięsień piersiowy większy odgrywa istotną rolę nie tylko w anatomii funkcjonalnej, ale również w praktyce klinicznej. Jego uszkodzenie, zmienność morfologiczna oraz wpływ na zabiegi chirurgiczne mają istotne znaczenie w wielu dziedzinach medycyny, w tym w chirurgii onkologicznej, ortopedii, rehabilitacji oraz chirurgii plastycznej i rekonstrukcyjnej [2].

Zmienności morfologiczne mięśnia piersiowego większego mogą mieć istotne znaczenie kliniczne. Różnice w lokalizacji przyczepów mogą wpływać na funkcję mięśnia i sposób jego rekonstrukcji w procedurach chirurgicznych [2].

W niektórych przypadkach może występować agenezja mięśnia piersiowego większego (np. w zespole Poland), co skutkuje asymetrią klatki piersiowej i może wymagać korekty chirurgicznej [6,7]. Z kolei dodatkowe struktury, takie jak mięsień „pectoralis quartus” [15] czy mięsień „chondrocoracoideus”, mogą być błędnie interpretowane w badaniach obrazowych jako zmiany patologiczne (np. guzowate struktury).

Zmiany morfologiczne mięśnia piersiowego większego mogą mieć podłoże w rozwoju embrionalnym, jednak ich dokładne przyczyny pozostają niejasne [3]. W związku z tym niniejsza praca koncentruje się na analizie zmienności morfologicznej mięśnia piersiowego większego u płodów oraz na stworzeniu nowego systemu klasyfikacji jego wariantów anatomicznych. Wyniki badań mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia procesów embriogenezy anatomicznej mięśnia piersiowego większego oraz mieć praktyczne zastosowanie w diagnostyce i chirurgii rekonstrukcyjnej.

3.3.2. Materiały i metody

Badanie zostało przeprowadzone na trzydziestu pięciu ludzkich płodach (17 płci żeńskiej oraz 18 płci męskiej), co oznacza siedemdziesiąt przebadanych mięśni piersiowych większych (35 prawych oraz 35 lewych). Wiek badanych płodów wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży. Płody były objęte programem donacji dla Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedry Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Pozwolenie na badanie udzieliła Komisja Bioetyczna działająca przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (numer zgody RNN/137/20/KE). Wiek badanych płodów został oszacowany na podstawie pomiaru długości ciemieniowo-siedzeniowej, tj. crown-rump length (CRL) [11], długości głowy oraz obwodu głowy i dostarczonej dokumentacji medycznej.

Pierwszym etapem sekcji anatomicznej było usunięcie skóry oraz tkanki podskórnej z okolic klatki piersiowej, jamy brzusznej, okolicy stawu ramiennego oraz przednio-przyśrodkowej strony ramienia, co umożliwiło uwidocznienie proksymalnych przyczepów wszystkich brzuśców mięśnia piersiowego większego.

Kolejnym krokiem było uwidocznienie wspólnego ścięgna wspomnianych brzuśców oraz jego dystalnego przyczepu znajdującego się na kości ramiennej. Następnie cała struktura mięśnia piersiowego większego została dokładnie oczyszczona, a jego morfologia oraz proksymalne przyczepy poszczególnych części zostały poddane analizie.

Podczas sekcji mięśnia piersiowego większego oceniono następujące cechy:

- morfologię mięśnia piersiowego większego,
- obecność dodatkowych części mięśnia piersiowego większego,
- potencjalny brak mięśnia piersiowego większego,
- pomiary morfometryczne mięśnia piersiowego większego.

Podczas sekcji anatomicznej mięśnia piersiowego większego należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ w tej okolicy mogą występować dodatkowe mięśnie klatki piersiowej.

Pomiary morfometryczne były wykonane dwukrotnie przez dwóch niezależnych badaczy, z dokładnością do 0,01 mm. Do ich uzyskania użyto elektronicznej suwmiarki (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). Do analizy statystycznej użyto średniej z pomiarów.

Ostatnim etapem badania było wykonanie fotografii każdego ze znalezionych typów mięśnia piersiowego większego.

3.3.3. Analiza statystyczna

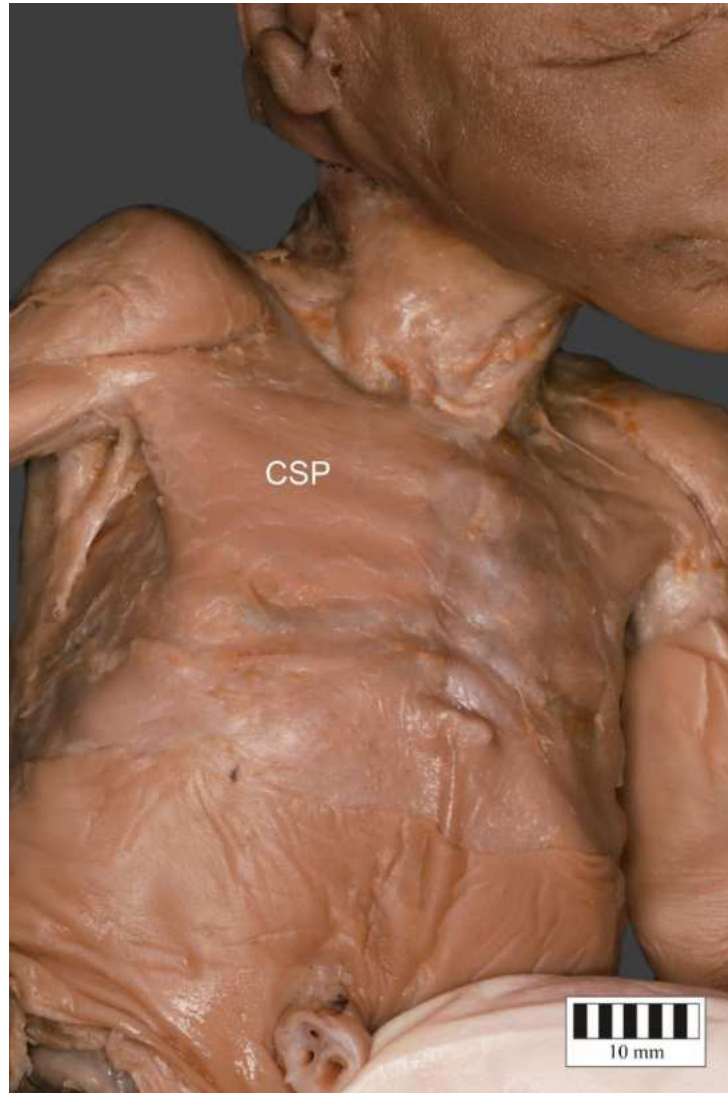
Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie Statistica 13 [TIBCO Software Inc. (2017)]. Analizę danych nominalnych przeprowadzono za pomocą testu χ^2 . Ponieważ dane ciągłe w podgrupach nie miały rozkładu normalnego, zastosowano testy nieparametryczne. Porównanie parametrów morfometrycznych między grupami przeprowadzono przy użyciu testu Kruskala-Wallisa, opartego na rangach z dedykowanym testem post hoc. Za istotny statystycznie uznano poziom $p < 0,05$, z korektą Bonferroni dla wielokrotnych porównań. Wyniki przedstawiono jako średnią i odchylenie standardowe, o ile nie zaznaczono inaczej.

3.3.4. Wyniki

Mięsień piersiowy większy był obecny obustronnie u wszystkich trzydziestu pięciu przebadanych płodów (100%). Po dokładnej sekcji anatomicznej została utworzona pierwsza na świecie klasyfikacja mięśnia piersiowego większego, oparta na wynikach badania przeprowadzonego wśród populacji ludzkich płodów. Biorąc pod uwagę liczbę części, z których składał się wspomniany mięsień, wyróżniono pięć typów wraz z podtypami.

- **Typ I**

Typ I charakteryzował się jednolitą częścią obojczykowo-mostkową. Przyczep proksymalny znajdował się na całym obojczyku lub jego przyśrodkowej części, oraz na przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (od pierwszego do szóstego żebra lub od pierwszego do siódmego żebra po tej samej stronie). Typ ten został zaobserwowany w 10% przypadków (3 żeńskie, 4 męskie, 4 lewe, 3 prawe; średni wiek płodów - 17,7 tygodnia). – Ryc. 1.

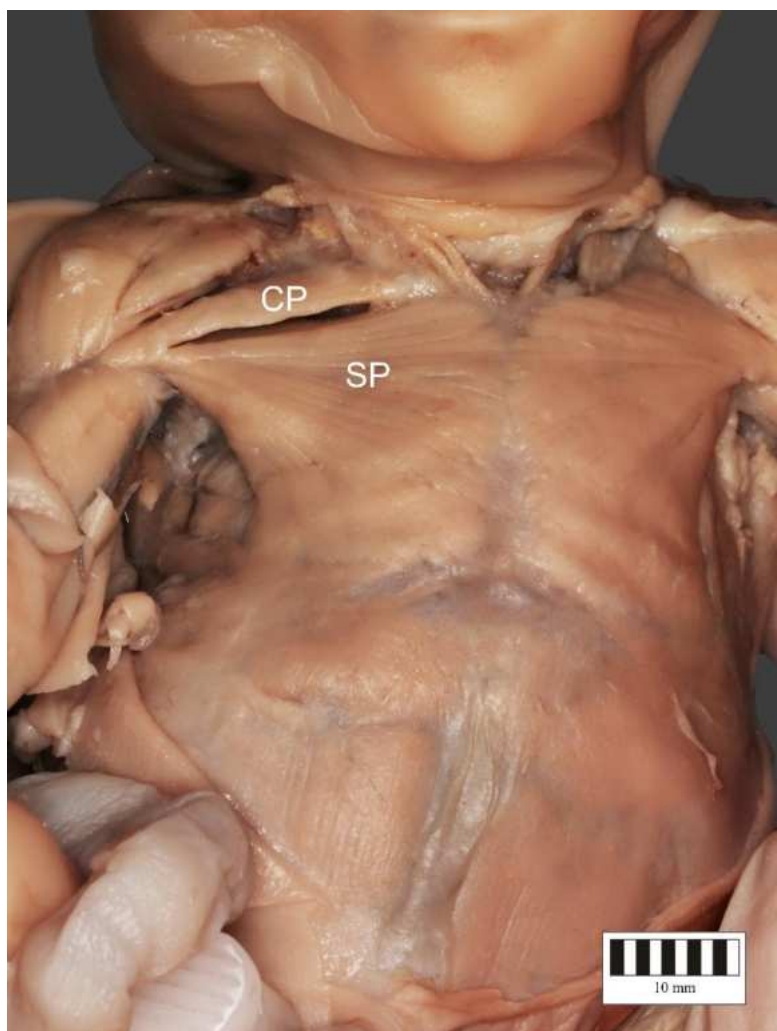


Rycina 1. Typ I mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CSP – część obojczykowo-mostkowa mięśnia piersiowego większego;

- **Typ II**

Typ II mięśnia piersiowego większego charakteryzował się obecnością dwóch części: obojczykowej, której przyczep proksymalny był zlokalizowany na przedniej powierzchni obojczyka, oraz mostkowo-żebrowej, której przyczep proksymalny znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (żebra od pierwszego do szóstego w czterech przypadkach, od pierwszego do siódmego w jednym, od drugiego do piątego w trzech, od drugiego do szóstego w osiemnastu przypadkach). Ten typ odnotowano w 37,1% przypadków (8 żeńskich, 18 męskich, 12 lewych, 14 prawych; średni wiek płodów - 17,2 tygodnia). – Ryc. 2.

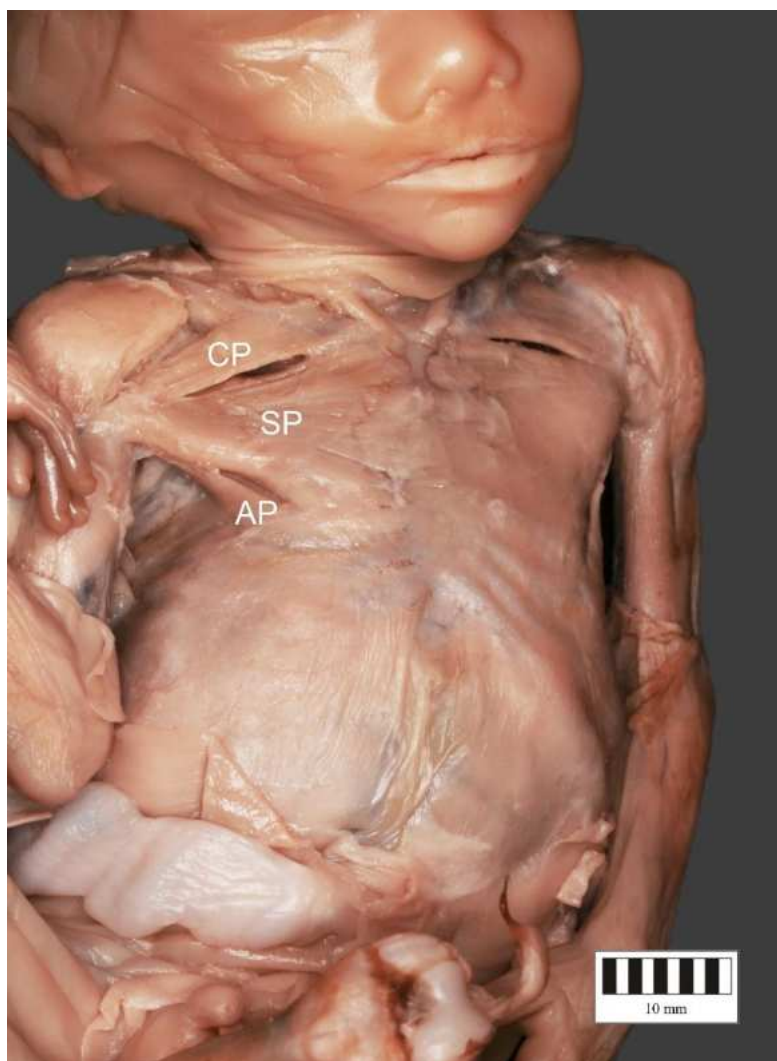


Rycina 2. Typ II mięśnia piersiowego większego na płodzie ludzkim – strona prawa.
Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; SP – część mostkowo-żebrowa;

- **Typ III**

W typie III mięśnia piersiowego większego zaobserwowano trzy części. Pierwsza z nich to część obojczykowa, której przyczep proksymalny był zlokalizowany na przedniej powierzchni obojczyka. Druga to część mostkowo-żebrowa, której początek znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (żebra od drugiego do piątego w siedmiu przypadkach, od drugiego do szóstego w dwunastu przypadkach, od drugiego do siódmego w trzech przypadkach). Z kolei trzecia to część brzuszna, posiadająca przyczep proksymalny na blaszce przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha. Typ ten wystąpił w 31,4% przypadków (13 żeńskich, 9 męskich, 12 lewych, 10 prawych; średni wiek płodów - 16,9 tygodnia). – Ryc. 3.



Rycina 3. Typ III mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

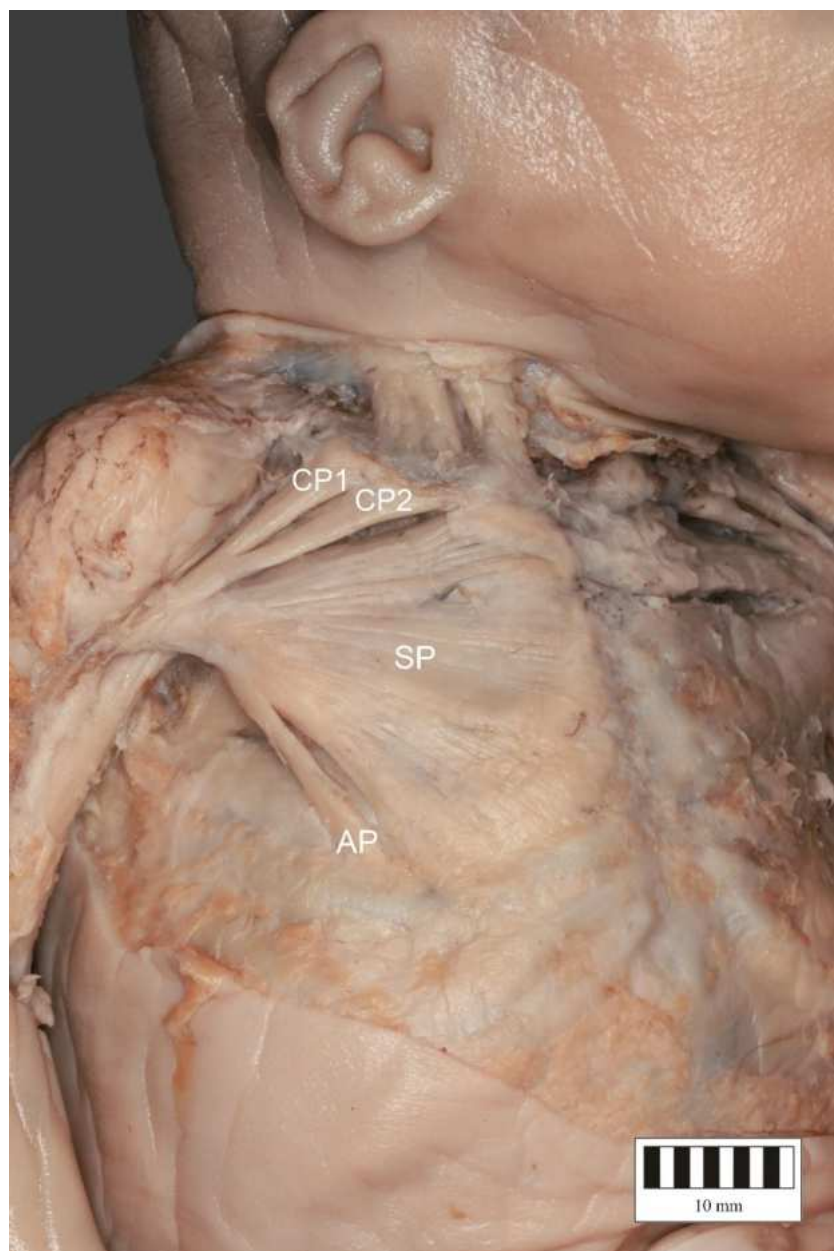
CP – część obojczykowa; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

- **Typ IV**

Typ IV mięśnia piersiowego większego charakteryzował się czterema częściami. Został podzielony na cztery podtypy w zależności od zmienności dodatkowych części tego mięśnia. Część mostkowo-żebrowa i brzuszna występowały we wszystkich przypadkach. Część mostkowo-żebrowa miała swój przyczep proksymalny zlokalizowany na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (żebra od drugiego do piątego w jednym przypadku, od drugiego do szóstego w siedmiu przypadkach, od trzeciego do szóstego w czterech przypadkach), natomiast część brzuszna miała przyczep proksymalny na blaszce przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha. Typ ten występował w 17,2% przypadków (9 żeńskich, 3 męskie, 5 lewych, 7 prawych; średni wiek płodów - 20,8 tygodnia).

- **Podtyp IVa**

Charakteryzował się dodatkową częścią obojczykową. Pierwsza część obojczykowa miała swój przyczep proksymalny na przedniej powierzchni obojczyka po stronie bocznej, z kolei druga część obojczykowa po stronie przyśrodkowej. Wspomniany podtyp wystąpił w 4,3% przypadków (1 żeński, 2 męskie, 1 lewy, 2 prawe). – Ryc. 4.

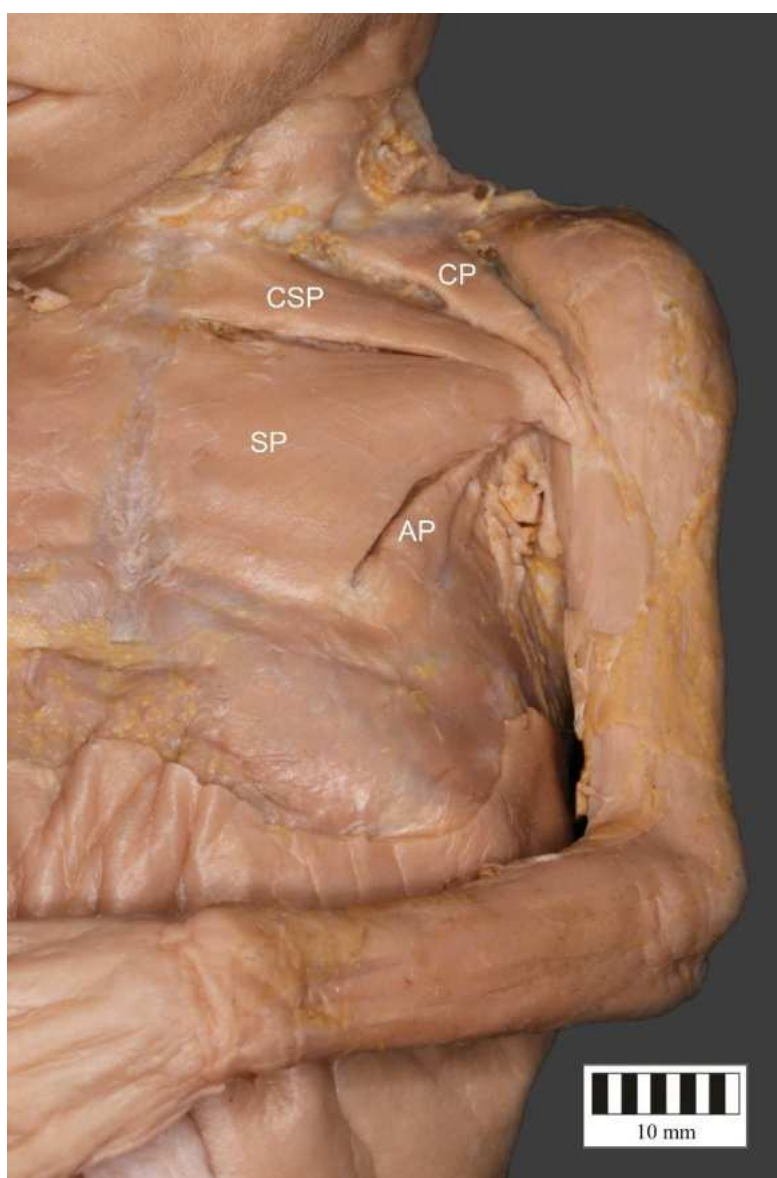


Rycina 4. Podtyp IVa mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CP1 – część obojczykowa nr 1; CP2 – część obojczykowa nr 2; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

○ Podtyp IVb

Podtyp IVb charakteryzował się dodatkową częścią obojczykowo-mostkową, której przyczep proksymalny zlokalizowany był na przyśrodkowej części obojczyka oraz ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra). Przyczep proksymalny części obojczykowej był standardowy i znajdował się na przedniej powierzchni obojczyka. Podtyp IVb został zaobserwowany w 8,6% przypadków (6 żeńskich, 0 męskich, 3 lewe, 3 prawe). – Ryc. 5.

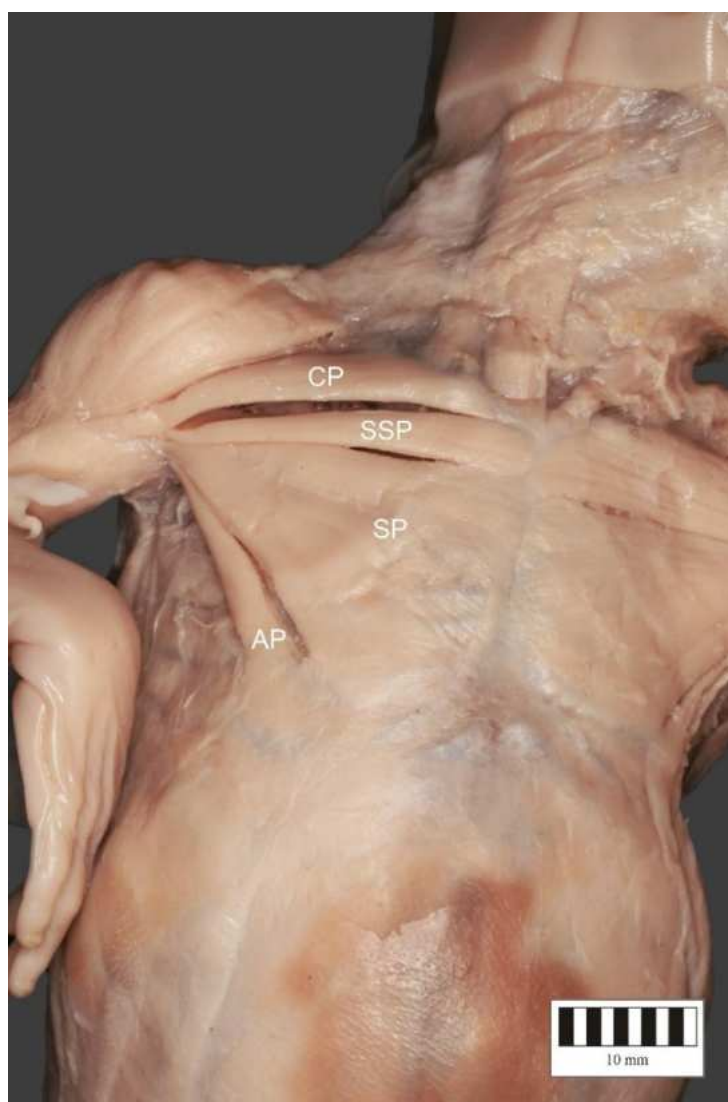


Rycina 5. Podtyp IVb mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; CSP – część obojczykowo-mostkowa; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

○ Podtyp IVc

Podtyp IVc charakteryzował się dodatkową częścią mostkowo-żebrową, zwaną „częścią mostkowo-żebrową górną”, która miała swój przyczep proksymalny na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstek żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra). Część obojczykowa miała swój przyczep proksymalny na przedniej powierzchni obojczyka i łączyła się z mięśniem mostkowo-obojczykowo-sutkowym. Podtyp ten występował w 1,4% przypadków (0 żeńskich, 1 męski, 0 lewych, 1 prawy) – Ryc. 6.

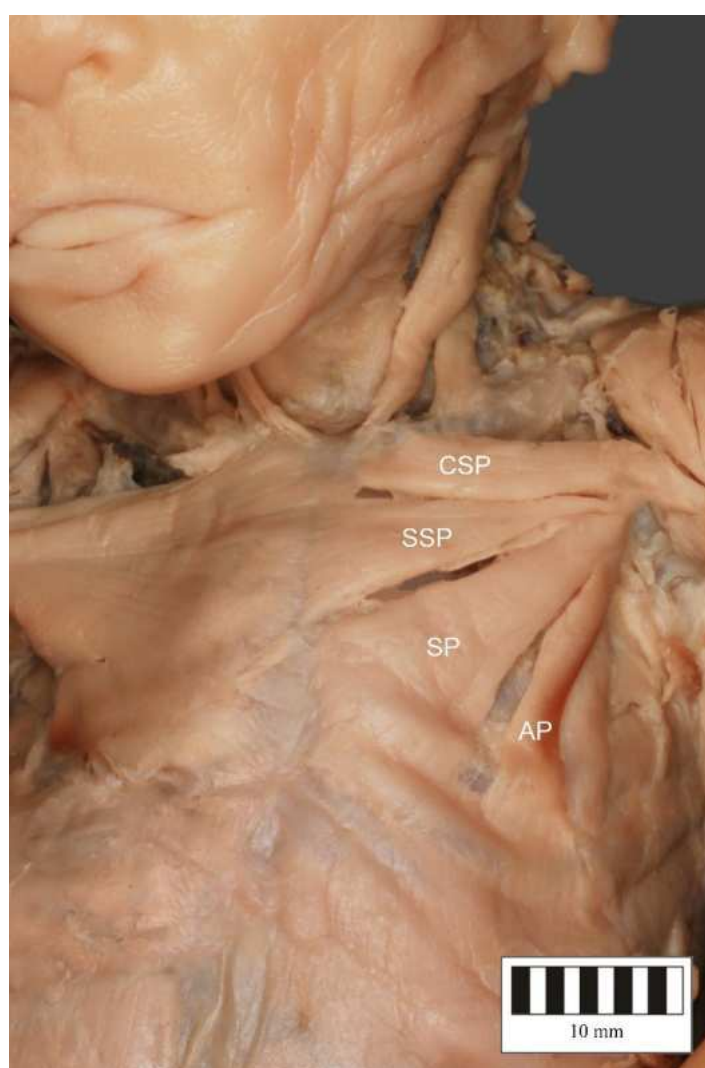


Rycina 6. Podtyp IVc mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; SSP – część mostkowo-żebrowa górną; SP – część mostkowo-żebrową; AP – część brzuszna;

○ **Podtyp IVd**

Podtyp IVd charakteryzował się dwiema dodatkowymi częściami: jedną obojczykowo-mostkową (posiadającą swój przyczep proksymalny na przyśrodkowej części obojczyka, ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i pierwszej chrząstce żebrowej) oraz jedną częścią mostkowo-żebrową górną (posiadającą swój przyczep proksymalny na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych od drugiego do trzeciego żebra). Część obojczykowa była nieobecna. Podtyp ten występował w 2,9% przypadków (2 żeńskie, 0 męskich, 1 lewy, 1 prawy). – Ryc. 7.



Rycina 7. Podtyp IVd mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

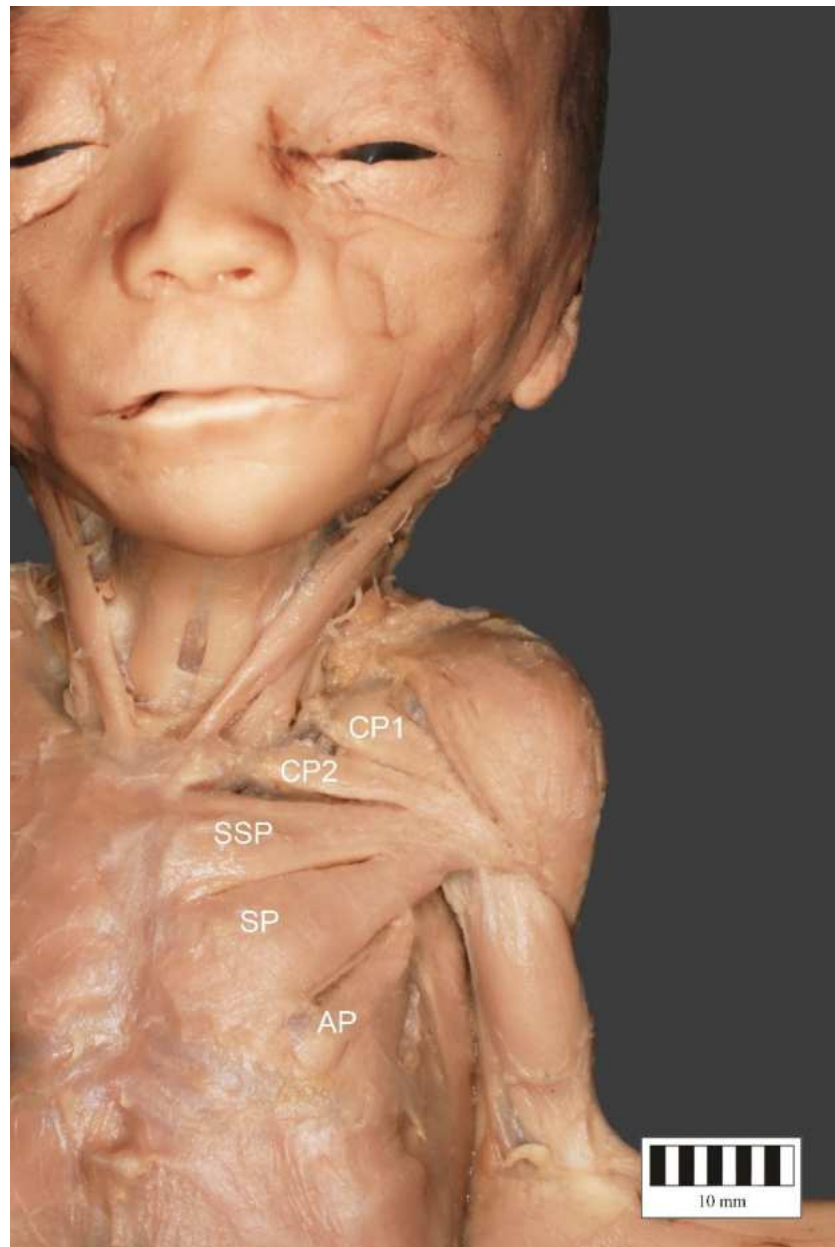
CSP – część obojczykowo-mostkowa; SSP – część mostkowo-żebrową górną; SP – część mostkowo-żebrową; AP – część brzuszna;

- **TYP V**

Typ V charakteryzował się pięcioma częściami mięśnia piersiowego większego (w tym dwie uznano za dodatkowe). We wszystkich przypadkach występowała część obojczykowa (której przyczep proksymalny znajdował się na bocznej części przedniej powierzchni obojczyka), dodatkowa część obojczykowa (której przyczep proksymalny znajdował się na przyśrodkowej części przedniej powierzchni obojczyka), część mostkowo-żebrowa (z przyczepem proksymalnym zlokalizowanym na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych od trzeciego do szóstego żebra) oraz część brzuszna (której przyczep proksymalny znajdował się na blaszce przedniej pochewki mięśnia prostego brzucha). Typ V wystąpił w 4,3% przypadków (1 żeński, 2 męskie, 2 lewe, 1 prawy; średni wiek płodów - 19,7 tygodnia). Typ V został podzielony na dwa podtypy w zależności od zmienności drugiej dodatkowej części mięśnia piersiowego większego.

- **Podtyp Va**

W podtypie Va druga dodatkowa część była reprezentowana przez część mostkowo-żebrową górną, której przyczep proksymalny znajdował się na ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra). Podtyp Va wystąpił w 2,9% przypadków (0 żeńskich, 2 męskie, 1 lewy, 1 prawy). – Ryc. 8.

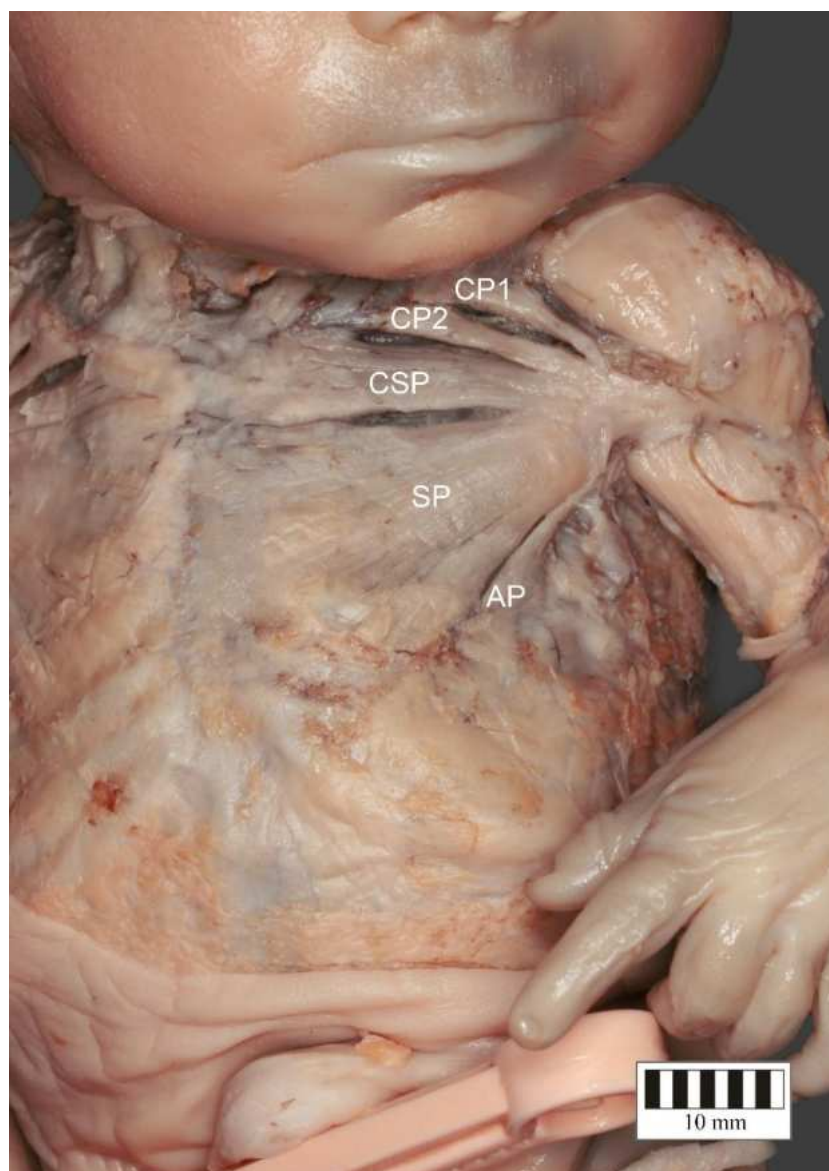


Rycina 8. Podtyp Va mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

CP1 – część obojczykowa nr 1; CP2 – część obojczykowa nr 2; SSP – część mostkowo-żebrowa górna; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

○ Podtyp Vb

W podtypie Vb druga dodatkowa część była reprezentowana przez część obojczykowo-mostkową, której przyczep proksymalny znajdował się na przyśrodkowej części obojczyka, ipsilateralnej połowie przedniej powierzchni mostka i chrząstkach żebrowych (od pierwszego do drugiego żebra). Podtyp Vb wystąpił w 1,4% przypadków (1 żeński, 0 męskich, 1 lewy, 0 prawych). – Ryc. 9.



Rycina 9. Podtyp Vb mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie

CP1 – część obojczykowa nr 1; CP2 – część obojczykowa nr 2; CSP – część obojczykowo-mostkowa; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Tabela 1. Porównanie pomiarów standardowych części mięśnia piersiowego większego w poszczególnych typach klasyfikacji opracowanej na ludzkich płodach

ZMIENNA	TYP 1 [mm] (OS)	TYP 2 [mm] (OS)	TYP 3 [mm] (OS)	TYP 4 [mm] (OS)	TYP 5 [mm] (OS)	P
CRL	152,01 (31,94)	150,02 (45,77)	147,48 (23,92)	173,66 (19,87)	165,16 (19,62)	0,0062
CZĘŚĆ OBOJCZYKOWA SZEROKOŚĆ PP		5,05 (1,19)	5,25 (2,15)	6,71 (2,55)	2,69 (0,80)	0,0263
CZĘŚĆ OBOJCZYKOWA GRUBOŚĆ PP		0,88 (0,47)	0,70 (0,30)	1,05 (0,28)	0,90 (0,79)	0,0670
CZĘŚĆ OBOJCZYKOWA DŁUGOŚĆ		18,78 (7,42)	16,63 (5,19)	17,91 (3,45)	12,15 (3,02)	0,1984
CZĘŚĆ MOSTKOWO-ŻEBROWA SZEROKOŚĆ PP		21,49 (9,41)	17,64 (2,82)	20,08 (3,78)	13,98 (2,52)	0,0198
CZĘŚĆ MOSTKOWA-ŻEBROWA GRUBOŚĆ PP		0,78 (0,57)	0,64 (0,28)	1,11 (0,42)	0,84 (0,37)	0,0164
CZĘŚĆ MOSTKOWO-ŻEBROWA DŁUGOŚĆ		27,81 (8,21)	25,69 (4,99)	30,98 (3,64)	23,89 (5,30)	0,0140
CZĘŚĆ BRZUSZNA SZEROKOŚĆ PP			1,80 (0,92)	2,75 (1,39)	1,59 (1,73)	0,1129
CZĘŚĆ BRZUSZNA GRUBOŚĆ PP			0,36 (0,24)	0,56 (0,37)	0,36 (0,45)	0,0637
CZĘŚĆ BRZUSZNA DŁUGOŚĆ			17,89 (3,70)	20,58 (2,02)	14,57 (3,79)	0,0123
MJ SZEROKOŚĆ PD	1,87 (1,02)	2,34 (0,48)	1,99 (0,44)	2,86 (0,79)	2,36 (0,20)	0,0042
MJ GRUBOŚĆ PD	0,96 (0,50)	0,78 (0,39)	0,88 (0,92)	1,07 (0,36)	1,17 (0,68)	0,1110

Istotny poziom p zgodnie z korektą Bonferroniego wynosił 0,0042.

CRL – długość ciemieniowo-siedzeniowa

MJ- połączenie pomiędzy częścią mięśniową a częścią ścięgnistą

OS – odchylenie standardowe

P – wartość P

PD – przyczep dystalny

PP – przyczep proksymalny

Komentarz do tabeli: Wszystkie pomiary zostały przedstawione w milimetrach [mm]. Poniżej każdego pomiaru w nawiasie zamieszczone zostały wartości odchyień standardowych. W tabeli przedstawiono porównanie pomiarów trzech standardowych części mięśnia piersiowego większego: obojczykowej, mostkowo-żebrowej i brzusznej. W przypadku typu I ze względu na obecność jednolitej części obojczykowo-mostkowej, indywidualne pomiary dla wymienionych trzech głównych części nie zostały uwzględnione. Analogicznie w typie II, w którym nie występowała część brzuszna, jej

pomiary również nie zostały wpisane. Typ IV obejmował wszystkie analizowane przypadki, przy czym w Typie IVd odnotowano brak części obojczykowej.

Nie zaobserwowano istotnych różnic w częstości występowania w zależności od strony ciała ($p = 0,1169$), jednak stwierdzono istotne różnice pod względem płci ($p = 0,0001$). Ponadto typy II i III były obserwowane istotnie częściej u młodszych płodów niż typ IV (test F-Omnibus, $p = 0,0256$).

3.3.5. Wnioski

Jest to pierwsza systematyczna klasyfikacja mięśnia piersiowego większego oparta na badaniach na ludzkich płodach. Mięsień piersiowy większy był obecny obustronnie u wszystkich trzydziestu pięciu przebadanych płodów (100%). Wykazuje on zmienność morfologiczną ze względu na liczbę części, a także ich przyczep proksymalny.

Najczęstszym typem był mięsień piersiowy większy podzielony na dwie odrębne części – obojczykową i mostkowo-żebrową, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami, które również wyróżniały jedynie część obojczykową i mostkowo-żebrową. Drugim pod względem częstości występowania był mięsień piersiowy większy podzielony na trzy części, co potwierdza trafność podziału tego mięśnia na dwie lub trzy części stosowanego przez różnych autorów.

Podczas badania nie zaobserwowano istotnych różnic w częstości występowania poszczególnych typów w zależności od strony ciała ($p = 0,1169$), jednak stwierdzono istotne różnice pod względem płci ($p = 0,0001$). Ponadto typy II i III występowały istotnie częściej u młodszych płodów niż typ IV.

Dalsze badania, zarówno anatomiczne, jak i obrazowe, są niezbędne do weryfikacji nowej klasyfikacji w populacji dorosłych oraz stanowią istotną podstawę dla analiz porównawczych i badań ewolucyjnych. Dodatkowo, badania wykorzystujące rezonans magnetyczny (MRI) lub ultrasonografię (USG) będą konieczne, aby potwierdzić, czy wszystkie typy opisane w niniejszym badaniu mogą być wykryte u pacjentów za pomocą dostępnych technik obrazowych.

3.4. *Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses.*

Nicol Zielinska, Janusz Moryś, Friedrich Paulsen, Krzysztof Koptas, George Triantafyllou, Maria Piagkou, Łukasz Olewnik

Annals of Anatomy, 2024

DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152264

Impact Factor: 2,0; MNIŚW: 100

3.4.1. Wstęp

Mięsień piersiowy mniejszy jest jednym z dodatkowych mięśni oddechowych, zlokalizowanym na przedniej ścianie klatki piersiowej. Zwykle składa się z jednego brzośca, którego przyczep proksymalny znajduje się na żebrach od trzeciego do piątego, w pobliżu chrząstek żebrowych, a przyczep końcowy - na przedniej połowie brzegu przyśrodkowego oraz górnej powierzchni wyrostka kruczego łopatki, w sąsiedztwie przyczepów proksymalnych głowy krótkiej mięśnia dwugłowego ramienia oraz mięśnia kruczo-ramiennego [1].

Mięsień piersiowy mniejszy może mieć istotne znaczenie kliniczne, zwłaszcza ze względu na swoje położenie w pobliżu naczyń krwionośnych pachowych i splotu ramiennego. Ta anatomiczna zależność może prowadzić do ucisku struktur nerwowo-naczyniowych, co określane jest jako zespół mięśnia piersiowego mniejszego [8,9]. Ze względu na swoje położenie i funkcję, mięsień piersiowy mniejszy jest często wykorzystywany w procedurach rekonstrukcyjnych, zwłaszcza w chirurgii ortopedycznej i plastycznej. Może być stosowany jako przeszczep mięśniowy w rekonstrukcji stawu barkowo-obojęzycznego, defektów ściany klatki piersiowej i ramienia oraz pourazowych ubytków tkanek miękkich [1].

Pomimo znacznej zmienności morfologicznej mięśnia piersiowego mniejszego, dotychczas nie opracowano jednolitej klasyfikacji jego wariantów. Ze względu na możliwe powiązania tych różnic z procesami rozwoju embrionalnego, niniejsze badanie koncentruje się na analizie zmienności morfologicznej mięśnia piersiowego mniejszego na ludzkich płodach. Celem badania jest opracowanie nowego systemu klasyfikacji tego

mięśnia oraz identyfikacja czynników warunkujących jego morfologiczną heterogeniczność.

3.4.2. Materiały i metody

Badanie zostało przeprowadzone na dwudziestu pięciu ludzkich płodach (12 płci żeńskiej oraz 13 płci męskiej), co oznacza pięćdziesiąt przebadanych mięśni piersiowych mniejszych (25 prawych oraz 25 lewych). Wiek badanych płodów wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży. Płody były objęte programem donacji dla Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedry Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Pozwolenie na badanie udzieliła Komisja Bioetyczna działająca przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (numer zgody: RNN/137/20/KE). Wiek badanych płodów został oszacowany na podstawie pomiaru długości ciemieniowo-siedzeniowej tj. crown-rump length (CRL) [11], długości głowy oraz obwodu głowy, a także dostarczonej dokumentacji medycznej.

Pierwszym etapem sekcji anatomicznej było usunięcie skóry oraz tkanki podskórnej z okolic klatki piersiowej, jamy brzusznej, okolicy stawu ramiennego oraz przednio-przyśrodkowej strony ramienia. W kolejnym etapie niezbędne było usunięcie mięśnia piersiowego większego oraz uwidocznienie przyczepu dystalnego mięśnia piersiowego mniejszego znajdującego się na wyrostku kruczym. Następnie cała struktura mięśnia piersiowego mniejszego została dokładnie oczyszczona, a jego morfologia oraz przyczepy proksymalne i dystalne zostały poddane analizie.

Podczas sekcji mięśnia piersiowego mniejszego oceniono następujące cechy:

- morfologię mięśnia piersiowego mniejszego,
- obecność dodatkowych brzuśców mięśnia piersiowego mniejszego,
- potencjalny brak mięśnia piersiowego mniejszego,
- pomiary morfometryczne brzuśców mięśnia piersiowego mniejszego,
- pomiary morfometryczne ścięgna mięśnia piersiowego mniejszego.

Podczas preparowania mięśnia piersiowego mniejszego należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ w tej okolicy mogą występować dodatkowe mięśnie klatki piersiowej.

Pomiary morfometryczne były wykonane dwukrotnie przez dwóch niezależnych badaczy, z dokładnością do 0,01 mm. Do ich uzyskania użyto elektronicznej suwmiarki (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). Do analizy statystycznej użyto średniej z pomiarów.

Ostatnim etapem badania było wykonanie fotografii każdego ze znalezionych typów mięśnia piersiowego mniejszego.

3.4.3. Analiza statystyczna

Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie Statistica 13 [TIBCO Software Inc. (2017)]. Analizę danych nominalnych przeprowadzono za pomocą testu Chi². Ponieważ dane ciągłe w podgrupach nie miały rozkładu normalnego, zastosowano testy nieparametryczne. Porównanie parametrów morfometrycznych między grupami przeprowadzono przy użyciu testu Kruskala-Wallisa, opartego na rangach, z dedykowanym testem post hoc. Za istotny statystycznie uznano poziom $p < 0,05$, z korektą Bonferroniego dla wielokrotnych porównań. Wyniki przedstawiono jako średnią i odchylenie standardowe, o ile nie zaznaczono inaczej.

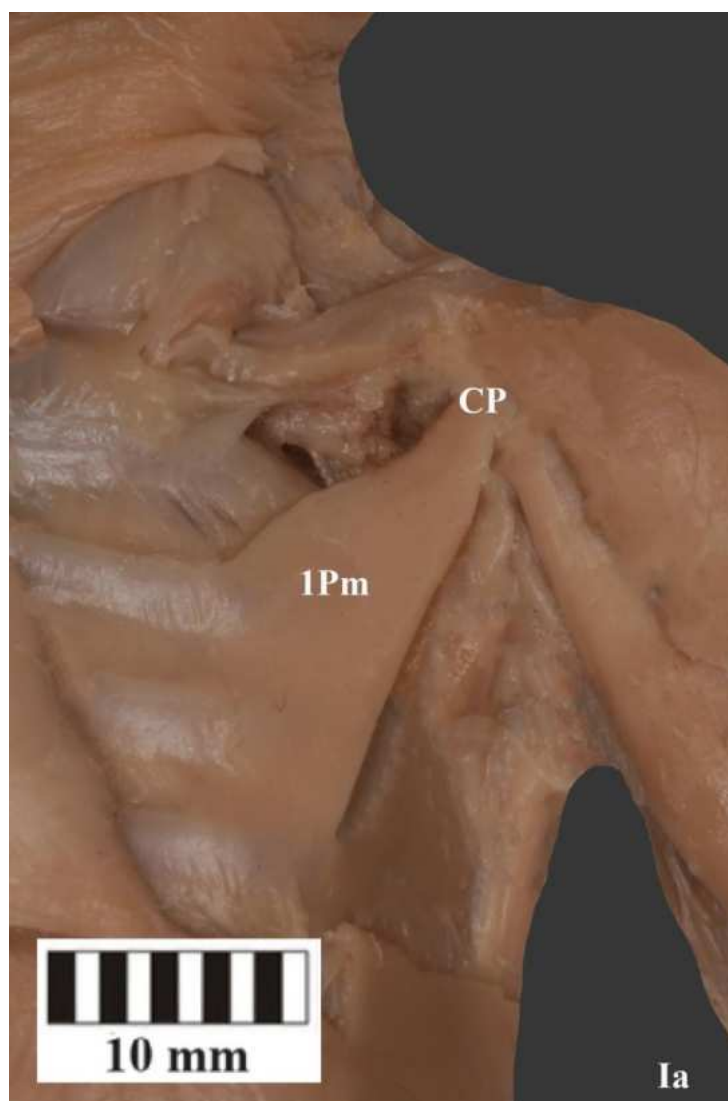
3.4.4. Wyniki

Mięsień piersiowy mniejszy był obecny obustronnie u wszystkich dwudziestu pięciu przebadanych płodów (100%). Po dokładnej sekcji anatomicznej została utworzona pierwsza na świecie klasyfikacja mięśnia piersiowego mniejszego, oparta na wynikach badania przeprowadzonego w populacji ludzkich płodów. Biorąc pod uwagę liczbę części, z których składał się wspomniany mięsień, wyróżniono trzy typy wraz z podtypami:

- **Typ I**

Typ I mięśnia piersiowego mniejszego charakteryzował się jednym brzuścem mięśniowym i wystąpił w 66% przypadków. Typ I został podzielony na dwa podtypy (Ia i Ib).

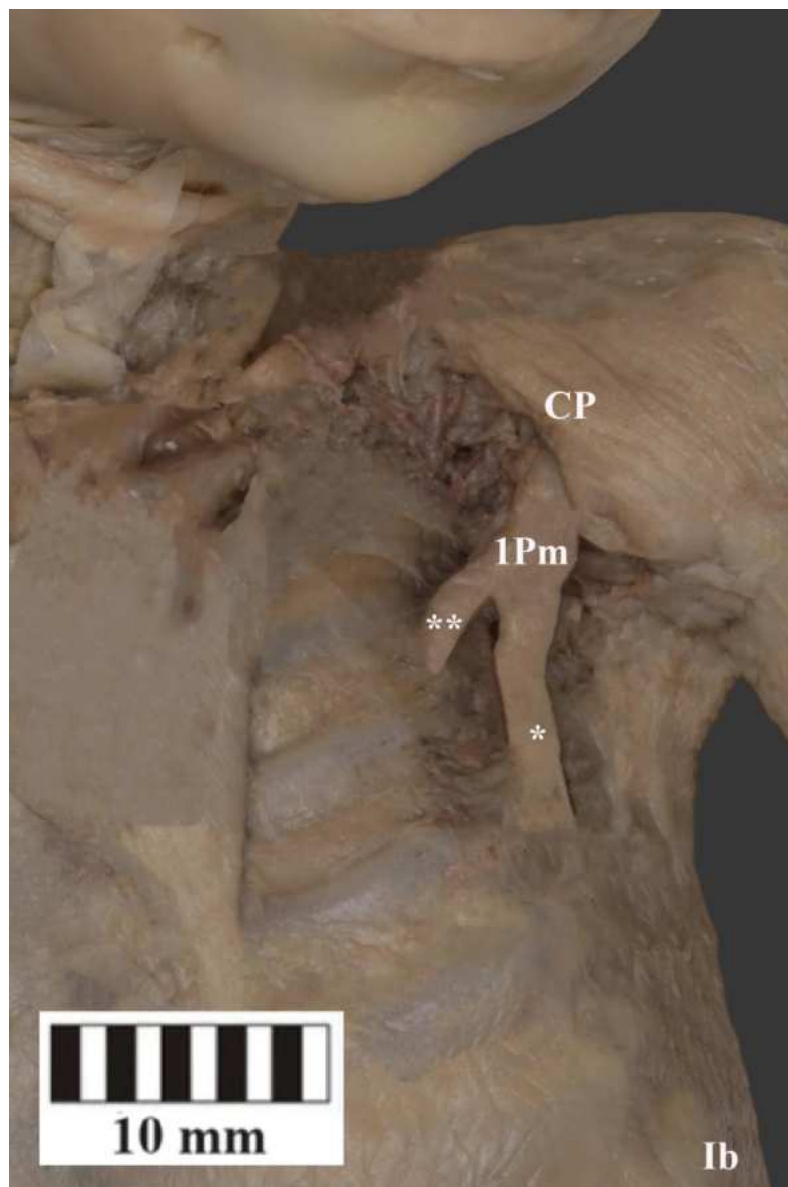
- **Podtyp Ia** (58%) - charakteryzował się brzuścem o zmiennym przyczepie proksymalnym na żebrach: od trzeciego do piątego, od drugiego do piątego, od drugiego do czwartego lub od trzeciego do czwartego. Przyczep dystalny zlokalizowany był na wyrostku kruczym łopatki. – Ryc. 10.



Rycina 10. Podtyp Ia mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pojedynczy brzusec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruchy łopatki;

- **Podtyp Ib (8%)** - charakteryzował się jednym brzuścem mięśniowym powstałym w wyniku połączenia dwóch struktur mięśniowych, które przyczepiały się proksymalnie do drugiego i trzeciego żebra lub tylko do trzeciego żebra. Z kolei przyczep dystalny zlokalizowany był na wyrostku kruczym łopatki. – Ryc. 11.

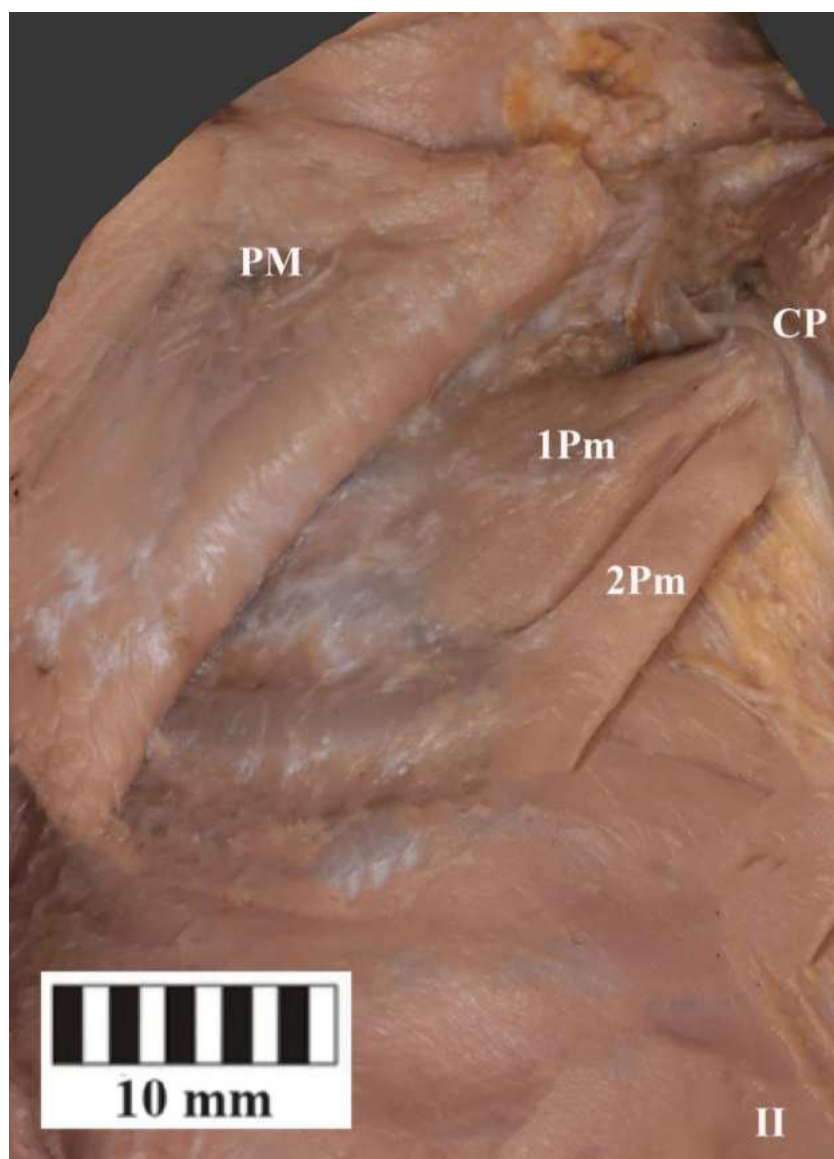


Rycina 11. Podtyp Ib mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruchy łopatki; *-pierwsza struktura mięśniowa tworząca pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; **-druga struktura mięśniowa tworząca pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego;

- **Typ II**

Typ II charakteryzował się dwoma brzuściami i był obecny w 24% badanych przypadków. Przyczep proksymalny pierwszego brzuśca znajdował się na drugim żebrze lub jednocześnie na drugim i trzecim żebrze. Z kolei przyczep proksymalny drugiego brzuśca był zmienny i pochodził z trzeciego żebra, czwartego żebra, jednocześnie z trzeciego i czwartego żebra lub z czwartego i piątego żebra. Przyczep dystalny znajdował się na wyrostku kruczym łopatki. – Ryc. 12.



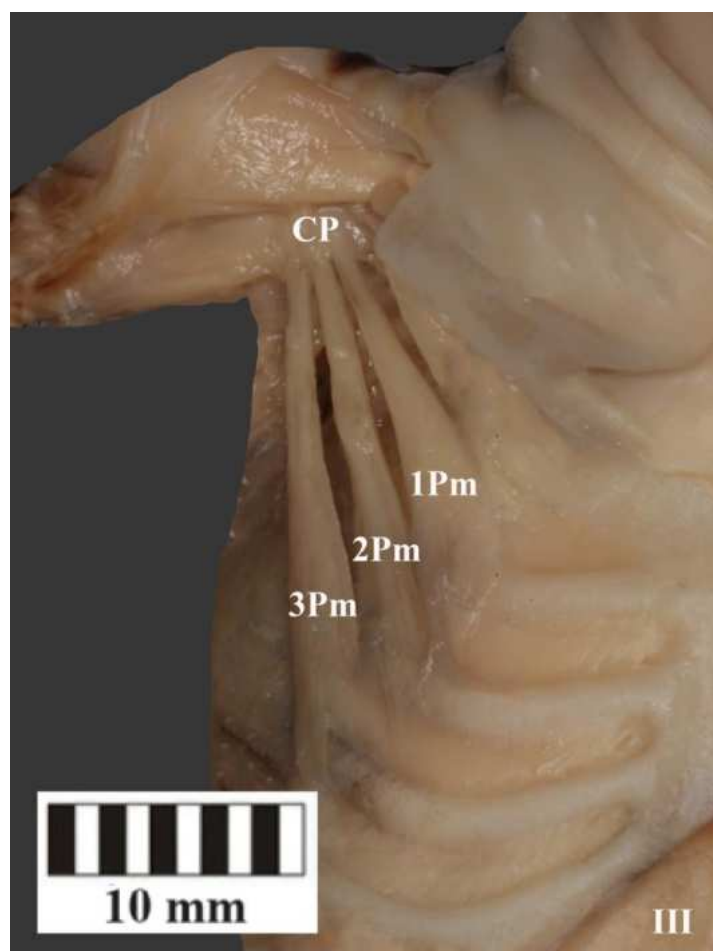
Rycina 12. Typ II mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim -strona lewa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pierwszy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 2Pm – drugi brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruczy; PM – mięsień piersiowy większy;

- **Typ III**

Typ III charakteryzował się trzema brzuscami i występował w 10% badanych przypadków. Pierwszy brzusiec przyczepiał się proksymalnie do drugiego lub trzeciego żebra. Drugi brzusiec miał swój przyczep proksymalny na dolnej części drugiego żebra, powierzchni mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i górnej części trzeciego żebra, lub na powierzchni mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i górnej części czwartego żebra, lub na dolnej części trzeciego żebra, powierzchni mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i górnej części czwartego żebra. Brzusiec trzeci przyczepiał się proksymalnie do trzeciego lub czwartego żebra. Przyczep dystalny zlokalizowany był na wyrostku kruczym łopatki.

– Ryc. 13.



Rycina 13. Typ III mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim -strona prawa. Zdjęcia autorskie.

1Pm – pierwszy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 2Pm – drugi brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 3Pm – trzeci brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego
 CP – wyrostek kruczy łopatki;

Tabela 2. Zbiorcza tabela częstości występowania poszczególnych typów mięśnia piersiowego mniejszego u ludzkich płodów z podziałem według płci i strony ciała

	Podtyp Ia	Podtyp Ib	Typ II	Typ III	Suma
Żeńskie	15	2	5	2	24
%	68,18%	9,09%	13,64%	9,09%	
Męskie	14	2	7	3	26
%	53,85%	7,69%	26,92%	11,54%	
Suma	29	4	12	5	50
Lewe	14	2	7	2	25
%	56,00%	8,00%	28,00%	8,00%	
Prawe	15	2	5	3	25
%	60,00%	8,00%	20,00%	12,00%	
Suma	29	4	12	5	50

Tabela 3. Porównanie pomiarów poszczególnych typów mięśnia piersiowego mniejszego w oparciu o klasyfikację stworzoną na ludzkich płodach.

	MĘSKIE [mm] (OS)	ŻEŃSKIE [mm] (OS)	P
TYP I – podtyp Ia			
PP SZEROKOŚĆ	4,70 (1,51)	6,00 (1,10)	0,0078
PP GRUBOŚĆ	0,61 (0,47)	0,63 (0,34)	0,4715
MB DŁUGOŚĆ	12,48 (3,67)	14,22 (2,47)	0,0471
MJ SZEROKOŚĆ	2,45 (0,95)	3,26 (0,97)	0,0382
MJ GRUBOŚĆ	0,60 (0,21)	0,70 (0,23)	0,2565
ŚCIĘGNO SZEROKOŚĆ	3,21 (0,78)	3,38 (0,89)	0,7270
PD SZEROKOŚĆ	2,15 (0,87)	2,48 (1,08)	0,4450
PD GRUBOŚĆ	0,49 (0,24)	0,43 (0,15)	0,7767

TYP I – podtyp Ib

PP SZEROKOŚĆ 1. MS	4,48 (5,82)	1,66 (1,17)	0,0069
PP GRUBOŚĆ 1. MS	0,63 (0,60)	0,44 (0,33)	0,8997
DŁUGOŚĆ 1. MS	12,07 (13,95)	3,61 (2,43)	0,0166
PP SZEROKOŚĆ 2. MS	2,48 (3,34)	0,91 (0,96)	0,0150
PP GRUBOŚĆ 2. MS	0,59 (0,72)	0,19 (0,23)	0,1130
DŁUGOŚĆ 2. MS	3,32 (3,33)	1,02 (0,85)	0,8571
MJ SZEROKOŚĆ	2,11 (2,47)	0,83 (1,01)	0,3398
MJ GRUBOŚĆ	0,48 (0,43)	0,23 (0,14)	0,7322
ŚCIEGNO SZEROKOŚĆ	2,83 (3,25)	1,53 (1,16)	0,6985
PD SZEROKOŚĆ	0,46 (0,45)	0,08 (0,35)	0,6985
PD GRUBOŚĆ	13,18 (14,66)	4,78 (0,59)	0,6985

TYP II

PP SZEROKOŚĆ 1Pm	3,50 (0,92)	2,77 (1,60)	0,4941
PP GRUBOŚĆ 1Pm	0,47 (0,14)	0,34 (0,10)	0,1715
DŁUGOŚĆ 1Pm	8,98 (3,16)	6,79 (1,07)	0,3051
MJ SZEROKOŚĆ 1Pm	2,09 (0,47)	1,95 (0,40)	0,9093
MJ GRUBOŚĆ 1Pm	0,47 (0,19)	0,53 (0,24)	1,0000
ŚCIEGNO SZEROKOŚĆ 1Pm	3,23 (0,93)	3,00 (0,18)	0,6485
PD SZEROKOŚĆ 1Pm	1,69 (0,75)	1,60 (0,27)	0,8197
PD GRUBOŚĆ 1Pm	0,42 (0,18)	0,39 (0,06)	0,8197
PP SZEROKOŚĆ 2Pm	3,82 (1,75)	1,94 (0,48)	0,1106
PP GRUBOŚĆ 2Pm	0,63 (0,26)	0,43 (0,03)	0,8197
DŁUGOŚĆ 2Pm	10,18 (3,32)	9,74 (4,79)	0,6485
MJ SZEROKOŚĆ 2Pm	1,83 (0,59)	1,57 (0,53)	0,9093
MJ GRUBOŚĆ 2Pm	0,44 (0,18)	0,40 (0,12)	0,6485
ŚCIEGNO SZEROKOŚĆ 2Pm	3,40 (0,79)	3,12 (0,63)	0,5688
PD SZEROKOŚĆ 2Pm	1,66 (0,76)	1,80 (0,36)	0,8197
PD GRUBOŚĆ 2Pm	0,42 (0,19)	0,36 (0,18)	0,0682

TYP III

PP SZEROKOŚĆ 1Pm	1,92 (1,48)	0,53 (0,23)	0,7728
PP GRUBOŚĆ 1Pm	0,42 (0,39)	0,09 (0,11)	0,7728
DŁUGOŚĆ 1Pm	8,55 (8,39)	3,37 (3,75)	0,7728
MJ SZEROKOŚĆ 1Pm	1,38 (0,67)	0,35 (0,08)	0,3865
MJ GRUBOŚĆ 1Pm	0,60 (0,26)	0,48 (0,10)	0,7728
ŚCIEGNO SZEROKOŚĆ 1Pm	2,34 (2,14)	0,46 (0,23)	0,7728
PD SZEROKOŚĆ 1Pm	1,00 (0,73)	0,41 (0,16)	0,1489
PD GRUBOŚĆ 1Pm	0,26 (0,07)	0,25 (0,03)	0,1489
PP SZEROKOŚĆ 2Pm	1,21 (1,80)	0,46 (0,46)	0,7728
PP GRUBOŚĆ 2Pm	0,21 (0,38)	0,19 (0,04)	0,7728
DŁUGOŚĆ 2Pm	8,93 (6,97)	2,72 (1,48)	0,1489
MJ SZEROKOŚĆ 2Pm	1,38 (0,64)	0,24 (0,29)	0,7728
MJ GRUBOŚĆ 2Pm	1,17 (0,19)	1,54 (0,23)	0,7728
ŚCIEGNO SZEROKOŚĆ 2Pm	3,67 (3,68)	0,43 (2,13)	0,7728
PD SZEROKOŚĆ 2Pm	1,10 (1,09)	0,30 (0,47)	1,0000
PD GRUBOŚĆ 2Pm	0,25 (0,22)	0,09 (0,16)	0,3865
PP SZEROKOŚĆ 3Pm	3,14 (3,12)	1,22 (0,69)	0,7728
PP GRUBOŚĆ 3Pm	0,48 (0,70)	0,03 (0,05)	0,1489

DŁUGOŚĆ 3Pm	13,23 (8,72)	4,83 (2,38)	0,3865
MJ SZEROKOŚĆ 3Pm	1,40 (2,03)	0,67 (0,75)	0,7728
MJ GRUBOŚĆ 3Pm	0,35 (0,91)	0,21 (0,38)	0,1489
ŚCIĘGNO SZEROKOŚĆ 3Pm	3,14 (3,75)	0,20 (0,48)	0,1489
PD SZEROKOŚĆ 3Pm	1,19 (1,80)	0,15 (0,83)	0,7728
PD GRUBOŚĆ 3Pm	0,23 (0,36)	0,17 (0,11)	0,3865

1Pm - pierwszy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego

2Pm - drugi brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego

3Pm - trzeci brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego

MJ - miejsce połączenia brzuśca mięśniowego ze strukturą ścięgnistą

MS - struktura mięśniowa tworząca wspólnie brzusiec mięśniowy

OS - odchylenie standardowe

p- wartość p

PD – przyczep dystalny

PP – przyczep proksymalny

Komentarz do tabeli: Wszystkie pomiary zostały przedstawione w milimetrach [mm]. Poniżej każdego pomiaru w nawiasie zamieszczone zostały wartości odchyłeń standardowych.

3.4.5. Wnioski

Mięsień piersiowy mniejszy wykazuje znaczną zmienność morfologiczną, zarówno pod względem liczby brzuśców, jak i przebiegu oraz lokalizacji przyczepów proksymalnych. Wśród badanych płodów najczęściej występował typ I, charakteryzujący się pojedynczym brzuścem.

Warto podkreślić, że tego rodzaju zmienność morfologiczna może mieć istotne implikacje kliniczne - zwłaszcza w kontekście zespołów uciskowych splotu ramiennego oraz indywidualnych różnic anatomicznych, wpływających na procedury chirurgiczne i rehabilitacyjne.

Nicol Zielinska, Marta Pośnik, Krzysztof Koptas, George Triantafyllou, Janusz Moryś, Łukasz Olewnik

Folia Morphologica, 2024

DOI: 10.5603/fm.99982

Impact Factor: 1,2; MNiSW: 70

3.5.1. Wstęp

Przednią ścianę klatki piersiowej tworzą mięsień piersiowy większy i mięsień piersiowy mniejszy [1]. Z perspektywy embriologicznej oba te mięśnie wywodzą się ze wspólnej masy mięśniowej, dlatego wszelkie zaburzenia w procesie ich różnicowania mogą skutkować powstaniem dodatkowych lub nietypowych struktur w tym regionie [3,4,16].

Mięśnie dodatkowe w obrębie klatki piersiowej wykazują dużą zmienność morfologiczną. Do najczęściej obserwowanych należą: mięsień mostkowy, mięsień „axillary arch”, mięsień „pectoralis quartus”, mięsień „chondrocoracoideus”, mięsień piersiowy pośredni oraz mięsień piersiowy najmniejszy (mięsień Grubera). Duża zmienność morfologiczna struktur w tym rejonie powoduje, że wciąż identyfikowane są nowe, dotychczas nieopisane warianty dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej [1].

W literaturze istnieje wiele prac naukowych, w których dokonano analizy częstości występowania oraz morfologii omawianych wariantów u dorosłych osobników ludzkich, przy czym niektóre z nich stanowią przedmiot badań już od ponad dwóch stuleci [17]. Przykładowo, łączną częstość występowania mięśnia mostkowego w badaniach przeprowadzonych na dorosłych osobnikach oszacowano na 5,96%, a jego strukturę sklasyfikowano w ramach ośmiu różnych typów morfologicznych [17]. Ponadto opisano również współwystępowanie innych mięśni dodatkowych, co może jeszcze bardziej komplikować typowy obraz anatomiczny ściany klatki piersiowej [18].

Oprócz znaczenia anatomicznego, warianty te mają istotne znaczenie kliniczne. Mięśnie dodatkowe w obrębie klatki piersiowej i dołu pachowego powinny być uwzględniane przez chirurgów wykonujących limfadenektomię pachową, aby uniknąć jatrogennego uszkodzenia struktur nerwowych i naczyniowych [10]. Ponadto obecność dodatkowych struktur anatomicznych może prowadzić do ucisku struktur nerwowych i naczyniowych, powodując zespoły bólowe oraz zaburzenia ukrwienia [19].

Mimo znacznej zmienności morfologicznej w obrębie klatki piersiowej, w dostępnej literaturze brakuje kompleksowych badań tego zagadnienia przeprowadzonych na ludzkich płodach. Ponieważ opisane warianty anatomiczne mogą być związane z embriogenezą, głównym celem niniejszego badania jest analiza mięśni dodatkowych klatki piersiowej u płodów ludzkich.

3.5.2. Materiały i metody

Badanie zostało przeprowadzone na pięćdziesięciu ludzkich płodach (25 płci żeńskiej oraz 25 płci męskiej), co oznacza sto przebadanych okolic klatki piersiowej. Wiek badanych płodów wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży. Płody były objęte programem donacji dla Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedry Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Pozwolenie na badanie udzieliła Komisja Bioetyczna działająca przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (numer zgody RNN/137/20/KE, RNN/114/24/KE). Wiek badanych płodów oszacowano na podstawie pomiaru długości ciemieniowo-siedzeniowej, tj. crown-rump length (CRL) [11], długości głowy oraz obwodu głowy i dostarczonej dokumentacji medycznej.

Pierwszym etapem sekcji anatomicznej było usunięcie skóry oraz tkanki podskórnej z okolic klatki piersiowej, jamy brzusznej, okolicy stawu ramiennego oraz przednio-przyśrodkowej strony ramienia. Na tym etapie niezbędne jest potwierdzenie, bądź wykluczenie obecności dodatkowych mięśni znajdujących się w obrębie klatki piersiowej. Następnie usunięto mięsień piersiowy większy, co umożliwiło uwidocznienie mięśnia piersiowego mniejszego wraz z jego przyczepem dystalnym. Końcowym etapem było oczyszczenie całej uwidocznionej okolicy klatki piersiowej.

Podczas badania oceniono następujące cechy:

- morfologię mięśnia piersiowego większego i mięśnia piersiowego mniejszego,
- obecność dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej,
- pomiary morfometryczne dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej.

Należy zachować szczególną ostrożność podczas usuwania powięzi ze względu na potencjalną obecność dodatkowych mięśni.

Pomiary morfometryczne wykonano dwukrotnie przez dwóch niezależnych badaczy, z dokładnością do 0,01 mm. Do ich uzyskania użyto elektronicznej suwmiarki (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan). Do analizy statystycznej użyto średniej z pomiarów.

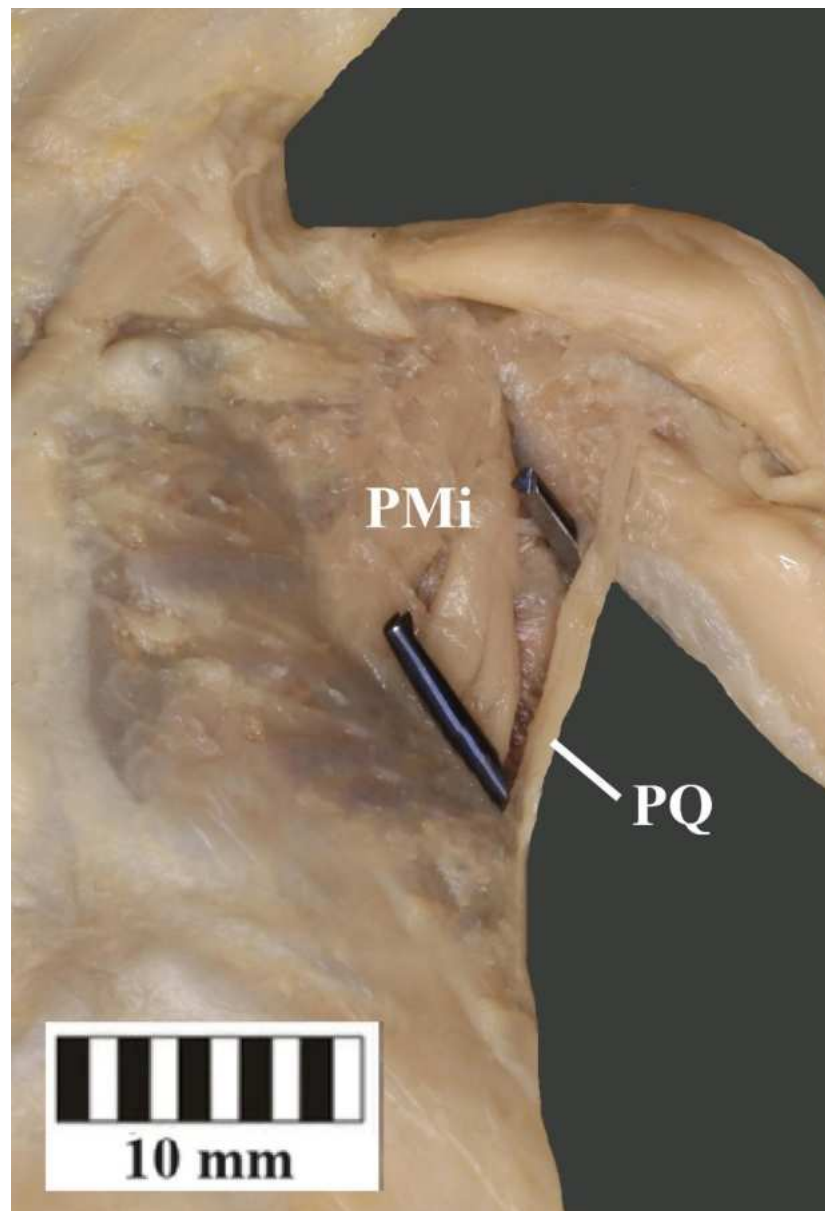
Ostatnim etapem badania było wykonanie fotografii każdego ze znalezionych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej.

3.5.3. Wyniki

Podczas sekcji anatomicznej zaobserwowano szesnaście dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej (16%). Na podstawie ich przebiegu wyróżniono cztery typy dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej.

- **Mięsień „pectoralis quartus”**

„Pectoralis quartus” to dodatkowy mięsień klatki piersiowej, który wystąpił w 8% przebadanej przez nas populacji ludzkich płodów (4 żeńskich, 4 męskich, 3 prawych, 5 lewych). Jest to najczęściej występujący typ i stanowi 50% wszystkich zaobserwowanych mięśni dodatkowych okolicy klatki piersiowej. Każdorazowo, przyczep proksymalny znajdował się na piątym lub szóstym żebrze. Przyczep dystalny w pięciu przypadkach był zlokalizowany na bruździe międzyguzkowej kości ramiennej, a w trzech przypadkach łączył się z powięzią kończyny górnej. – Ryc. 14.

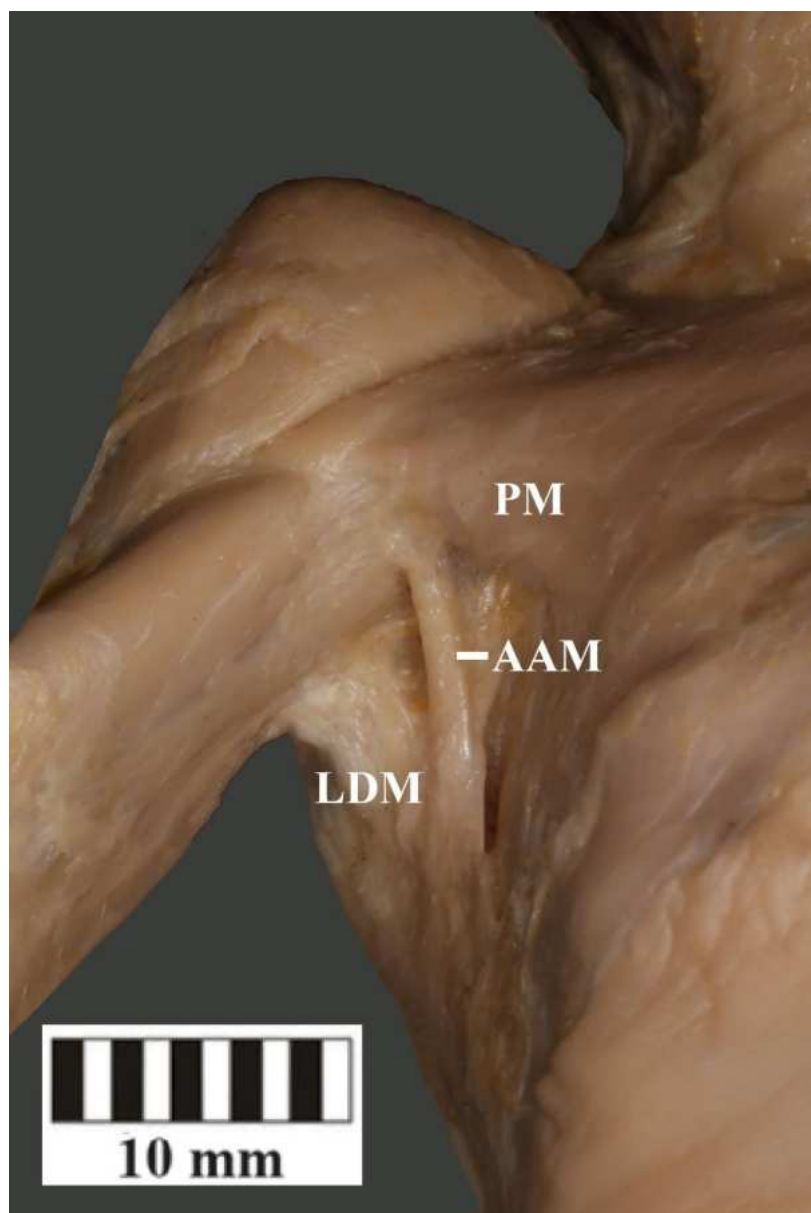


Rycina 14. Mięsień „pectoralis quartus” na ludzkim płodzie – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

PQ – mięsień „pectoralis quartus”; PMi – mięsień piersiowy mniejszy;

- **Mięsień „axillary arch”**

„Axillary arch” to dodatkowy mięsień, który zidentyfikowano w 3% badanych przypadków (1 żeński, 2 męskie, 2 prawe, 1 lewy). Stanowi to 18,75% wszystkich znalezionych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Każdorazowo mięsień miał swój przyczep proksymalny zlokalizowany na mięśniu najszerszym grzbietu i dystalnie łączył się z mięśniem piersiowym większym. – Ryc. 15.



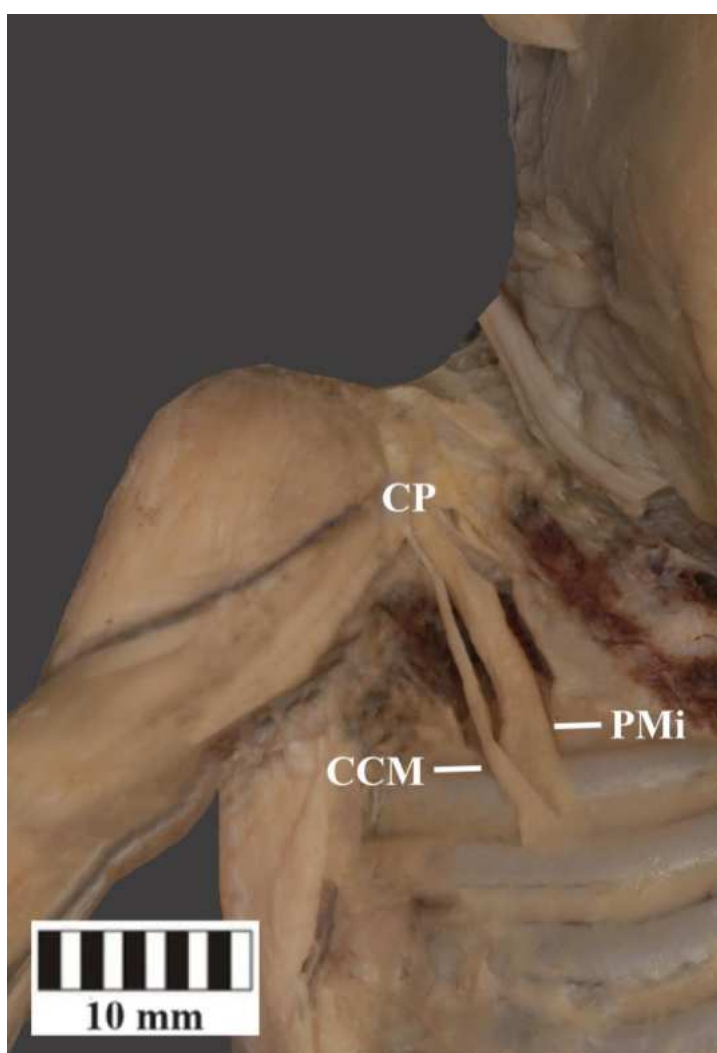
Rycina 15. Mięsień „Axillary arch” na ludzkim płodzie – strona prawa. Zdjęcia autorskie.

AAM – mięsień „Axillary arch”; LDM – mięsień najszerszy grzbietu; PM – mięsień piersiowy większy;

- **Mięsień „chondrocoracoideus”**

„Chondrocoracoideus” to mięsień dodatkowy, który zidentyfikowano w 3% badanych przypadków (1 żeński, 2 męskie, 1 prawy, 2 lewe). Stanowi to 18,75% wszystkich znalezionych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Każdorazowo przyczep proksymalny znajdował się na szóstym lub siódmym żebrze oraz pochewce mięśnia prostego brzucha. W dwóch przypadkach przyczep dystalny charakteryzował się częścią ścięgnistą, połączoną z głową krótką mięśnia dwugłowego ramienia. W jednym przypadku przyczep dystalny znajdował się bezpośrednio na wyrostku kruczym łopatki.

– Ryc. 16.



Rycina 16. Mięsień „chondrocoracoideus” na ludzkim płodzie – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CCM – mięsień „chondrocoracoideus”; PMi – mięsień piersiowy mniejszy;
CP – wyrostek kruczy łopatki

- **Mięsień mostkowy („sternalis”)**

Mięsień mostkowy to dodatkowy mięsień, który został zidentyfikowany w 2% badanych przypadków (1 żeński, 1 męski, 1 prawy, 1 lewy). Stanowi to 12,5% wszystkich zaobserwowanych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Oba przypadki różniły się między sobą morfologią oraz przebiegiem.

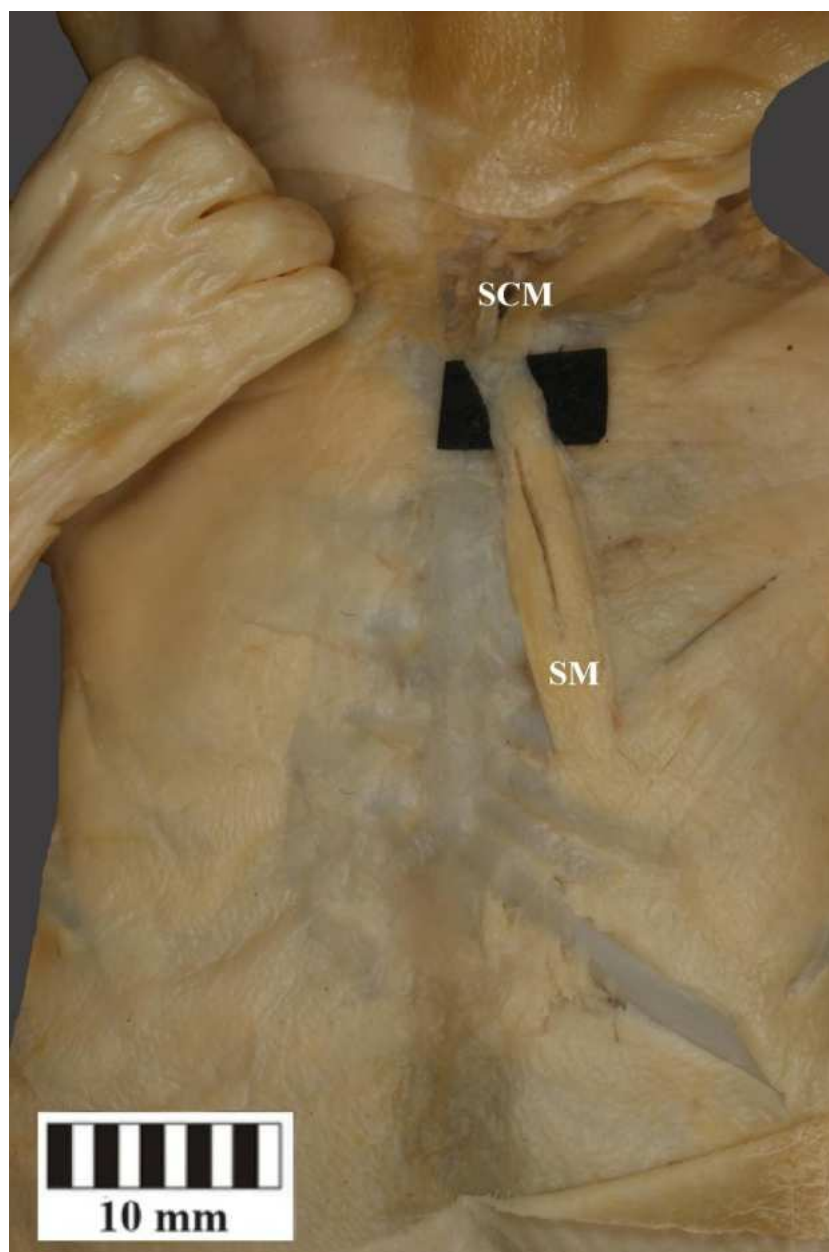
- Pierwszy przypadek mięśnia mostkowego rozpoczynał się na trzonie mostka na poziomie drugiej przestrzeni międzyżebrowej jako pojedynczy brzusiec mięśniowy. Jego przyczep dystalny był zlokalizowany na piątym żebrze.
– Ryc. 17.



Rycina 17. Mięsień mostkowy na ludzkim płodzie – typ 1 – prawa strona. Zdjęcie autorskie.

SM – mięsień mostkowy;

- W drugim przypadku przyczep proksymalny mięśnia mostkowego znajdował się na powierzchni mięśnia mostkowo-obojęczkowo-sutkowego oraz przedniej powierzchni mostka. Mięsień mostkowy charakteryzował się rozdwojonym brzoścem w części proksymalnej, który w części dystalnej stanowił jednolitą masę mięśniową i przyczepiał się do szóstego i siódmego żebra. – Ryc. 18.



Rycina 18. Mięsień mostkowy na ludzkim płodzie – typ 2 – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

SCM - mięsień mostkowo-obojęczkowo-sutkowy; SM - mięsień mostkowy

Tabela 4. Pomiary morfometryczne dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej zaobserwowanych podczas badania przeprowadzonego na ludzkich płodach

	PŁEĆ	STRONA	P.P. SZER. [mm]	P.P. GR. [mm]	M.B. DŁ. [mm]	M.J. SZER. [mm]	M.J. GR. [mm]	T. DŁ. [mm]	P.D. SZER. [mm]	P.D. GR. [mm]
„PECTORALIS QUARTUS”										
1.	M	L	1,32	0,17	16,84				0,91	0,08
2.	M	L	1,66	0,14	18,59				0,53	0,19
3.	Ż	L	1,52	0,49	13,77				0,30	0,08
4.	Ż	P	1,80	0,28	10,39				1,30	0,39
5.	Ż	P	2,60	0,45	18,16				2,13	0,56
6.	Ż	L	6,11	0,73	11,13				3,29	0,62
7.	M	P	3,09	0,40	17,82				3,49	0,54
8.	M	L	2,88	0,59	17,36				0,85	0,28
„AXILLARY ARCH”										
1.	M	L	0,63	0,33	8,64				3,44	0,61
2.	M	P	1,02	0,37	7,59				3,71	0,38
3.	Ż	P	1,61	0,14	12,59				2,94	0,45
„CHONDROCORACOIDEUS”										
1.	Ż	P	5,36	0,27	19,38	3,17	0,98	5,62	3,31	0,37
2.	M	L	0,67	0,33	23,48	0,46	0,27	6,45	0,45	0,23
3.	M	L	0,68	0,02	16,13	1,13	0,13	6,59	1,47	0,19
MIĘSIEŃ MOSTKOWY „STERNALIS”										
1.	M	P	3,52	0,25	11,21				3,86	0,46
2.	Ż	L	1,86	0,30	17,03				2,77	0,52

GR. - grubość
L - lewa
M - męska
M.B. - brzusiec mięśniowy
MJ. - połączenie pomiędzy częścią mięśniową a częścią ścięgnistą
P - prawa
P.D. - przyczep dystalny
P.P. - przyczep proksymalny
SZER. - szerokość
T.- ścięgno
Ż - żeńska

Komentarz do tabeli: Wszystkie pomiary zostały przedstawione w milimetrach [mm].

3.5.4. Wnioski

Region klatki piersiowej charakteryzuje się dużą zmiennością morfologiczną w populacji płodów ludzkich. Podczas sekcji anatomicznej zaobserwowano szesnaście dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej (16%). Na podstawie ich przebiegu wyróżniono cztery typy dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej. Mięsień „pectoralis quartus” był zmiennością najczęściej obserwowaną w niniejszym badaniu.

Struktury dodatkowe występujące w obrębie klatki piersiowej w wielu przypadkach mają znaczenie kliniczne. Przykładowo, mogą przyczyniać się do rozwoju zespołu ciasnoty w obrębie otworu górnego klatki piersiowej, który może powodować ucisk na naczynia krwionośne lub nerwy wychodzące z szyi do ramion, prowadząc do bólu, drętwienia, osłabienia kończyn górnych lub zaburzeń krążenia. Co więcej, mogą przyczynić się do asymetrii w postawie, co może prowadzić do przewlekłych problemów z postawą, takich jak skrzywienia kręgosłupa (np. skolioza) lub napięcie w okolicy ramion i pleców.

Znajomość potencjalnych dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej jest również pomocna w przypadku operacji wykonywanych w tym regionie, takich jak chirurgia serca, płuc, czy usuwanie guzów.

4. DYSKUSJA

Ludzka anatomia, choć od wieków stanowi przedmiot intensywnych badań, wciąż skrywa wiele tajemnic. Tradycyjnie postrzegana jako stała i dobrze poznana, w rzeczywistości cechuje się dużą zmiennością, która może mieć istotne znaczenie zarówno w praktyce klinicznej, jak i w badaniach naukowych. Zmienności anatomiczne – od różnic w budowie naczyń krwionośnych po warianty w strukturze układu mięśniowo-szkieletowego – wpływają na funkcjonowanie organizmu i mogą determinować skuteczność procedur diagnostycznych oraz chirurgicznych. Ich dokładne poznanie jest kluczowe dla zrozumienia biomechaniki ciała, personalizacji terapii medycznych i unikania potencjalnych błędów w leczeniu. W dobie nowoczesnych technologii obrazowania oraz zaawansowanych badań anatomicznych coraz częściej odkrywamy struktury, które wcześniej pozostawały niezauważone lub uznawane były za rzadkie anomalie.

Nie dziwi zatem fakt, że układ mięśniowy okolicy klatki piersiowej wykazuje znaczną zmienność morfologiczną, której przyczyną w większości przypadków są nieprawidłowości w przebiegu embriogenezy [3,4,20].

Rozwój mięśnia piersiowego większego i mięśnia piersiowego mniejszego jest złożonym procesem zachodzącym w trakcie embriogenezy. Oba te mięśnie mają wspólne pochodzenie i wywodzą się z tej samej masy przedmięśniowej, która formuje się we wczesnym etapie rozwoju zarodkowego. Proces ten obejmuje stopniowe różnicowanie komórek mezenchymalnych, migrację oraz ostateczne ukształtowanie się struktury i przyczepów mięśniowych [21].

Mięsień piersiowy większy i mięsień piersiowy mniejszy wywodzą się z mezodermy somitowej, a dokładniej z dermomiotomów przyosiowej mezodermy. Na wczesnym etapie rozwoju zarodkowego (około piątego tygodnia) pojawia się przedmięśniowa masa piersiowa, która jest częścią bocznej grupy przedmięśniowej. Struktura ta rozciąga się od proksymalnej części kości ramiennej aż do drugiego żebra i przyczepia się do kości ramiennej, obojczyka oraz wyrostka kruczego łopatki. Wyróżnia się w niej dwie warstwy: powierzchowną, z której rozwinie się mięsień piersiowy większy, oraz głęboką, dającą początek mięśniowi piersiowemu mniejszemu oraz mięśniowi podobojczykowemu [3,4].

W szóstym tygodniu życia zarodkowego boczne masy przedmięśniowe ulegają podziałowi na konkretne jednostki mięśniowe. Struktura przeznaczona na mięśnie

piersiowe rozciąga się pomiędzy trzecim żebrzem a obojczykiem i kością ramienną, lecz nie posiada jeszcze wykształconego przyczepu do żeber. W trakcie embriogenezy przedmięśniowa masa piersiowa ulega stopniowemu wydłużeniu w kierunku doogonowym [3,21].

W siódmym tygodniu życia zarodkowego, pierwszą częścią przyczepioną do struktur szkieletowych jest w większości przypadków część obojczykowa. W tym okresie część mostkowo-żebrowa oraz część brzuszna są niewielkie lub nieobecne, a ich przyczep do szkieletu może rozwijać się później, jeśli w ogóle powstaje [4,21].

Izolacja mięśnia piersiowego większego od mięśnia piersiowego mniejszego następuje między siódmym a ósmym tygodniem życia zarodkowego. W ósmym tygodniu życia zarodkowego mięsień piersiowy większy oraz mięsień piersiowy mniejszy są już wyraźnie oddzielone, choć nadal zachowują pewne wspólne cechy strukturalne. Mięsień piersiowy mniejszy przesuwa swój przyczep dystalny na wyrostek kruczy łopatki, natomiast mięsień piersiowy większy przyczepia się do grzebienia guzka większego kości ramiennej [4,20].

Między dziesiątym a dwunastym tygodniem życia płodowego mięśnie piersiowy większy i piersiowy mniejszy ulegają dalszemu dojrzewaniu i stopniowemu unaczynieniu. Następuje także rozwój gałęzi nerwów piersiowych przyśrodkowego i bocznego (pochodzących ze splotu ramiennego). Proces ten wydaje się stanowić końcowy etap embriogenezy wspomnianych mięśni [3,20].

Biorąc pod uwagę powyższe informacje, a przede wszystkim fakt, że zgodnie z dostępną literaturą mięsień piersiowy większy ulega podziałowi na trzy brzośce w trakcie rozwoju prenatalnego, można wnioskować, że zaburzenia tego procesu mogą stanowić najistotniejszą przyczynę obserwowanych wariantów morfologicznych, opisywanych w badaniu dotyczącym zmienności mięśnia piersiowego większego na ludzkich płodach. Warto podkreślić, że wiek płodów, które zostały uwzględnione w niniejszych badaniach, wynosił od osiemnastego do trzydziestego ósmego tygodnia ciąży, więc rozwój mięśni okolicy klatki piersiowej został zakończony [3,22].

Mięsień piersiowy większy oraz mięsień piersiowy mniejszy mogą wykazywać zmienności w zakresie liczby brzośców, przyczepu proksymalnego, a także przyczepu dystalnego [1-3,13,14].

Warianty anatomiczne mięśnia piersiowego większego są zjawiskiem wielokrotnie opisywanym w dostępnej literaturze. Klasycznie wyróżnia się trzy główne części: obojczykową, mostkowo-żebrową oraz brzuszna. Podział ten został potwierdzony m.in. w badaniach anatomicznych [13] oraz w badaniach ultrasonograficznych [14], a także w niniejszym badaniu, obejmującym analizę mięśnia piersiowego większego u ludzkich płodów. Warto jednak wspomnieć, że podczas tego badania zaobserwowano również obecność innych części. Przykładem jest dodatkowa część obojczykowa, której przyczep proksymalny znajdował się po przyśrodkowej stronie obojczyka. Drugą opisaną częścią była część obojczykowo-mostkowa, której przyczep proksymalny zlokalizowany był na przyśrodkowej części obojczyka, ipsilateralnie na przedniej powierzchni mostka oraz na chrząstkach żebrowych (od pierwszej do drugiej). Trzecią dodatkową strukturą była część mostkowo-żebrowa górna, która proksymalnie przyczepiała się podobnie jak poprzednia, jednak z pominięciem przyczepu do obojczyka. Biorąc pod uwagę, że w wielu przypadkach mięsień piersiowy większy składał się z większej liczby części niż klasyczne trzy, warto poszukiwać przyczyny tego zjawiska w procesie embriogenezy. Możliwe, że dodatkowa część obojczykowa powstaje w wyniku hipertrofii pierwotnej części obojczykowej, a następnie jej podziału na dwie odrębne masy mięśniowe na skutek utworzenia dodatkowej szczeliny. Proces ten może zachodzić między częścią obojczykową a mostkowo-żebrową około szóstego tygodnia życia płodowego. Z kolei wyodrębnienie górnej części mostkowo-żebrowej może wynikać z wyraźnego oddzielenia najwyższego segmentu części mostkowo-żebrowej od reszty jej masy mięśniowej.

Mechanizm rozwoju części obojczykowo-mostkowej pozostaje niejasny. Standardowa głowa obojczykowa wydaje się stanowić połączenie dwóch odrębnych elementów: obojczykowego i mostkowo-żebrowego górnego, co sugeruje, że ich formowanie może wynikać z tych samych procesów embriologicznych. W przypadkach, gdy mięsień piersiowy większy występuje jako jednolita masa, najprawdopodobniej odpowiada jej głowa obojczykowo-mostkowa. Może to wskazywać, że przyczyną tego zjawiska jest przedwczesne zakończenie rozwoju mięśnia, uniemożliwiające jego pełny podział na głowę obojczykową i mostkowo-żebrową oraz zapobiegające embriologicznemu wykształceniu części brzusznej.

Zmienność morfologiczna, przejawiająca się różną liczbą brzuśców, została również zaobserwowana w niniejszym badaniu dotyczącym budowy mięśnia piersiowego

mniejszego, przeprowadzonym na ludzkich płodach. Wyróżniono trzy typy anatomiczne: typ I z pojedynczym brzuszkiem, typ II z dwoma brzuszkami oraz typ III z trzema brzuszkami. Nie stwierdzono przypadków o większej liczbie brzuszków.

Analiza dostępnej literatury nie wykazała wcześniejszych badań opisujących podział mięśnia piersiowego mniejszego na więcej niż jeden brzusiec. Dotychczasowe doniesienia ograniczają się jedynie do sporadycznych opisów dodatkowych mięśni lub ścięgien w jego okolicy. Możliwym wyjaśnieniem tego zjawiska jest niedostateczna liczba badań przeprowadzonych na populacji ludzkich płodów, co sugeruje, że zmienność liczby brzuszków mięśnia piersiowego mniejszego może wynikać z przedwcześnie zakończonej embriogenezy tej struktury.

Kolejną zmiennością morfologiczną zaobserwowaną w przeprowadzonych badaniach jest brak niektórych części. W badaniu dotyczącym mięśnia piersiowego większego, jeden z typów był opisany jako jednolita masa bez wyraźnego podziału na odrębne elementy. Jego początek znajdował się na obojczyku, mostku oraz chrząstkach żebrowych, przy jednoczesnym braku wyodrębnionej części mostkowo-żebrowej. Ze względu na nieobecność wyraźnej granicy między głową obojczykową a mostkowo-żebrową, struktura ta została sklasyfikowana jako część obojczykowo-mostkowa. Podobne przypadki braku części mostkowo-żebrowej, przerostu części obojczykowej oraz agenezji mięśnia piersiowego mniejszego opisywano wcześniej w literaturze [1].

W innym z podtypów, mięsień piersiowy większy charakteryzował się również brakiem wyraźnej masy mięśniowej części obojczykowej, jednak obecne były dwie dodatkowe struktury, z których jedna odpowiadała części obojczykowo-mostkowej. Należy podkreślić, że brak wyodrębnionej części obojczykowej w tych przypadkach nie oznaczał całkowitego braku przyczepu obojczykowego, lecz wskazywał na odmienny przebieg embriogenezy prowadzący do nietypowej organizacji włókien mięśniowych.

Brak części brzusznej mięśnia piersiowego większego wydaje się stosunkowo częstym zjawiskiem – w niniejszym badaniu stwierdzono jego występowanie w 47,1% przypadków. Co istotne, literatura naukowa opisuje przypadki obecności jedynie dwóch głównych części tego mięśnia. W jednym z badań mięsień piersiowy większy został podzielony na część obojczykową i mostkowo-żebrową, wyróżniając w nich sześć segmentów, z których szósty odpowiadał części brzusznej [3]. Podobna klasyfikacja

została zaproponowana przez innych badaczy [12] wykazując, że głowa mostkowo-żebrowa składa się z pięciu segmentów. W literaturze dostępne są również opisy mięśnia piersiowego większego charakteryzującego się podziałem na dwie główne części z częścią mostkowo-żebrową segmentowaną na sześć lub siedem części [23].

Izolowana obecność jedynie części obojczykowej może wynikać z zaburzonego wzrostu kaudalnego mięśnia piersiowego większego, co prowadzi do agenezji lub hipoplazji części mostkowo-żebrowej i brzusznej. W konsekwencji brak tych struktur jest bardziej prawdopodobny niż brak części obojczykowej [3]. Warto zauważyć, że w typie I oraz typie IVd, wyróżnionych w niniejszym badaniu, nie stwierdzono odrębnej głowy obojczykowej, lecz obecna była część obojczykowo-mostkowa. Z tego względu przypadki te nie mogą być interpretowane jako całkowity brak przyczepu obojczykowego, lecz raczej jako nietypowy podział pomiędzy częścią obojczykową a mostkowo-żebrową, który mógł nastąpić na etapie szóstego tygodnia rozwoju embrionalnego.

Takie zaburzenia podziału mogą także skutkować brakiem części mostkowo-żebrowej, co w niniejszym badaniu zaobserwowano wyłącznie w typie I, charakteryzującym się obecnością pojedynczej masy mięśniowej.

Warto zwrócić uwagę na możliwość wystąpienia zmienności morfologicznej polegającej na całkowitym braku mięśnia piersiowego większego i/lub mięśnia piersiowego mniejszego. Zwykle jest to związane z zespołem Polanda [24] jako efekt zaburzonego przepływu krwi w rejonie piersiowym podczas embriogenezy. Zespół ten charakteryzuje się hipoplazją lub agenezją mięśnia piersiowego większego (zwłaszcza jego części mostkowo-żebrowej), brakiem mięśnia piersiowego mniejszego, asymetrią klatki piersiowej, anomaliami kończyny górnej, a w niektórych przypadkach niedorozwojem sutka, brodawki sutkowej czy żeber [6,7].

Niezwykle rzadkim zjawiskiem, obserwowanym z częstością 0,01%, jest brak mięśnia piersiowego większego niepowiązany z zespołem Polanda [1]. Barge-Caballero i wsp. [25] opisali jednostronny całkowity brak mięśnia piersiowego większego oraz mięśnia piersiowego mniejszego, które zostały zastąpione błoną powięziową, z kolei Yamasaki [26] opisał przypadki, w których ubytki były zastąpione tkanką tłuszczową. W literaturze dostępny jest również opis całkowitego braku mięśnia piersiowego większego wraz z brakiem mięśnia żębatego przedniego [25]. We wszystkich

przeprowadzonych przez nas badaniach zarówno mięsień piersiowy większy, jak i mięsień piersiowy mniejszy były obecne w 100%.

Znaczną grupę zmienności morfologicznych klatki piersiowej stanowią dodatkowe mięśnie, do których zalicza się między innymi: mięsień „pectoralis quartus”, mięsień piersiowy pośredni, mięsień piersiowy najmniejszy, mięsień „chondrofascialis”, mięsień mostkowo-ramienny, mięsień „sternochondrocoracoideus”, mięsień „axillary arch”, mięsień piersiowy trzeci, mięsień „chondroepitrochlearis” oraz mięsień „chondrocoracoideus”. Znaczne zróżnicowanie terminologiczne w literaturze sprawia, że opisy tych wariantów są niejednoznaczne i mogą prowadzić do dezorientacji, jeśli chodzi o nazewnictwo i ich prawidłową klasyfikację [1].

W jednym z niniejszych badań, dodatkowe mięśnie piersiowe wystąpiły w 16% zbadanych ludzkich płodów. Najczęściej spotykanym wariantem był mięsień „pectoralis quartus”, który stwierdzono w 50% płodów z obecnością dodatkowego mięśnia klatki piersiowej. Zazwyczaj mięsień ten rozpoczynał się na piątym lub szóstym żebrze oraz bocznym brzegu mięśnia piersiowego większego lub pochewki mięśnia prostego brzucha. Dystalnie może przyczepiać się do bruzdy międzyguzkowej kości ramiennej lub powięzi kończyny górnej [1]. W niniejszym badaniu we wszystkich przypadkach miejscem przyczepu proksymalnego mięśnia było piąte lub szóste żebro. W pięciu przypadkach końcowy przyczep znajdował się w bruzdzie międzyguzkowej kości ramiennej, natomiast w trzech przypadkach mięsień łączył się z powięzią kończyny górnej.

Częstość występowania mięśnia „pectoralis quartus” w literaturze jest zróżnicowana. Przykładowo, Natsis i wsp. [19] stwierdzili jego obecność w 2,8% analizowanych przypadków, natomiast Bonastre i wsp. [18] odnotowali częstość na poziomie 11–16%. Wyniki uzyskane w niniejszym badaniu wskazują, że częstość występowania mięśnia „pectoralis quartus” jest zbliżona do wartości podanych przez Bonastre i wsp. [18], którzy dodatkowo opisali współwystępowanie tego mięśnia z nietypowym mięśniem „axillary arch” oraz jego pochodzenie z pochewki mięśnia prostego brzucha, skąd łączył się z dolnym przyśrodkowym brzegiem pasma mięśnia „axillary arch” na wysokości bocznej części mięśnia piersiowego większego [18].

Innym wariantem anatomicznym, opisanym przez Arican i wsp. [27], jest współwystępowanie mięśnia „pectoralis quartus” oraz mięśnia piersiowego pośredniego. Mięsień „pectoralis quartus” w tym przypadku miał początek na piątym i szóstym żebrze,

tworzył długie, spłaszczone pasmo, a jego przyczep końcowy znajdował się na bruździe międzyguzkowej kości ramiennej oraz na ścięgnie głowy krótkiej mięśnia dwugłowego ramienia [27].

Mięsień „axillary arch” stanowi kolejny wariant mięśni dodatkowych klatki piersiowej, zaobserwowany w niniejszym badaniu. Jego częstość występowania wyniosła 18,75%, co było istotnie wyższą wartością niż w poprzednich badaniach. Przykładowo, Rizk i Harbaugh [28] oszacowali jego częstość na 4,3%, Bertone i wsp. [29] na 11,5%, a Karanlik i wsp. [10] na 1,2%. Mięsień „axillary arch”, po raz pierwszy opisany przez Bugnone w 1783 roku [29] z reguły ma początek w mięśniu najszerszym, a jego przyczep końcowy zrasta się z mięśniem piersiowym większym. W niniejszym badaniu proksymalne i dystalne przyczepy tego mięśnia były jednakowe we wszystkich przypadkach. Niemniej jednak struktura ta może wykazywać znaczne zróżnicowanie. Rizk i Harbaugh [28] opisali przypadki, w których mięsień ten wywodził się z mięśnia najszerzego grzbietu i przyczepiał się do bruźdy międzyguzkowej. W literaturze opisano również przypadki przyczepu dystalnego mięśnia „axillary arch” do mięśnia piersiowego większego, mięśnia piersiowego mniejszego, wyrostka kruczego [30] lub głowy krótkiej mięśnia dwugłowego ramienia [31].

Kolejnym przykładem mięśnia dodatkowego klatki piersiowej, stwierdzonym w niniejszym badaniu, był mięsień „chondrocoracoideus” (określany również jako mięsień „costocoracoideus” lub „mięsień Wooda”) [32]. Zidentyfikowano go w 3% analizowanych przypadków. We wszystkich przypadkach miał on przyczep proksymalny zlokalizowany na szóstym lub siódmym żebrze oraz na pochewce mięśnia prostego brzucha. W dwóch przypadkach przyczep dystalny znajdował się na głowie krótkiej mięśnia dwugłowego ramienia oraz wyrostku kruczym. W jednym przypadku struktura ta przyczepiała się bezpośrednio do wyrostka kruczego w postaci ścięgna. Mięsień ten jest niezwykle rzadkim wariantem anatomicznym, dlatego w literaturze znajduje się niewiele opisów jego występowania. Jeden z przypadków dotyczył mięśnia „chondrocoracoideus”, który miał trzy niezależne pasma początkowe na poziomie szóstego, siódmego i ósmego żebra oraz rozciągnął mięsień skośny zewnętrzny brzucha, a jego przyczep dystalny znajdował się na ścięgnie głowy krótkiej mięśnia dwugłowego ramienia i wyrostku kruczym łopatki [33]. Inny opisany przypadek dotyczył mięśnia „chondrocoracoideus”, którego początek znajdował się na poziomie szóstego, siódmego i ósmego żebra oraz rozciągnął mięsień skośny zewnętrzny brzucha,

a przyczep końcowy na wyrostku kruczym łopatki, gdzie łączył się z głową krótką mięśnia dwugłowego ramienia [34].

Kolejnym interesującym wariantem anatomicznym jest mięsień mostkowy, który w niniejszym badaniu wykazano w 2% przypadków. W pierwszym przypadku struktura ta miała początek na trzonie mostka na wysokości drugiej przestrzeni międzyżebrowej i kończyła się na piątym żebrze. W drugim przypadku mięsień mostkowy miał swój przyczep proksymalny zlokalizowany w dolnej części mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego oraz na mostku, tworzył rozdwojony brzusiec, który dystalnie łączył się w pojedynczą masę mięśniową przyczepiającą się do szóstego i siódmego żebra. Snosek i wsp. [35] zaproponowali klasyfikację tego mięśnia, dzieląc go na trzy kategorie: „typ prosty”, „typ mieszany” oraz „inne”. Typ prosty podzielono na sześć podtypów: pojedynczy, podwójny, dwugłowy rozbieżny, dwugłowy zbieżny, pojedynczy krzyżujący linię pośrodkową oraz podwójny krzyżujący linię pośrodkową. W typie mieszanym wyróżniono wiele wariantów, takich jak mięsień mostkowy podwójny z pojedynczym skrzyżowaniem pośrodkowym, podwójny z pojedynczym zbieżnym dwugłowym, dwugłowy rozbieżny z podwójnym skrzyżowaniem oraz inne. Ostatnia kategoria, nazwana „inne”, obejmuje wszystkie warianty nieuwzględnione w poprzednich grupach [35].

W odniesieniu do wspomnianej klasyfikacji oraz wyników niniejszego badania, pierwszy przypadek, w którym mięsień mostkowy miał swój przyczep proksymalny zlokalizowany na trzonie mostka na wysokości drugiej przestrzeni międzyżebrowej jako pojedyncze pasmo mięśniowe i przyczepiał się do piątego żebra, może zostać sklasyfikowany jako prawostronny pojedynczy mięsień mostkowy. Natomiast drugi przypadek można określić jako lewostronny typ dwugłowy zbieżny, ponieważ jego rozdwojony przyczep proksymalny znajdował się w dystalnej części mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego, a dystalnie oba brzuśce łączyły się w jedną strukturę.

Mori i wsp. [36] przeprowadzili również badania dotyczące mięśnia mostkowego i wykazali jego obecność w około 10% badanych przypadków, przy czym częściej występował on po stronie prawej niż po lewej. System klasyfikacji zaproponowany w tym badaniu podzielił mięsień mostkowy na sześć typów w zależności od jego morfologii [36].

Zmienności morfologiczne mięśni w obrębie klatki piersiowej mogą mieć istotne znaczenie kliniczne, zwłaszcza w kontekście diagnostyki obrazowej, chirurgii rekonstrukcyjnej oraz procedur inwazyjnych w tym rejonie.

Obecność mięśni dodatkowych w obrębie klatki piersiowej i dołu pachowego często wiąże się z różnego rodzaju implikacjami klinicznymi. Jednym z przykładów jest potencjalny ucisk struktur nerwowych i naczyniowych, co może prowadzić do zespołów bólowych i zaburzeń ukrwienia, na przykład zespołu górnego otworu klatki piersiowej [37]. Co więcej, obecność mięśni dodatkowych w obrębie klatki piersiowej może prowadzić do wystąpienia objawów, takich jak bóle w okolicy ramienia, parestezje kończyny górnej, a także osłabienie siły mięśniowej. Dodatkowe struktury mięśniowe powinny być uwzględniane przez chirurgów wykonujących limfadenektomię pachową, aby uniknąć jatrogennego uszkodzenia struktur nerwowych i naczyniowych. Mogą być one także przyczyną artefaktów i błędnej interpretacji badań obrazowych, szczególnie w tomografii komputerowej (CT), rezonansie magnetycznym (MRI) oraz badaniach ultrasonograficznych (USG). Dodatkowe struktury mogą być niewłaściwie zdiagnozowane jako zmiany nowotworowe, np. guzy tkanek miękkich, przerzuty nowotworowe czy tłuszczaki. Przykładowo, mięsień mostkowy w badaniu mammograficznym może symulować nieprawidłową masę, co prowadzi do konieczności poszerzenia diagnostyki różnicowej. Dodatkowo jego obecność jest istotna dla chirurgów plastycznych i rekonstrukcyjnych, ponieważ może stanowić potencjalny materiał do przeszczepów mięśniowych, np. w rekonstrukcji piersi po mastektomii. Podczas operacji kardiochirurgicznych, torakochirurgicznych i rekonstrukcyjnych, mięsień mostkowy może być przypadkowo przecięty, co może prowadzić do nieoczekiwanych krwawień lub powikłań chirurgicznych [5].

Jednak nie tylko obecność dodatkowych mięśni w okolicy klatki piersiowej może mieć znaczenie kliniczne. Warianty anatomiczne mięśnia piersiowego większego i mniejszego również mogą być błędnie interpretowane w badaniach obrazowych. Dodatkowe pasma mięśniowe mogą imitować guzy tkanek miękkich lub zmiany pourazowe. Różnorodność budowy mięśni w obrębie klatki piersiowej może również wpływać na ocenę przewodnictwa nerwowego i obrazowania naczyniowego.

Zmienność w budowie mięśnia piersiowego większego może predysponować do wystąpienia zespołu górnego otworu klatki piersiowej, wywołanego przez ucisk na

tętnicę podobojczykową oraz splot ramienny. Zmienne przyczepy proksymalne i dodatkowe części mięśnia piersiowego większego mogą zwiększać ryzyko kompresji strukturalnej, a także wpływać na zmniejszenie przestrzeni w obrębie otworu górnego klatki piersiowej, co sprzyja zaburzeniom w przepływie krwi i unerwieniu kończyny górnej [37].

Mięsień piersiowy większy odgrywa kluczową rolę w chirurgii onkologicznej, zwłaszcza podczas mastektomii, gdzie uszkodzenie nerwów piersiowych może prowadzić do osłabienia jego funkcji. Różnice w budowie, w tym zmienność przyczepów, wpływają na funkcję mięśnia i metody rekonstrukcyjne, a jego agenezja, jak w zespole Polanda, skutkuje asymetrią klatki piersiowej, wymagającą w wielu przypadkach interwencji chirurgicznej [5-7].

Mięsień piersiowy mniejszy, ze względu na swoje położenie w pobliżu naczyń pachowych i splotu ramiennego, może prowadzić do ucisku struktur nerwowo-naczyniowych, powodując tzw. zespół mięśnia piersiowego mniejszego, objawiający się m.in. dolegliwościami bólowymi i parestezjami w okolicy piersiowej oraz kończyny górnej, osłabieniem mięśni unerwianych przez uciskane gałęzie splotu ramiennego, a także obrzękiem i uczuciem zimna w kończynie górnej [38]. Może wystąpić zarówno w przypadkach nietypowej budowy mięśnia piersiowego mniejszego, jak i przy jego standardowym przebiegu. Większość pacjentów cierpiących na ten zespół to nastolatki i młodzi dorośli, co jest związane z wysokim poziomem aktywności fizycznej, szczególnie w dyscyplinach wymagających powtarzalnych ruchów kończyny górnej, takich jak pływanie, baseball, podnoszenie ciężarów i siatkówka. Wykonywanie tych ruchów może prowadzić do nadmiernego rozciągania mięśnia piersiowego mniejszego, co skutkuje powtarzającymi się mikrourazami i skróceniem mięśnia, a w konsekwencji – kompresją struktur nerwowo-naczyniowych. Inne przyczyny zespołu mięśnia piersiowego mniejszego obejmują urazy ostre, wypadki komunikacyjne oraz urazy związane z nadmiernym wyprostem szyi [8].

Zespół mięśnia piersiowego mniejszego wykazuje duże podobieństwo do zespołu górnego otworu klatki piersiowej. Różnica między tymi jednostkami chorobowymi wynika z poziomu kompresji nerwowo-naczyniowej. W przypadku zespołu górnego otworu klatki piersiowej ucisk występuje powyżej obojczyka – w trójkącie pochyłym lub w przestrzeni żebrowo-obojczykowej. Natomiast w zespole mięśnia piersiowego

mniejszego kompresja jest zlokalizowana poniżej obojczyka, w przestrzeni zajmowanej przez mięsień piersiowy mniejszy [38].

Analizując możliwy związek między zidentyfikowanymi w niniejszym badaniu wariantami anatomicznymi a występowaniem wspomnianego zespołu, można przypuszczać, że mięsień piersiowy mniejszy o wyższym niż typowy poziomie przyczepu proksymalnego może być bardziej predysponowany do wywoływania tego zespołu. Dodatkowe brzusce mięśnia piersiowego mniejszego również zwiększają prawdopodobieństwo wystąpienia zespołu mięśnia piersiowego mniejszego [38].

Znajomość budowy i przebiegu mięśnia piersiowego mniejszego może być również przydatna podczas planowania zabiegów chirurgicznych, np. operacji rekonstrukcyjnych, w których mięsień piersiowy mniejszy wykorzystywany jest jako materiał do przeszczepu mięśniowego. Do takich zabiegów należy m.in. rekonstrukcja stawu barkowo-obojczykowego, defektów ściany klatki piersiowej i ramienia oraz uzupełnianie pourazowych ubytków tkanek miękkich [1]. Zmienną budowę i niestandardowy przebieg mięśnia piersiowego mniejszego należy także uwzględnić podczas zabiegów odbarczających w leczeniu zespołu mięśnia piersiowego mniejszego czy zespołu górnego otworu klatki piersiowej, a także podczas operacji (w obrębie tętnicy pachowej czy splotu ramiennego) ze względu na możliwość uszkodzenia włókien mięśnia piersiowego mniejszego, czy utrudniony dostęp do operowanych struktur, a co za tym idzie wydłużony czas zabiegu i zwiększenie ryzyka wystąpienia skutków niepożądanych.

Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań, potwierdzono znaczną zmienność w zakresie budowy mięśnia piersiowego większego, mięśnia piersiowego mniejszego oraz struktur dodatkowych okolicy klatki piersiowej. Różnice te dotyczyły zarówno liczby i morfologii brzusców, jak i nietypowych miejsc przyczepu, co może mieć konsekwencje w diagnostyce obrazowej, chirurgii oraz patofizjologii funkcji mięśniowych.

Obecność dodatkowych struktur mięśniowych lub brak typowych części anatomicznych może prowadzić do trudności interpretacyjnych w badaniach obrazowych, zwłaszcza w tomografii komputerowej, rezonansie magnetycznym i mammografii, gdzie anomalie te mogą być błędnie identyfikowane jako zmiany patologiczne. W kontekście chirurgicznym warianty anatomiczne wymagają uwzględnienia podczas procedur torakochirurgicznych, ortopedycznych

i rekonstrukcyjnych, ponieważ mogą zmieniać standardowy układ warstw tkanek i potencjalnie utrudniać dostęp operacyjny.

Zmienność w budowie mięśni klatki piersiowej może również wpływać na funkcję układu mięśniowego oraz powstawanie zespołów bólowych i neuropatii. Przykładem jest zespół mięśnia piersiowego mniejszego. Ponadto, analiza embriologiczna sugeruje, że niektóre z zaobserwowanych wariantów mogą wynikać z niepełnej migracji mioblastów lub przedwcześnie zakończonego procesu embriogenezy, co skutkuje niepełnym wykształceniem klasycznych struktur mięśniowych lub powstawaniem mięśni dodatkowych.

Przeprowadzone badania podkreślają znaczenie dokładnego uwzględniania zmienności morfologicznych w praktyce klinicznej. Lepsze zrozumienie tych wariantów może przyczynić się do ograniczenia błędów diagnostycznych, optymalizacji procedur chirurgicznych oraz skuteczniejszego leczenia zespołów bólowych i dysfunkcji mięśniowych. Dalsze badania w tym zakresie są niezbędne, aby precyzyjnie określić wpływ tych zmian na biomechanikę i fizjologię układu mięśniowego klatki piersiowej i kończyny górnej, co może mieć istotne znaczenie dla praktyki medycznej i rozwoju metod terapeutycznych.

5. SPIS RYCIN

Rycina 1. Zdjęcie przedstawia typ I mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CSP – część obojczykowo-mostkowa mięśnia piersiowego większego;

Rycina 2. Zdjęcie przedstawia typ II mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; SM – część mostkowo-żebrowa;

Rycina 3. Zdjęcie przedstawia typ III mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; SM – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 4. Zdjęcie przedstawia podtyp IVa mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CP1 – część obojczykowa nr 1; CP2 – część obojczykowa nr 2; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 5. Zdjęcie przedstawia podtyp IVb mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; CSP – część obojczykowo-mostkowa; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 6. Zdjęcie przedstawia podtyp IVc mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CP – część obojczykowa; SSP – część mostkowo-żebrowa górna; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 7. Zdjęcie przedstawia podtyp IVd mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

CSP – część obojczykowo-mostkowa; SSP – część mostkowo-żebrowa górna; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 8. Zdjęcie przedstawia podtyp Va mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

CP1 – część obojczykowa nr 1; CP2 – część obojczykowa nr 2; SSP – część mostkowo-żebrowa górna; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 9. Zdjęcie przedstawia podtyp Vb mięśnia piersiowego większego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

CP1 – część obojczykowa nr 1; CP2 – część obojczykowa nr 2; CSP – część obojczykowo-mostkowa; SP – część mostkowo-żebrowa; AP – część brzuszna;

Rycina 10. Zdjęcie przedstawia podtyp Ia mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruczy łopatki;

Rycina 11. Zdjęcie przedstawia podtyp Ib mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruczy łopatki; *-pierwsza struktura mięśniowa tworząca pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; **-druga struktura mięśniowa tworząca pojedynczy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego;

Rycina 12. Zdjęcie przedstawia typ II mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pierwszy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 2Pm – drugi brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruczy łopatki; PM – mięsień piersiowy większy;

Rycina 13. Zdjęcie przedstawia typ III mięśnia piersiowego mniejszego występujący na płodzie ludzkim – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

1Pm – pierwszy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 2Pm – drugi brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 3Pm – trzeci brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; CP – wyrostek kruczy łopatki;

Rycina 14. Zdjęcie przedstawia mięsień „pectoralis quartus” na ludzkim płodzie – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

PQ – mięsień „pectoralis quartus”; PMi – mięsień piersiowy mniejszy;

Rycina 15. Zdjęcie przedstawia mięsień „axillary arch” na ludzkim płodzie – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

AAM – mięsień „Axillary arch”; LDM – mięsień najszerszy grzbietu; PM – mięsień piersiowy większy;

Rycina 16. Zdjęcie przedstawia mięsień „chondrocoracoideus” na ludzkim płodzie – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

CCM – mięsień „chondrocoracoideus”; PMi – mięsień piersiowy mniejszy; CP – wyrostek kruczy łopatki;

Rycina 17. Zdjęcie przedstawia mięsień mostkowy na ludzkim płodzie – typ 1 – strona prawa. Zdjęcie autorskie.

SM – mięsień mostkowy;

Rycina 18. Zdjęcie przedstawia mięsień mostkowy na ludzkim płodzie – typ 2 – strona lewa. Zdjęcie autorskie.

SCM- mięsień mostkowo-obończykowo-sutkowy; SM – mięsień mostkowy;

6. SPIS TABEL

Tabela 1. Porównanie pomiarów standardowych części mięśnia piersiowego większego w poszczególnych typach klasyfikacji stworzonej na ludzkich płodach

CRL - długość ciemieniowo-siedzeniowa; MJ- połączenie pomiędzy częścią mięśniową a częścią ścięgnistą; OS - odchylenie standardowe; P - wartość P; PD - przyczep dystalny; PP - przyczep proksymalny

Tabela 2. Zbiorcza tabela częstości występowania poszczególnych typów mięśnia piersiowego mniejszego u ludzkich płodów z podziałem według płci i strony ciała

Tabela 3. Porównanie pomiarów poszczególnych typów mięśnia piersiowego mniejszego w oparciu o klasyfikację stworzoną na ludzkich płodach

1Pm - pierwszy brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 2Pm - drugi brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; 3Pm - trzeci brzusiec mięśnia piersiowego mniejszego; MJ - miejsce połączenia brzusca mięśniowego ze strukturą ścięgnistą; MS - struktura mięśniowa tworząca wspólnie brzusiec mięśniowy; OS - odchylenie standardowe; p- wartość p; PD - przyczep dystalny; PP - przyczep proksymalny

Tabela 4. Pomiary morfometryczne dodatkowych mięśni okolicy klatki piersiowej zaobserwowanych podczas badania przeprowadzonego na ludzkich płodach

DŁ. - długość; GR. - grubość; L - lewa; M - męska; M.B. - brzusiec mięśniowy; MJ. - połączenie pomiędzy częścią mięśniową a częścią ścięgnistą; P - prawa; P.D. - przyczep dystalny; P.P. - przyczep proksymalny; SZER. - szerokość; T. - ścięgno; Ż - żeńska

7. LITERATURA

1. Bergman RA. Illustrated encyclopedia of human anatomic variation: opera. Iowa City, IA: Virtual Hospital; 1996.
2. Haładaj R, Wyśiadecki G, Clarke E, et al. Anatomical variations of the pectoralis major muscle: notes on their impact on pectoral nerve innervation patterns and discussion on their clinical relevance. *Biomed Res Int.* 2019;2019:6212039. doi:10.1155/2019/6212039.
3. Lewis O. The phylogeny of the cruropedal extensor musculature with special reference to the primates. *J Anat.* 1966;130:833-857.
4. Bardeen C. Development and variation of the musculature of the inferior extremity and the neighboring regions of the trunk in man. *Am J Anat.* 1906;6:259-390. doi:10.1002/aja.1000060108.
5. Raikos A, Paraskevas GK, Yusuf F, Kordali P, Ioannidis O, Brand-Saberi B. Sternalis muscle: a new crossed subtype, classification, and surgical applications. *Ann Plast Surg.* 2011;66(5):518-23. doi: 10.1097/SAP.0b013e31820d688b.
6. Delay E, Nachaoui H, Frobert P. Poland's syndrome. *Ann Plast Surg.* 2022;89(6):746-751. doi: 10.1016/j.anplas.2022.07.020.
7. Kennedy KR, Wang AL. Poland syndrome. *N Engl J Med.* 2017;377(9):875-876. doi: 10.1056/nejmicm1709713.
8. Aktas I, Kaya E, Akpınar P, Özkan F, Vural A, Akgün K. Vascular pectoralis minor syndrome as an overlooked condition: a case report. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2021;67(4):538-554.
9. Sanders RJ, Rao NM. The forgotten pectoralis minor syndrome: 100 operations for pectoralis minor syndrome alone or accompanied by neurogenic thoracic outlet syndrome. *Ann Vasc Surg.* 2010;24(5):701-707.
10. Karanlık H, Fathalizadeh A, İlhan B, Serin K, Kurul S. Axillary arch may affect axillary lymphadenectomy. *Breast Care (Basel).* 2014;9(5):328-332. doi: 10.1159/00035730.

11. Roux F, Dhombres F, Friszer S, Jouannic J-M. Comment évaluer la flexion de l'embryon lors de la mesure de la longueur cranio-caudale / How to assess the neutral position of the fetus for the crown-rump length measurement at the nuchal translucency scan. *Gynecol Obstet Fertil.* 2016;44(7-8):492-495. doi: 10.1016/j.gyobfe.2016.02.007.
12. Ashley GT. The manner of insertion of the pectoralis major muscle in man. *Anat Rec.* 1952;113(3):301-307. doi: 10.1002/ar.1091130305.
13. Wolfe SW, Wickiewicz TL, Cavanaugh JT. Ruptures of the pectoralis major muscle. An anatomic and clinical analysis. *Am J Sports Med.* 1992;20(6):699-705. doi: 10.1177/036354659202000609.
14. Rehman A, Robinson P. Sonographic evaluation of injuries to the pectoralis muscles. *Am J Roentgenol.* 2005;184(4):1205-1210. doi: 10.2214/ajr.184.4.01841205.
15. Chemmal MD, Rohilla S, Nomani K, Dhawan V, Singh S. Axillary arch muscle and pectoralis quartus: an unusual combination of two variant supernumerary muscles in the axillary region — a case report. *Surg Radiol Anat.* 2024;46(10):1703-1708. doi: 10.1007/s00276-024-03447-1.
16. Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M. Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.; 2016. p. 9781118430309.
17. Asghar A, Naaz S, Narayan RK, et al. The prevalence and distribution of sternalis muscle: a meta-analysis of published literature of the last two hundred years. *Anat Sci Int.* 2022;97(1):110–123. doi: 10.1007/s12565-021-00632-9. PMID: 34591276.
18. Bonastre V, Rodríguez-Niedenführ M, Choi D, et al. Coexistence of a pectoralis quartus muscle and an unusual axillary arch: case report and review. *Clin Anat.* 2002;15(5):366–370. doi: 10.1002/ca.10053. PMID: 12203382.
19. Natsis N, Vlasits K, Totlis T, et al. Abnormal muscles that may affect axillary lymphadenectomy: surgical anatomy. *Breast Cancer Res Treat.* 2010;120(1):77–82. doi: 10.1007/s10549-009-0374-5. PMID: 19306056.
20. Mosconi T, Kamath S. Bilateral asymmetric deficiency of the pectoralis major muscle. *Clin Anat.* 2003;16:346–349. doi: 10.1002/ca.10077.

21. Bing R. Ueber angeborene muskeldefecte. *Arch Pathol Anat Physiol Klin Med.* 1902;170(2):175–228. doi: 10.1007/bf01929369.
22. Clark E. Congenital variation of the pectoral muscles, with report of a case. *J Anat Physiol.* 1915;49(Pt 2):155–164. PMID: 17233021.
23. Fung L, Wong B, Ravichandiran K, et al. Three-dimensional study of pectoralis major muscle and tendon architecture. *Clin Anat.* 2009;22:500–508. doi: 10.1002/ca.20784.
24. Narahara K. Poland syndrome. *Ryoikibetsu Shokogun Shirizu.* 2001;513–515. doi: 10.1056/nejmicm1709713.
25. Barge-Caballero E, Crespo-Leiro MG, Paniagua-Martín MJ, et al. Quinolone-related Achilles tendinopathy in heart transplant patients: incidence and risk factors. *J Heart Lung Transpl.* 2008;27:46–51. doi: 10.1016/j.healun.2007.09.021.
26. Yamasaki M. Anatomical study on 2 cases of the congenital partial defect of pectoralis major and minor muscles. *Anat Anz.* 1989;168:423–432.
27. Arican RY, Coskun N, Sarikcioglu L, et al. Co-existence of the pectoralis quartus and pectoralis intermedius muscles. *Morphologie.* 2006;90(290):157-159. doi: 10.1016/j.morpho.2006.02.004.
28. Rizk E, Harbaugh K. The muscular axillary arch: an anatomic study and clinical considerations. *Neurosurgery.* 2008;63(4 Suppl 2):316-9; discussion 319. doi: 10.1227/01.NEU.0000327033.22068.74.
29. Bertone V, Ottone N, Tartaro M. The morphology and clinical importance of the axillary arch. *Folia Morphol.* 2008;67(4):261-6.
30. Loukas M, Noordeh N, Tubbs RS. Variation of the axillary arch muscle with multiple insertions. *Singapore Med J.* 2009;50(2):e88-90.
31. Turki MA, Adds PJ. Langer's axillary arch: a rare variant, and prevalence among Caucasians. *Folia Morphol.* 2017;76(3):536-539. doi: 10.5603/FM.a2017.0022.
32. Zielinska N, Ruzik K, Georgiev GP, et al. A new variety of chondrocoracoideus muscle, or an additional head of pectoralis major muscle. *Surg Radiol Anat.* 2022;44(2):233-237. doi: 10.1007/s00276-022-02887-x.

33. Venieratos D, Samolis A, Piagkou M, et al. The chondrocoracoideus muscle: a rare anatomical variant of the pectoral area. *Acta Med Acad.* 2017;46(2):155–161. doi: 10.5644/ama2006-124.200. PMID: 29338279.
34. Douvetzemis S, Natsis K, Piagkou M, et al. Accessory muscles of the anterior thoracic wall and axilla. Cadaveric, surgical and radiological incidence and clinical significance during breast and axillary surgery. *Folia Morphol.* 2019;78(3):606-616. doi: 10.5603/FM.a2019.0005.
35. Snosek M, Tubbs RS, Loukas M. Sternalis muscle, what every anatomist and clinician should know. *Clin Anat.* 2014;27(6):866-884. doi: 10.1002/ca.22361.
36. Mori M. Statistics on the musculature of the Japanese. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 1964;40:195–300. doi: 10.2535/ofaj1936.40.3_195. Indexed in PubMed: 14213705.
37. Al-Redouan A, Benes M, Abbaspour E, Kunc V, Kachlik D. Prevalence and anatomy of the anomalous subclavius posticus muscle and its clinical implications with emphasis in neurogenic thoracic outlet syndrome: Scoping review and meta-analysis. *Ann Anat.* 2023; [online] 2023:152046. doi: 10.1016/j.aanat.2023.152046.
38. Sanders RJ, Rao NM. The forgotten pectoralis minor syndrome: 100 operations for pectoralis minor syndrome alone or accompanied by neurogenic thoracic outlet syndrome. *Ann Vasc Surg.* 2010;24:701–708.

8. ZAŁĄCZNIKI

- **Załącznik 1-20 – OŚWIADCZENIA**
- **Załącznik 21 i 22 – ZGODA KOMISJI BIOETYCZNEJ**
- **Załącznik 23 – WYKAZ PUBLIKACJI**
- **Załącznik 24-26 – PUBLIKACJE WCHODZĄCE W SKŁAD ZBIORU**

Załącznik 1

Wrocław, 24.03.2025

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako autor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

oświadczam, że mój udział w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez moją osobę, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

Michał

Podpis

Łódź, 26.03.2025

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na:

stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.



Podpis

Załącznik 3

Uniwersytet Szpital Kliniczny nr 2
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
ZAKŁAD DIAGNOSTYKI OBRAZOWEJ
I RADIOLOGII INTERWENCYJNEJ
90-549 Łódź, ul. Żeromskiego 113
tel. 42 205 98 50

Łódź, 24.03.2025 r.

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

KIEROWNIK ZAKŁADU
Uniwersytetu Szpital Kliniczny nr 2
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
ZAKŁAD DIAGNOSTYKI OBRAZOWEJ
I RADIOLOGII INTERWENCYJNEJ
.....
Podpis
prof. i sz. dr hab. n. med. Michał Podgórski

Łódź, 24.03.2025

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

Ungutof Ungutof

Podpis

Szczecin 24 03 2025

(miejscowość, data)

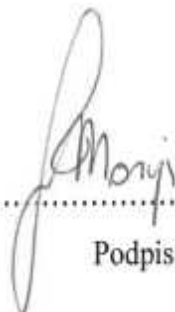
OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.


.....
Podpis

Erlangen, 25.03.2025

(Place, Date)

STATEMENT

As a co-author of the publication:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

I hereby declare that Nicol Zielinska's contribution to the creation of this publication included: developing the research concept, collecting research material, conducting and processing photographic documentation, performing morphometric measurements, interpreting the results, preparing tables, writing the manuscript, and incorporating revisions into the article. I estimate Nicol Zielinska's contribution to the study at 70%.

Furthermore, I grant permission for the use of the aforementioned work, submitted by Nicol Zielinska, as part of a series of publications for the purpose of her doctoral dissertation.

FAU Friedrich-Alexander-Universität
Faculty of Medicine

Functional and Clinical Anatomy

Head:

Prof. Dr. med. Dr. h.c. mult.

Friedrich Paulsen

Universitätsstr. 19, D-91054 Erlangen

Tel.: 09131 85 22865/22864, Fax: 09131 85 22862

friedrich.paulsen@fau.de

F. Paulsen

(Signature)

Załącznik 7

Katedra Nauk Morfologiczno-Fizjologicznych
Collegium Medicum
Akademii Mazowieckiej w Płocku
Pl. Dąbrowskiego 2, 09-402 Płock

Płock, 25.03.2025
(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

KIEROWNIK
Katedry Nauk Morfologiczno-Fizjologicznych
Collegium Medicum
Akademii Mazowieckiej w Płocku
dr hab. n. med. Łukasz Olewnik – prof. Uczelni
e-mail: l.olewnik@mazowiecka.edu.pl

Podpis

Wrocław, 24.03.2025

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako autor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

oświadczam, że mój udział w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez moją osobę, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.



Podpis

Szczecin 24.03.2021

(miejscowość, data)

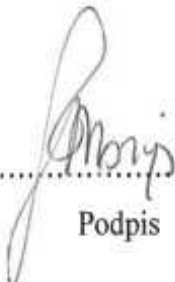
OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.


.....
Podpis

Erlangen, 25.03.2025

(Place, Date)

STATEMENT

As a co-author of the publication:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

I hereby declare that Nicol Zielinska's contribution to the creation of this publication included: developing the research concept, collecting research material, conducting and processing photographic documentation, performing morphometric measurements, interpreting the results, preparing tables, writing the manuscript, and incorporating revisions into the article. I estimate Nicol Zielinska's contribution to the study at 70%.

Furthermore, I grant permission for the use of the aforementioned work, submitted by Nicol Zielinska, as part of a series of publications for the purpose of her doctoral dissertation.



Friedrich-Alexander-Universität
Medizinische Fakultät

Funktionelle und Klinische Anatomie

Leitung:

Prof. Dr. med. Dr. h.c. mult.

Friedrich Paulsen

Universitätsstr. 19, D-91054 Erlangen

Tel.: 09131 85 22865/22864, Fax: 09131 85 22862

friedrich.paulsen@fau.de

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Paulsen', written over a horizontal dotted line.

(Signature)

Łódź, 24.03.25

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

Umyślny Umyślny

Podpis

Athens (Greece), 24/03/2025

(Place, Date)

STATEMENT

As a co-author of the publication:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

I hereby declare that Nicol Zielinska's contribution to the creation of this publication included: developing the research concept, collecting research material, conducting and processing photographic documentation, performing morphometric measurements, interpreting the results, preparing tables, writing the manuscript, and incorporating revisions into the article. I estimate Nicol Zielinska's contribution to the study at 70%.

Furthermore, I grant permission for the use of the aforementioned work, submitted by Nicol Zielinska, as part of a series of publications for the purpose of her doctoral dissertation.

George Triantafyllou

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'GA' with a long horizontal stroke extending to the right.

(Signature)

Athens (Greece), 24/03/2025

(Place, Date)

STATEMENT

As a co-author of the publication:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

I hereby declare that Nicol Zielinska's contribution to the creation of this publication included: developing the research concept, collecting research material, conducting and processing photographic documentation, performing morphometric measurements, interpreting the results, preparing tables, writing the manuscript, and incorporating revisions into the article. I estimate Nicol Zielinska's contribution to the study at 70%.

Furthermore, I grant permission for the use of the aforementioned work, submitted by Nicol Zielinska, as part of a series of publications for the purpose of her doctoral dissertation.

Professor Maria Piagkou



(Signature)

Załącznik 14

Katedra Nauk Morfologiczno-Fizjologicznych
Collegium Medicum
Akademii Mazowieckiej w Płocku
Pl. Dąbrowskiego 2, 09-402 Płock

Płock 25.03.25

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 70%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

KIEROWNIK
Katedry Nauk Morfologiczno-Fizjologicznych
Collegium Medicum
Akademii Mazowieckiej w Płocku
dr hab. n. med. Janusz Olewnik – prof., Uczelnia
e-mail: j.olewnik@mazowiecka.edu.pl

Podpis

Wrocław, 24.03.2025

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako autor publikacji:

Accessory thoracic muscles in human fetuses

oświadczam, że mój udział w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 75%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez moją osobę, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

Klichuska

Podpis

Kodz, 24.03.2025r.

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Accessory thoracic muscles in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 75%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

Marko Pośnik

Podpis

Łódź, 24.03.25

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Accessory thoracic muscles in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 75%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

Angelika Ugońska

Podpis

Athens (Greece), 24/03/2025

(Place, Date)

STATEMENT

As a co-author of the publication:

Accessory thoracic muscles in human fetuses

I hereby declare that Nicol Zielinska's contribution to the creation of this publication included: developing the research concept, collecting research material, conducting and processing photographic documentation, performing morphometric measurements, interpreting the results, preparing tables, writing the manuscript, and incorporating revisions into the article. I estimate Nicol Zielinska's contribution to the study at 75%.

Furthermore, I grant permission for the use of the aforementioned work, submitted by Nicol Zielinska, as part of a series of publications for the purpose of her doctoral dissertation.

George Triantafyllou

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'GA' with a long horizontal stroke extending to the right.

(Signature)

Szczecin 24.03.2015

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Accessory thoracic muscles in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 75%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.


.....
Podpis

Załącznik 20

Katedra Nauk Morfologiczno-Fizjologicznych
Collegium Medicum
Akademii Mazowieckiej w Płocku
Pl. Dąbrowskiego 2, 09-402 Płock

Płock, 25.03.2020

(miejscowość, data)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor publikacji:

Accessory thoracic muscles in human fetuses

oświadczam, że udział Pani Nicol Zielinskiej w powstaniu publikacji polegał na: stworzeniu konceptu pracy, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu i obróbce zdjęć, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, interpretacji wyników, przygotowaniu tabel, napisaniu artykułu oraz naniesieniu poprawek w artykule. Udział pani Nicol Zielinskiej w realizacji pracy szacuję na 75%.

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy przedłożonej przez Nicol Zielinską, jako części cyklu publikacji do przeprowadzenia przewodu doktorskiego.

KIEROWNIK
Katedry Nauk Morfologiczno-Fizjologicznych
Collegium Medicum
Akademii Mazowieckiej w Płocku

dr hab. n. med. Łukasz Olewnik – prof. Uczelni
e-mail: lolewnik@mazowiecka.edu.pl

Podpis

KOMISJA BIOETYCZNA PRZY UNIWERSYTECIE MEDYCZNYM W ŁODZI
Pl. Hallera 1B, 90-647 Łódź, tel. 0 785 911 596, 42 272-52-43, bioetyka@umed.lodz.pl

OPINIA
KOMISJI BIOETYCZNEJ O PROJEKCIE BADANIA NAUKOWEGO
Numer RNN/114/24/KE z dnia 14 maja 2024 r.

(przy korespondencji dotyczącej niniejszej decyzji prosimy powoływać się każdorazowo na powyższy numer i datę Uchwały)

Główny badacz i wykonawca:

Dr hab.n.med. Łukasz Olewnik, Nicol Zielińska, Zakład Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedra Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi,
ul. Żeligowskiego 7/9, 90-752 Łódź

Tytuł badania:

Określenie częstości zmienności morfologicznych narządu ruchu na osobach dorosłych oraz ludzkich płodach.

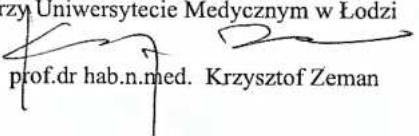
Na podstawie art. 29 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (t.j. Dz. U. z 2022 r. poz. 1731 z późn. zm.), rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 26 stycznia 2023 r. w sprawie komisji bioetycznej oraz Odwoławczej Komisji Bioetycznej (Dz. U. poz. 218), zarządzenia nr 55/2022 z 26 maja 2022 r. Rektora Uniwersytetu Medycznego w Łodzi w sprawie wprowadzenia Regulaminu pracy Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi oraz zarządzenia nr 47/2023 z dnia 20 kwietnia 2023 r. Rektora Uniwersytetu Medycznego w Łodzi w sprawie powołania Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi, po przeanalizowaniu wniosku na podstawie złożonych dokumentów, Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (wypełniając zobowiązania ICH GCP) uchwala, co następuje:

Z przedstawionego wniosku / projektu badania złożonego do Komisji Bioetycznej wynika, że będzie to badanie na płodach i zwłokach ludzkich w celu stworzenia własnej klasyfikacji mięśni występujących w ludzkim ciele i płodach oraz porównanie ich do klasyfikacji stworzonych w badaniach wcześniejszych.

Projekt badania nie nosi cech eksperymentu medycznego ani badania klinicznego dokonywanego na pacjencie, dlatego nie podlega ocenie Komisji Bioetycznej.

Badanie może być przeprowadzone bez konieczności opiniowania przez Komisję Bioetyczną.

Przewodniczący Komisji Bioetycznej
przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi


prof.dr hab.n.med. Krzysztof Zeman

Załącznik 22

KOMISJA BIOETYCZNA PRZY UNIWERSYTECIE MEDYCZNYM W ŁODZI
Pl. Hallera 1B, 90-647 Łódź, tel. 0 785 911 596, 42 272-52-43, bioetyka@umed.lodz.pl

UCHWAŁA

KOMISJI BIOETYCZNEJ O PROJEKCIE EKSPERYMENTU MEDYCZNEGO

Numer RNN/137/20/KE z dnia 12 maja 2020 r.

(przy korespondencji dotyczącej niniejszej decyzji prosimy powoływać się każdorazowo na powyższy numer i datę Uchwały)

Główny badacz i wykonawca:

Dr n.med. Łukasz Olewnik, mgr Bartłomiej Szewczyk, Zakład Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedra Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, ul. Żeligowskiego 7/9, 90752 Łódź

Tytuł badania:

Określenie częstości zmienności morfologicznych w rejonie barku i ramienia – potencjalne znaczenie kliniczne.

Na podstawie ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (t. j. Dz. U. z 2017 r. poz. 125, z późn. zm.), ustawy z dnia 6 września 2001 r. Prawo farmaceutyczne (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 2142 z późn. zm.), rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie wzorów dokumentów przedkładanych w związku z badaniem klinicznym produktu leczniczego oraz w sprawie wysokości i sposobu uiszczania opłat za złożenie wniosku o rozpoczęcie badania klinicznego (Dz. U. z 2012 r., poz. 491), ustawy z dnia 20 maja 2010 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. z 2017 r. poz. 211 ze zm.), rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2016 r. w sprawie wzorów wniosków przedkładanych w związku z badaniem klinicznym, wysokości opłat za złożenie wniosków oraz sprawozdania końcowego z wykonania badania klinicznego (Dz. U. poz. 208), rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych (Dz. U. Nr 47 poz. 480), zarządzenia nr 8/2015 z 16 lutego 2015 r. Rektora Uniwersytetu Medycznego w Łodzi w sprawie wprowadzenia Regulaminu pracy Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi oraz zarządzenia nr 57/2017 z dnia 5 września 2017 r. Rektora Uniwersytetu Medycznego w Łodzi w sprawie powołania Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi po przeanalizowaniu wniosku, zapoznaniu się z projektem opinii dotyczącej zgłoszonego badania, w głosowaniu tajnym,

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (wypełniając zobowiązania ICH GCP) uchwala, co następuje:

§ 1

1. Opiniuje wniosek **pozytywne, bez zastrzeżeń**, na podstawie złożonych dokumentów, których wykaz określa załącznik nr 1. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

§ 2

Opinia dotyczy tylko rozpatrywanego wniosku z uwzględnieniem przedstawionego projektu. Każda zmiana i modyfikacja wymaga uzyskania odrębnej opinii. Wnioskodawca zobowiązany jest do informowania o wszelkich poprawkach, zdarzeniach niepożądanych oraz nieprzewidzianych okolicznościach.

Odwwołanie od niniejszej uchwały wnosi się za pośrednictwem Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi do Odwoławczej Komisji Bioetycznej, w terminie 14 dni od dnia otrzymania uchwały wyrażającej opinię.

Kierownik
Zakładu Preparatyki Anatomicznej i Donacji
Katedry Anatomii i Histologii
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Dr hab. n. med. Łukasz Olewnik

Przewodniczący Komisji Bioetycznej
przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi

prof.dr hab.n.med. Józef Drzewoski

Lista obecności na posiedzeniu Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi
w dniu 12 maja 2020-r. odbywającym się w formie telekonferencji

Lp.	Imię i nazwisko	Zawód, specjalność	Miejsce pracy
1.	Prof. dr hab. n. med. Józef Drzewoski Przewodniczący Komisji	Lekarz medycyny, internista, diabetolog farmakolog kliniczny	Emerytowany profesor Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
2.	Ks. dr hab. Jan Wolski Z-ca Przewodniczącego Komisji	Duchowny, bioetyk	Wyższe Seminarium Duchowne w Łodzi
3.	Prof. dr hab. n. med. Andrzej Głąbiński	Lekarz medycyny, neurolog	Klinika Neurologii i Udarów Mózgu UM w Łodzi
4.	Prof. dr hab. n. med. Iwona Kłoszewska	Lekarz medycyny psychiatra	Klinika Psychiatrii Wieku Podeszłego i Zaburzeń Psychotycznych UM w Łodzi
5.	Dr n.med. Maja Kufelnicka- Babout	Lekarz medycyny położnik, ginekolog	Klinika Perinatologii, I Katedry Ginekologii i Położnictwa UM w Łodzi
6.	Prof. dr hab. n. med. Janusz Piekarski	Lekarz medycyny, chirurg onkolog	Klinika Chirurgii Onkologicznej UM w Łodzi
7.	Prof. dr hab. n. med. Henryk Stępień	Lekarz medycyny, endokrynologia	Zakład Immunoendokrynologii UM w Łodzi
8.	Dr hab. n. med. prof. nadzw. Marta Woldańska- Okońska	Rehabilitacja medyczna	Klinika Rehabilitacji i Medycyny Fizykalnej UM w Łodzi
9.	Prof. dr hab. n. med. Krzysztof Zeman	Lekarz medycyny, pediatria, immunologia kliniczna	Klinika Pediatrii, Kardiologii Prewencyjnej i Immunologii Wieku Rozwojowego UM w Łodzi
10.	Dr n. prawn. Rafał Budzisz	Prawnik	Uniwersytet Łódzki w Łodzi
11.	Dr n.med. Beata Barwińska	pielęgniarka	Wojewódzka Stacja Ratownictwa Medycznego w Łodzi
12.	Mgr Elżbieta Piotrowska- Rutkowska	Farmaceutka	Naczelna Izba Aptekarska, ul. Długa 16 w Warszawie
13.	Dr n. med. Elżbieta Jaszczuk	Lekarz medycyny, anestezjologia i intensywna terapia	Przedstawicielka Okręgowej Rady Lekarskiej w Łodzi

Przewodniczący
Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym
w Łodzi

prof. dr hab. n. med. Józef Drzewoski

**ZAŁĄCZNIK Nr 1 DO UCHWAŁY
KOMISJI BIOETYCZNEJ O PROJEKCIE EKSPERYMENTU MEDYCZNEGO**

Numer RNN/137/20/KE z dnia 12 maja 2020 r.

(przy korespondencji dotyczącej niniejszej decyzji prosimy powoływać się każdorazowo na powyższy numer i datę Uchwały)

Główny badacz i wykonawca:

Dr n.med. Łukasz Olewnik, mgr Bartłomiej Szewczyk, Zakład Preparatyki Anatomicznej i Donacji, Katedra Anatomii i Histologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, ul. Żeligowskiego 7/9, 90752 Łódź

Tytuł badania:

Określenie częstości zmienności morfologicznych w rejonie barku i ramienia – potencjalne znaczenie kliniczne.

Do Komisji wpłynęły następujące dokumenty:

1. Wniosek do Komisji Bioetycznej
2. Protokół badania
3. Życiorys: dr n.med. Łukasz Olewnik

Przewodniczący Komisji Bioetycznej
przy Uniwersytecie Medycznym w Łodzi

prof.dr hab.n.med. Józef Drzewoski

Załącznik 23

Dział Informacji Naukowej
Instytut Centrum Zdrowia Matki Polki
w Łodzi



lek. Nicol Zielinska

Wszczęcie przewodu doktorskiego - wykaz publikacji wraz z punktacją (IF + MNiSW)

Lp.	Autorzy	Tytuł	Źródło	IF	Punktacja MEiN
1.	Nicol Zielinska, R. Shane Tubbs,, Podgórski Michał, Karauda P, Michał Polgaj, Łukasz Olewnik	The subscapularis tendon: A proposed classification system. Praca oryginalna	Ann Anat. 2021; 233: 151615.	2.976	100
2.	Nicol Zielinska , R. Shane Tubbs, Andrzej Borowski, Michał Podgórski, and Łukasz Olewnik	The Subscapularis Muscle: A Proposed Classification System Praca oryginalna	Biomed Res Int. 2021; 2021: 7450000	3.246	70
3.	Nicol Zielinska, Michał Podgórski, Robert Halać, Michał Polgaj, Łukasz Olewnik	Risk Factors of Intervertebral Disc Pathology-A Point of View Formerly and Today-A Review Praca przeglądowa	J Clin Med. 2021; 10(3):409	4.964	140
4.	Nicol Zielinska, Duparc F, Michał Polgaj, Andrzej Borowski, Łukasz Olewnik	A proposal for a new classification of the Coracobrachialis longus: A rare case or a new, distinct muscle? Praca oryginalna	Ann Anat. 2021 ;239:151825.	2.976	100
5.	Nicol Zielinska, R Shane Tubbs, Michał Podgórski, Marko Konschake, Paloma Aragonés, Dariusz Grzelecki, Łukasz Olewnik	Relationships among Coracobrachialis, Biceps Brachii, and Pectoralis Minor Muscles and Their Correlation with Bifurcated Coracoid Process Praca oryginalna	Biomed Res Int. 2022; 2022:8939359.	-	70
6.	Nicol Zielinska, Karauda P, Węgiel A, Szewczyk B, Łukasz Olewnik	A very rare case of a thoracobrachialis muscle. Praca kazuistyczna	Surg Radiol Anat. 2023; 45(11):1493-1496.	1.2	70
7.	Nicol Zielinska, Kacper Ruzik, Michał Podgórski, Krzysztof Koptas, Janusz Moryś, Friedrich Paulsen, Łukasz Olewnik	Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses Praca oryginalna	Ann Anat 2023: 249: 152108.	2.0	100
8.	Nicol Zielinska, Szewczyk B, Łukasz Olewnik.	A previously undescribed case of the axillary arch muscle. Praca kazuistyczna	Folia Morphol (Warsz). 2024; 83(3): 750-755.	1.2	70
9.	Nicol Zielinska, Marta Pośnik, Krzysztof Koptas, George Triantafyllou, Janusz Moryś, Łukasz Olewnik	Accessory thoracic muscles in human fetuses. Praca oryginalna	Folia Morphol. 2024; 83(3): 700-706	1.2	70
10.	Nicol Zielinska, Janusz Moryś, Friedrich Paulsen, Krzysztof Koptas, George Triantafyllou, Maria Piagkou, Łukasz Olewnik	Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses Praca oryginalna	Ann Anat 2024; 254: 152264	2.0	100

Punktacja zgodna z rokiem wydania publikacji.

ST. INSPEKTOR
DS. BIBLIOTEKOWNICTWA
Ewa Stawiak vel Konieczna
28.02.2025

data i podpis osoby sporządzającej punktację



Contents lists available at ScienceDirect

Annals of Anatomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aanat

Research article

Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses

Nicol Zielinska^{a,b}, Kacper Ruzik^{a,b}, Michał Podgórski^{b,c}, Krzysztof Koptas^{a,b}, Janusz Moryś^{b,e}, Friedrich Paulsen^{b,d}, Łukasz Olewnik^{a,b,*}^a Department of Anatomical Dissection and Donation, Medical University of Łódź, Poland^b Department of Radiology, Diagnostic Imaging and Interventional Radiology, Medical University of Łódź, Poland^c Department of Normal Anatomy, Pomeranian Medical University, Szczecin, Poland^d Institute of Functional and Clinical Anatomy, Friedrich Alexander University Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany^e Pomeranian Medical University in Szczecin Department of Normal Anatomy Poland

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4 April 2023

Received in revised form 4 May 2023

Accepted 8 May 2023

Available online 19 May 2023

Keywords:

Fetuses

Morphological variations

Pectoralis major muscle

Muscle bellies

ABSTRACT

Background: The pectoralis major muscle is located in the anterior chest wall. In most cases, it is divided into clavicular, sternal (sternocostal) and abdominal heads. The aim of this study is to demonstrate and classify the morphological variability of the pectoralis major muscles in human fetuses.

Material and methods: Classical anatomical dissection was performed on 35 human fetuses aged 18–38 weeks of gestation at death were examined. (17 female, and 18 male, 70 sides; fixed in 10% formalin solution). The fetuses were obtained from spontaneous abortion after informed consent of both parents and through deliberate donation to the Medical University anatomy program. Upon dissection, the following morphological features were assessed: the morphology of the pectoralis major, the possible occurrence of accessory heads, the possible absence of some head, and morphometric measurements of each head of the pectoralis major muscle.

Results: Five types of morphology (based on number of bellies) were observed in the fetuses. Type I was characterized by a single clavicular head (10% of all samples). Type II comprised the clavicular and sternal heads (37.1%). Type III comprised three clavicular, sternal and abdominal heads (31.4%). Type IV (17.2%) was characterized by four muscle bellies and was divided into four subtypes. Type V (4.3%), was represented by five parts, and was divided into two subtypes.

Conclusions: Due to its embryological development, the PM demonstrates great variability in the numbers of its parts. The most common type was the PM with two bellies, in line with previous studies which also distinguished only clavicular and sternal heads.

© 2023 The Author(s). Published by Elsevier GmbH. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introduction

The pectoralis major muscle (PM) is located in the anterior chest wall. Most classifications divide the muscle into two or three heads, viz. the clavicular, the sternal (sternocostal), and the abdominal. The first originates from the anterior aspect of the proximal part of the clavicle. The proximal attachment of the second is located on the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and on the costal cartilages (usually from second to sixth). The last part originates from an aponeurosis of the external oblique muscle. All heads create a common tendon, whose distal attachment is located on the

crest of the greater tubercle of humerus (Bergman et al., 2017). The blood is supplied to the PM by the pectoral branch of the thoracoacromial trunk, lateral pectoral nerve, and branches from the intercostal arteries. This muscle is innervated by the lateral pectoral nerve and medial pectoral nerve (Bergman et al., 2017).

The PM's function varies. The clavicular part is responsible for flexion of the humerus. The sternocostal head allows for adduction, extension and internal rotation of the upper limb. Moreover, its contraction may also result in the depression and abduction of the scapula (Haley and Zaccchilli, 2014).

The pectoralis region is important in some surgeries like radical mastectomy or breast reconstruction after mastectomy. Such procedures, always run the risk of damage to the nerve supply. This can often result in denervation and atrophy of the PM, and in loss of function.

* Corresponding author at: Department of Anatomical Dissection and Donation, Medical University of Łódź, Poland.

E-mail address: lukasz.olewnik@umed.lodz.pl (L. Olewnik).

<https://doi.org/10.1016/j.aanat.2023.152108>

0940-9602/© 2023 The Author(s). Published by Elsevier GmbH. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

The PM demonstrates a number of morphological variations. For example, the sternocostal part may originate from different costal cartilages, i.e. from the first to seventh. In some cases, the abdominal part is absent, the PM may be completely absent (Bergman et al., 2017), or the PM may be doubled (Macalister, 1875). Interestingly, a number of accessory structures are associated with the PM, such as the pectoralis quartus, pectoralis minimus or sternochondrocoracoideus muscles (Zielinska et al., 2022).

Although, the PM is morphologically variable, it has no classification system. As these morphological variations may be associated with embryological development, the present study examines the morphological variation of the PM in fetuses. The main aim of the study is to create a new classification system of the PM in fetuses, and to identify causes of the described morphological variations.

2. Materials and methods

Thirty-five spontaneously-aborted human fetuses (17 female, 18 male; 70 sides) aged 18–38 weeks of gestation at death were examined, and fixed in 10% formalin solution were examined. The fetuses were obtained from spontaneous abortion after informed consent of both parents and through deliberate donation to the Medical University anatomy program. Their ages were determined on the basis of cranio-sacral and head measurements (Olewnik et al., 2022).

The first step of the anatomical dissection was removal of the skin and superficial fascia from the area of the thorax, the abdomen, the area of the shoulder, and anterior and medial side of the arm. The skin and subcutaneous tissue of these regions were then removed. This allowed the proximal attachments of all heads of the PM to be visualized. The next step was to dissect the common tendon of these heads, and its distal attachment to the humerus. Subsequently, the entire structure of the PM was thoroughly cleaned, and the morphology and proximal attachments of the individual heads was examined.

Upon dissection the following morphological features of the PM were assessed:

- the morphology of the PM
- the possible occurrence of accessory PM heads
- the possible absence of PM heads
- morphometric measurements of each PM head
- When dissecting the PM:
- special attention should be paid when removing the fascia, as some accessory muscle could be present in the area

All measurements were performed using an electronic digital caliper (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan), and each measurement was performed twice with an accuracy of up to 0.1 mm. The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Lodz. The cadavers belonged to the Department of Anatomical Dissection and Donation of the Medical University of Lodz, Poland.

3. Statistical analysis

Statistica 13 software [TIBCO Software Inc. (2017). Statistica. <http://statistica.io>] was used for calculations. To compare nominal data between groups, the Chi2 test was employed. As the continuous data in the subgroups did not demonstrate a normal distribution, they were compared using nonparametric tests. Morphometric parameters between groups were compared using the Kruskal-Wallis test by ranks with a dedicated post hoc test. A p-value of less than 0.05 was considered significant and modified for multiple testing with Bonferroni's correction. Results are presented as mean and standard deviation unless otherwise stated.

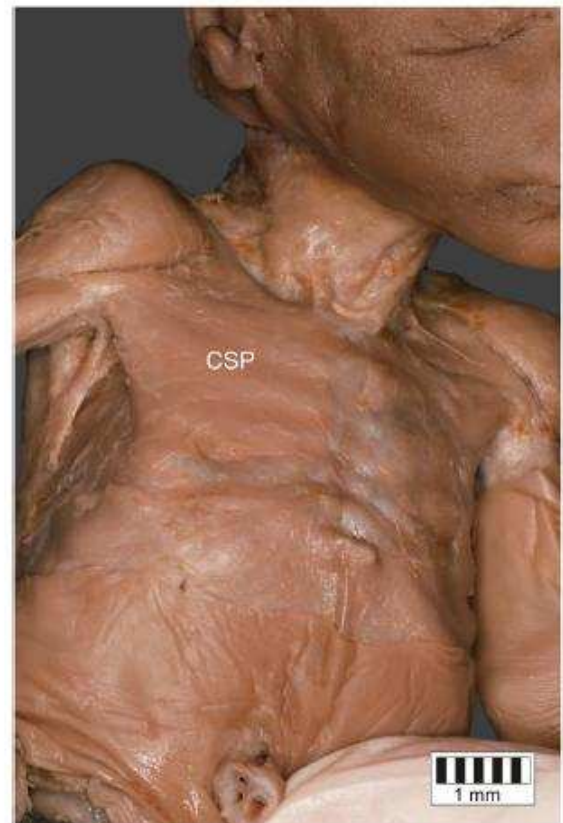


Fig. 1. CSP – claviculosternal part of the PM.

4. Results

The PM was found bilaterally in all 35 fetuses. After meticulous dissection, the following types were differentiated on the basis of numbers of bellies:

4.1. Type I

one claviculosternal part without division for distinct bellies. The part originated from the clavicle or only its medial part, from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 1 to 6 or from 1 to 7). This type occurred in 10% cases (3 F, 4 M, 4 L, 3 R, mean age 17.7 weeks) – Fig. 1.

4.2. Type II

represented by two muscle bellies. The first part was the clavicular part, originated from the anterior surface of the clavicle. The second part was the sternal part which origin was located on the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (ribs 1–6 in 4 cases, 1–7 in one case, 2–5 in 3 cases, 2–6 in 18 cases). In all cases the abdominal part was absent. This type occurred in 37.1% of cases (8 F, 18 M, 12 L, 14 R, mean age 17.2 weeks) – Fig. 2.

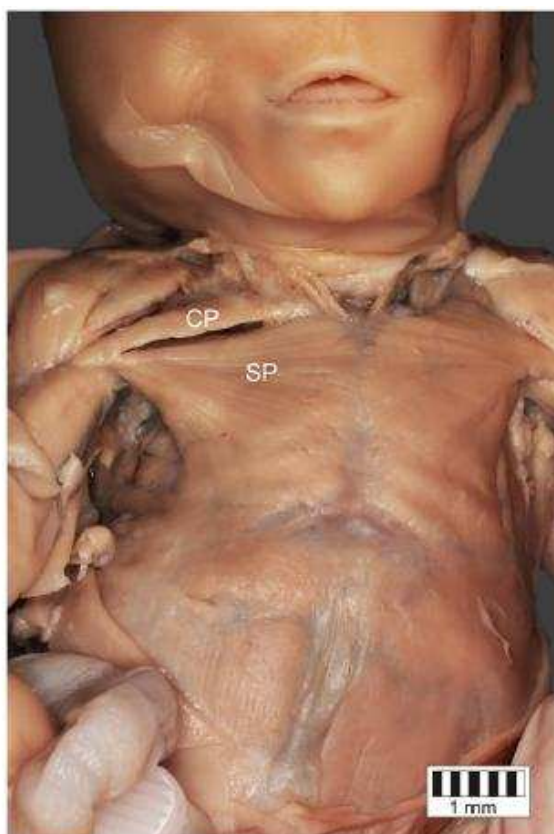


Fig. 2. CP - clavicular part of the PM; SP - sternal part of the PM.



Fig. 3. CP - clavicular part of the PM; SP - sternal part of the PM, AP - abdominal part of the PM.

4.3. Type III

represented by three muscle bellies. The first part was the clavicular part, originating from the anterior surface of the clavicle. The second part was the sternal part originating from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (ribs 2–5 in 7 cases, 2–6 in 12 cases, 2–7 in 3 cases). The third part was the abdominal part originating from the rectus sheath. This type occurred in 31.4% of cases (13 F, 9 M, 12 L, 10 R, mean age 16.9 weeks) – Fig. 3.

4.4. TYPE IV

represented by four muscle bellies. This type was divided into four subtypes based on the variability of additional heads. The sternal and abdominal parts were found in all cases. The sternal part originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (ribs 2–5 in 1 case, 2–6 in 7 cases, 3–6 in 4 cases), in turn, the abdominal part originated from the rectus sheath. This type occurred in 17.2% of cases (9 F, 3 M, 5 L, 7 R, mean age 20.8 weeks).

4.4.1. Subtype IVa

this subtype was characterized by one additional clavicular part. The first clavicular part originated from the lateral part of the anterior surface of the clavicle, and the second clavicular part from its medial part. This subtype occurred in 4.3% of cases (1 F, 2 M, 1 L, 2 R) – Fig. 4a.

4.4.2. Subtype IVb

this subtype was characterized by one additional belly, called the clavicolosternal part. This part originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 1 to 2). The course of the clavicular part was standard (i.e. origin located on the anterior surface of the clavicle). This subtype occurred in 8.6% of cases (6 F, 0 M, 3 L, 3 R) – Fig. 4b.

4.4.3. Subtype IVc

this subtype was characterized by one additional sternal part, called the 'sternal superior', which originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 1 to 2). The clavicular part originated from the anterior surface of the clavicle, but there was also a connection with the sternocleidomastoid muscle. This subtype occurred in 1.4% of cases (0 F, 1 M, 0 L, 1 R) – Fig. 4c.

4.4.4. Subtype IVd

this subtype was characterized by two additional parts: one clavicolosternal (originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and the first costal cartilage), and one sternal superior (originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 2 to 3)). The clavicular part was absent. This subtype occurred in 2.9% of cases (2 F, 0 M, 1 L, 1 R) – Fig. 4d.

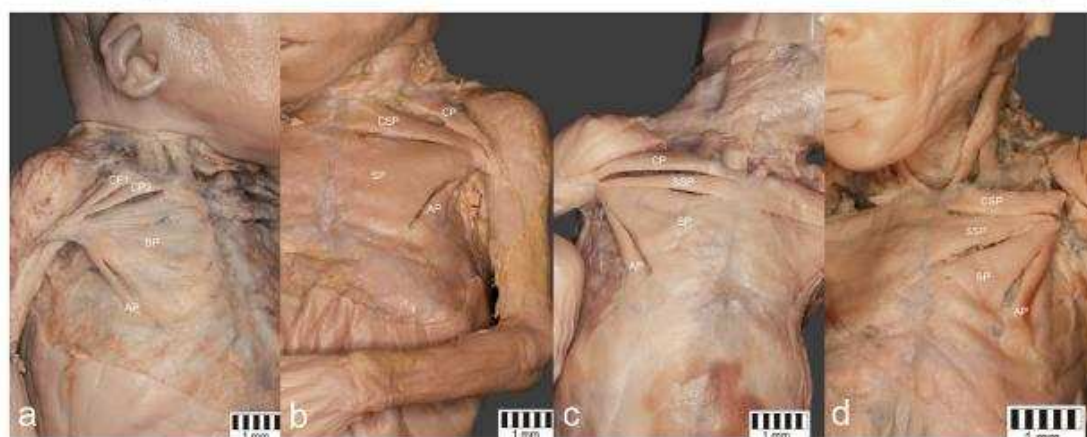


Fig. 4. Subtype a - CP1 - first clavicular part of the PM; CP2 - second clavicular part of the PM; SP - sternal part of the PM, AP - abdominal part of the PM. Subtype b - CP - clavicular part of the PM; CSP - claviculosternal part of the PM; SP - sternal part of the PM, AP - abdominal part of the PM. Subtype c - CP - clavicular part of the PM; SSP - superior sternal part of the PM, AP - abdominal part of the PM. Subtype d - CSP - claviculosternal part of the PM; SSP - superior sternal part of the PM; SP - sternal part of the PM, AP - abdominal part of the PM.

4.5. Type V

represented by five muscle bellies (two additional). All cases included the clavicular part (originating from the lateral part of the anterior surface of the clavicle), the additional clavicular part (originating from the medial part of the anterior surface of the clavicle), the sternal part (originating from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages 3–6), and the abdominal part (originating from the rectus sheath). It occurred in 4.3% of cases (1 F, 2 M, 2 L, 1 R, mean age 19.7 weeks). This type was divided into two subtypes based on the variability of the second additional muscle belly:

4.5.1. Subtype Va

In this subtype, the second additional belly was created by the sternal superior part, which originated from the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 1 to 2). It occurred in 2.9% of cases (0 F, 2 M, 1 L, 1 R) – Fig. 5a.

4.5.2. Subtype Vb

In this subtype, the second additional belly was created by the claviculosternal part, which originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 1 to 2). It occurred in 1.4% of cases (1 F, 0 M, 1 L, 0 R) – Fig. 5b.

No significant differences in occurrence were observed according to side ($p = 0.1169$); however significant differences were noted for gender ($p = 0.0001$). In addition, types 2 and 3 were observed at a significantly younger age than Type 4 (F-Ornibus test $p = 0.0256$). Table 1.

5. Discussion

The present study distinguished five types of PM in fetuses, based on number of muscle bellies. All PMs consisted of three basic parts: the clavicular, the sternal, and the abdominal parts. Wolfe et al. (Wolfe et al., 1992) also observed three main heads, and these results were confirmed by Rehman and Robinson (Rehman and Robinson, 2005) by ultrasonographic study.

However, the present study included other additional elements. Firstly, an additional clavicular part was noted, characterized by an origin located on the medial part of the clavicle. The second

structure, i.e. the claviculosternal part, originated from the medial part of the clavicle, the ipsilateral half of the anterior surface of the sternum and costal cartilages (from 1 to 2). The third additional structure, the sternal superior, had a similar origin to the previous one, but there was no proximal attachment to the clavicle.

Some parts were also absent. In Type I, the PM was represented by a single mass without division into distinct elements. Its origin was located on the clavicle, sternum and costal cartilages. In addition, no sternal part was noted. Therefore, as there was no clear division between the clavicular and sternal heads, it was classified as a claviculosternal part. Previous descriptions of cases with an absent sternal head with hypertrophy of the clavicular part, and an absent pectoralis minor muscle are given in the literature (Bergman et al., 2017).

Subtype IV was also characterized by the absence of a distinct clavicular muscular mass; however, it included two additional structures, one of which was the claviculosternal part. Although no separate clavicular part was noted in these cases, this does not indicate a complete lack of any clavicular attachment.

An absence of the abdominal part seems to be very common, with this being the case in 47.1% of cases in the present study. Interestingly, the presence of only two parts has been noted previously. Lewis et al. (Lewis, 1966) divided the PM into clavicular and sternal heads, divided into six segments, with the sixth one constituting the abdominal portion (Ashley, 1952). A similar situation was observed by Ashley (1952), but the sternal head had five segments. Fung et al. (2009) also distinguished only two main heads, and the sternal one was divided into six or seven segments (Fung et al., 2009).

A recent study by Haladaj et al. (2019) distinguished the clavicular part and sternocostal part (which is equivalent to sternal head in other studies). They also observed that in some cases, these two heads may be clearly separated by a distinct cleft. Another type was represented by hypertrophy of the clavicular part. Interestingly, in two specimens, one type demonstrated fusion between the clavicular portion of the PM and the deltoid muscle (Haladaj et al., 2019). No such type was found in the present study.

The study merits a short review of the embryological development of the PM. The development of the muscular wall starts from the mesoderm as a group of pre-muscular masses, one of which is extended between the first cervical to seventh thoracic myotome, shading off into the circumfluent mesenchyme; this excludes the



Fig. 5. Subtype a – CP1 – first clavicular part of the PM; CP2 – second clavicular part of the PM; SSP – superior sternal part of the PM; SP – sternal part of the PM, AP – abdominal part of the PM. - Subtype b – CP1 – first clavicular part of the PM; CP2 – second clavicular part of the PM; CSP – clavicolosternal part of the PM; SP – sternal part of the PM, AP – abdominal part of the PM.

anterior part at the level of the first and second ribs, because it is divided into several muscular segments. Following this, four lateral pre-muscular structures may be observed at the level of the first intercostal space. One develops ventrally to the brachial plexus and to the arm extending to the pre-muscular sheath of the arm; this structure is called the pre-muscular pectoral mass, because it gives rise to the pectoral muscles (Lewis, 1966).

In the sixth week of gestation, the lateral pre-muscular mass is completely separated into various muscles. The one that forms the pectoral muscles is extended between the level of the third rib, clavicle and humerus, but with no attachment to the ribs). The pectoral mass then divides into the PM and the pectoral minor muscle. The development of the PM occurs cranio-caudally, and the element which first differentiates it is the clavicular part, which

extends from the medial part of the clavicle to the humerus. Its distal attachment is connected with the sternocostal head, which is located between the humerus, and the first to sixth ribs and the sternum. These two parts are clearly separated by a distinct cleft between them (Bardeen, 1906).

One week later, at the seventh week of gestation, the first part which is attached to the skeletal structures, is in most cases the clavicular part. In this week, the sternocostal part, and the abdominal part are small or absent, and its attachment to the skeleton is created later, if it is created. This seems to be the end of the embryological development of the PM (Mosconi and Kamath, 2003).

When attempting to identify an association between embryological development and the variations observed in the present study, it is important to note that the mean age of the studied fetuses

Table 1
Comparison of morphometric measurements between pectoralis major types.

PARAMETER	SD 1	SD 2	SD 3	SD 4	SD 5	P value
CRANIOSACRAL	152.01 (31.94)	150.02 (45.77)	147.48 (23.92)	173.66 (19.87)	165.16 (19.62)	0.0062
CLAVICULAR PART Width PA		5.05 (1.19)	5.25 (2.15)	6.71 (2.55)	2.69 (0.80)	0.0263
CLAVICULAR PART Thickness PA		0.88 (0.47)	0.70 (0.30)	1.05 (0.28)	0.90 (0.79)	0.0670
CLAVICULAR PART Length		18.78 (7.42)	16.63 (5.19)	17.91 (3.45)	12.15 (3.02)	0.1984
STERNAL PART Width PA		21.49 (9.41)	17.64 (2.82)	20.08 (3.78)	13.98 (2.52)	0.0198
STERNAL PART Thickness PA		0.78 (0.57)	0.64 (0.28)	1.11 (0.42)	0.84 (0.37)	0.0164
STERNAL PART Length		27.81 (8.21)	25.69 (4.99)	30.98 (3.64)	23.89 (5.30)	0.0140
ABDOMINAL PART Width PA			1.80 (0.92)	2.75 (1.39)	1.59 (1.73)	0.1129
ABDOMINAL PART Thickness PA			0.36 (0.24)	0.56 (0.37)	0.36 (0.45)	0.0637
ABDOMINAL PART Length			17.89 (3.70)	20.58 (2.02)	14.57 (3.79)	0.0123
MJ Width DA	1.87 (1.02)	2.34 (0.48)	1.99 (0.44)	2.86 (0.79)	2.36 (0.20)	0.0042
MJ Thickness DA	0.96 (0.50)	0.78 (0.39)	0.88 (0.92)	1.07 (0.36)	1.17 (0.68)	0.1110

Significant p according to the Bonferroni correction was 0.0042.

PA-proximal attachment

DA-distal attachment

MJ-myotendinous junction

with each distinct type ranged from 16.9 to 20.8 weeks of gestation. As such, all demonstrated completed PM development.

Lewis (Lewis, 1966) attribute the presence of a clavicular head alone to incorrect PM caudal growth, which may result in agenesis or hypoplasia of the sternal and abdominal parts of this muscle. Hence, it is more likely that the other parts will be absent than the clavicular one [10]. Although no clavicular head was distinguished in Type I or Subtype IVd in our study, a claviculosternal part was present. As such, such cases cannot be counted as a total lack of clavicular attachment and may be accounted for by an abnormal division between clavicular and sternal parts in week 6 of embryological development.

This may also result in the absence of the sternal part. This part was only absent in Type I, characterized by a single common muscular mass.

In some cases, more than three heads of the PM were present. It is possible that such an additional clavicular part derives from hypertrophy of the head followed by additional division into two distinct muscle masses following the formation of an accessory cleft; this may occur between the clavicular and the sternal heads in the sixth week of gestation. In turn, the sternal superior part may result from a clear separation of the uppermost segment of the sternal head from the whole sternal part.

The development of the claviculosternal part remains unclear. However, the standard clavicular head resembles a combination of two additional parts: the clavicle and superior sternal. Therefore, the base of its formation may depend on the same processes. In turn, when the PM is represented by only a single mass, most likely the claviculosternal head, according to the attachment type, the most likely cause seems to be premature termination of the development of this muscle, without significant division into two distinct parts, viz. the clavicular and sternal heads, and without any embryological formation of the abdominal part.

In most cases, abnormal growth of the PM resulting in agenesis of any of its parts may be associated with improper blood supply in the critical embryonic period for the PM, i.e. the sixth week of gestation. So, if there is a problem with the blood flow in the internal thoracic artery, agenesis of the sternal part is the most probable cause. In turn, problems with delivery of the blood and its elements via the thoraco-acromial arteries may result in hypoplasia or agenesis of the clavicular part.

A statistically significant difference was found in the prevalence of types according to age (F-Omnibus test $p = 0.0256$): types with two or three heads were found at a significantly younger age than Type IV, represented by four heads. It is possible that the presence of a higher number of muscle bellies is connected with an older embryological age; however, no significant correlation was observed with Type V represented by the greatest number of PM's parts. The mean age of Type V (19.7) and Type IV (20.8) were significantly higher than for Types I-III (16.9–17.7). It may be possible that additional divisions between PM's muscular masses, are formed during a later stage of embryological development or may result from increased mobility of the fetus in the womb; this would be accompanied by incomplete embryological growth of all thoracic structures. This question requires more studies.

In some cases, the PM may be completely absent; however, in the present study, the PM was observed bilaterally in all studied fetuses. Usually, its absence is connected with the Poland's syndrome (Narahara, 2001). As this is a congenital pathology characterized by an underdeveloped chest muscle and short webbed fingers on one side of the body, it would have been noted during anatomical dissection.

In some cases, Poland's syndrome may not be responsible for the absence of the PM, but this is extremely rare (0.01%) (Bergman et al., 2017). Barge (Barge-Caballero et al., 2008) observed unilateral complete lack of the PM and pectoralis minor muscle, replaced by a

fascial membrane, while Barge et al. (Barge-Caballero et al., 2008) report a complete absence of the PM, but with the lack of a serratus anterior muscle (Barge-Caballero et al., 2008).

Hence, the PM demonstrates considerable morphologically variability in many of its muscular parts. The main cause of these variations is embryological development; however, the precise cause is unknown. The highest frequency was for Type II and III, whose descriptions can also be found in previous studies.

This study has some limitations. Although only 35 fetuses were included, this number was sufficient to demonstrate the morphological variability of bellies of the PM for the first time; a larger sample size would have been desirable. In addition, the studied fetuses were at similar ages of embryological development, and the study population was recruited from a specific population of fetuses from Poland. Therefore, more extensive studies are needed to determine whether the observed division is matched in larger populations. Finally, no ultrasonography or MRI examination were carried out; however, this study is the first study of the PM carried out on fetuses and the first to yield a completely new classification of PM muscle bellies. Such a systematic classification will be valuable for improving the results of future interventions in the thoracic area.

6. Conclusions

The PM demonstrates morphological variability in a number of its muscular parts. The main cause of these variations is embryological development. The most common type was the PM with two bellies; this is in line with previous studies which also distinguished only clavicular and sternal heads. Further studies should be carried out among adults to compare the types outlined in the new classification presented in this study. Studies based on MRI or ultrasonography examinations will be necessary to confirm whether all types presented in the study can be found among patients during MRI/USG.

Ethical approval and consent to participate

Not applicable.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no competing interests.

References

- Ashley, G.T., 1952. The manner of insertion of the pectoralis major muscle in man. *Anat. Rec.* 113, 301–307. <https://doi.org/10.1002/ar.1091130305>
- Bardeen, C., 1906. Development and variation of the musculature of the inferior extremity and the neighboring regions of the trunk in man. *Am. J. Anat.* 6, 259–390. <https://doi.org/10.1002/aja.1000060108>
- Barge-Caballero, E., Crespo-Leiro, M.G., Paniagua-Martín, M.J., et al., 2008. Quinolone-related achilles tendinopathy in heart transplant patients: incidence and risk factors. *J. Hear Lung Transpl.* 27, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2007.09.021>
- Bergman R., Attil A., Miyauchi R. (2017) Illustrated encyclopedia of human anatomic variations. *Anatomy Atlas*.
- Fung, L., Wong, B., Ravichandiran, K., et al., 2009. Three-dimensional study of pectoralis major muscle and tendon architecture. *Clin. Anat.* 22, 500–508. <https://doi.org/10.1002/ca.20784>
- Haladaj, R., Wysocki, G., Clarke, E., et al., 2019. Anatomical variations of the pectoralis major muscle: notes on their impact on pectoral nerve innervation patterns and discussion on their clinical relevance. *Biomed. Res Int* 2019, 2–3. <https://doi.org/10.1155/2019/6212039>
- Haley, C.A., Zacchilli, M.A., 2014. Pectoralis major injuries: evaluation and treatment. *Clin. Sports Med* 33, 739–756. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.06.005>
- Lewis, O., 1966. The phylogeny of the crutopedal extensor musculature with special reference to the primates. *J. Anat.* 130, 833–857.
- Macalister, A., 1875. Observations on muscular anomalies in the human anatomy. Third series with a catalogue of the principal muscular variations hitherto published. *Trans. R. Ir. Acad. Sci.* 1–130.
- Mosconi, T., Kamath, S., 2003. Bilateral asymmetric deficiency of the pectoralis major muscle. *Clin. Anat.* 16, 346–349. <https://doi.org/10.1002/ca.10077>

- Narahara, K., 2001. Poland syndrome. *Ryokibetsu Shokogun Shirizu* 513–515. <https://doi.org/10.1056/nejmicm1709713>
- Olewnik, L., Zielinska, N., Ruzik, K., et al., 2022. Morphological variability of the tibularis longus tendon in human fetuses. *Ann. Anat. - Anat. Anz.* 239, 151838. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2021.151838>
- Rehman, A., Robinson, P., 2005. Sonographic evaluation of injuries to the pectoralis muscles. *Am. J. Roentgenol.* 184, 1205–1210. <https://doi.org/10.2214/ajr.184.4.01841205>
- Wolfe, S.W., Wickiewicz, T.L., Cavanaugh, J.T., Shirley, P., 1992. Ruptures of the pectoralis major muscle. An anatomic and clinical analysis. *Am. J. Sports Med.* 20, 587–593. <https://doi.org/10.1177/036354639202000507>
- Zielinska, N., Ruzik, K., Georgiev, G.P., et al., 2022. A new variety of chondrocoracoideus muscle, or an additional head of pectoralis major muscle. *Surg. Radio. Anat.* 44, 233–237. <https://doi.org/10.1007/s00276-022-02887-x>



Contents lists available at ScienceDirect

Annals of Anatomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aanat

Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses

Nicol Zielinska^a, Janusz Moryś^b, Friedrich Paulsen^c, Krzysztof Koptas^a, George Triantafyllou^d, Maria Piagkou^d, Łukasz Olewnik^{a,*}

^a Department of Anatomical Dissection and Donation, Medical University of Lodz, Poland

^b Department of Human Anatomy and Physiology, Pomeranian University in Słupsk, Poland

^c Institute of Functional and Clinical Anatomy, Friedrich Alexander University Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany

^d Department of Anatomy, School of Medicine, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

ARTICLE INFO

Keywords:

Pectoralis minor
Variation
Morphology
Fetuses
Belly
Classification
Insertion
Origin

ABSTRACT

Background: The pectoralis minor muscle is located in the anterior thoracic wall. Typically, is constituted by a single belly originating from the 3rd to the 5th rib and inserted into the coracoid process near the origins of the biceps brachii short head and of the coracobrachialis muscle. The current study, on human fetuses, aims to detect all morphological muscle variants and to create a new classification system.

Material and methods: Classical dissection of the thoracic wall and the upper limb was bilaterally performed on 25 (13 male and 12 female) human formalin-fixed fetuses aged 18–38 weeks of gestation. The spontaneously aborted fetuses were donated after parental consent to the Medical University anatomy program. The pectoralis minor muscle's morphology, the number of the muscle's bellies, their origins, and insertions, as well as the morphometric details of each belly of the pectoralis minor, were assessed.

Results: The pectoralis minor was bilaterally found in all fetuses (50 cases). Three types of muscle were identified based on the number of muscle bellies. In type, I (typical anatomy), were classified the cases with a single belly (in 66%). This type was divided into two subtypes (1a and 1b). In the subtype 1a, the single belly had a typical course, and in 1b, a proximal attachment was characterized by two small bellies connecting together and creating one muscular mass. In type II, two bellies (24%), and in type III, three bellies (10%) were identified.

Conclusions: Pectoralis minor is morphologically variable in the number of its bellies, its course, its origins, its insertions, and the location of its proximal attachments. The most common type (typical anatomy) was the type I represented by one belly. Other identified variants in the number of bellies by the present study may be hypothetically a result of prematurely terminated embryogenesis.

1. Introduction

The pectoralis minor muscle (Pm) is one of the accessory inspiratory muscles, located in the anterior thoracic wall. Typically, has a single belly originating from the 3rd to the 5th rib (by aponeurotic slips), close to their costal cartilages, and inserted onto the anterior half of the medial border and the upper surface of the coracoid process (CP) of the scapula, adjacent to the origins of the short head of the biceps brachii and the coracobrachialis muscle. The Pm is innervated by the (medial and lateral) pectoral nerves and is supplied by the axillary artery branches (thoracoacromial, superior thoracic, lateral thoracic, and thoracodorsal artery) (Bergman, 1996).

The Pm may be morphologically variable. Different Pm insertions instead of the CP are described, such as the humeral tuberosity, the coracoacromial and coracohumeral ligament, and the capsule of the glenohumeral joint (Bergman, 1996). In addition, variant Pm origins are referred, due to the various number and levels of the proximal costal attachments. Occasionally, accessory muscles may be observed originating from various levels of the ribs and the border of the sternum and inserted into the glenohumeral joint capsule (the tensor semivaginae articulationis humeroscapularis), the arm fascia (the sternohumeralis) and the CP of the scapula (the sternochondrocoracoideus) (Bergman, 1996). On the contrary, the Pm (bilateral and unilateral) absence is very rare (Bergman, 1996).

* Corresponding author.

E-mail address: lukasz.olewnik@umed.lodz.pl (Ł. Olewnik).

<https://doi.org/10.1016/j.aanat.2024.152264>

Received 31 December 2023; Received in revised form 4 April 2024; Accepted 5 April 2024

Available online 7 April 2024

0940-9602/© 2024 Elsevier GmbH. All rights reserved.

The Pm may be clinically significant, especially in cases of its proximity to the axillary vessels and the brachial plexus. This relationship may result in neurovascular compression, a situation characterized as pectoralis minor syndrome (Wright, 1945) in which hyperabduction of the arm is one of its symptoms. On the other hand, the Pm may be useful during acromioclavicular reconstruction (Bergman, 1996).

Although the Pm is morphologically variable, its variants lack a unified classification. As these variants may be associated with embryological development, the current study on human fetuses, examines the Pm morphological variability, aiming to create a new classification system for the Pm and to identify the causes of the described morphological variability.

2. Materials and methods

Twenty-five (13 male and 12 female) spontaneously aborted human fetuses (25 left and 25 right) aged 18–38 weeks of gestation at death and fixed in 10% formalin solution were examined. The fetuses were donated after parental consent to the Medical University anatomy program. Their ages were determined based on craniosacral and head measurements. The dissection started with the removal of the skin and superficial fascia from the thoracic wall and abdomen, the shoulder area, and the anterior and medial parts of the arm. The next step was the removal of the subcutaneous tissue to allow the visualization of all proximal attachments of the Pm heads (Zielinska et al., 2023). The next step was to dissect the common tendon of these heads and its insertion into the CP. Subsequently, the entire Pm structure was thoroughly cleaned, and the morphology and origins of the individual heads were examined. Upon dissection, the following Pm morphological and morphometric features were assessed:

- the Pm morphology
- the occurrence of accessory bellies of Pm (their number)
- the morphometric details of each head of Pm
- the morphometric details of the Pm common tendon

When dissecting the Pm, special attention was paid when removing the fascia, as some accessory muscle heads or bundles could be presented in the area. All measurements were performed using a digital sliding caliper (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan) with an accuracy of up to 0.01 mm. Each measurement was performed twice by the same investigator and the interobserver error was calculated or the mean value of the two measurements was recorded. The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Lodz, Poland (resolution RNN/137/20/KE). The fetuses belonged to the Department of Anatomical Dissection and Donation of the Medical University of Lodz, Poland.

3. Results

The Pm was bilaterally found in all fetuses (50 sides). Three morphological types (I, II, and III) were differentiated based on the number of muscle bellies. All cases were innervated by the lateral and medial pectoral nerves and supplied by the axillary artery branches.

Type I with one muscle belly, identified in 66% of the cases. The type I was subdivided into two subtypes (Ia and Ib). The subtype Ia (in 58%) was characterized by a belly originating from the 3rd to 5th, or the 2nd to 5th or the 2nd to 4th ribs, or the 3rd to 4th ribs and distally attached to the CP – Fig. 1. The subtype Ib (in 8%) was characterized by a belly originating from the 2nd to the 3rd ribs, or from the 3rd rib only by two muscular structures connecting each other and creating one muscle belly distally attached as a tendon to the CP – Fig. 2.

Type II, with two bellies, was identified in 24% (the 1st belly originating from the 2nd rib, or from the 2nd and 3rd ribs, and the 2nd from the 3rd rib, or 4th rib, or 3rd and 4th ribs, or 4th and 5th ribs). All heads were attached to the CP – Fig. 3.

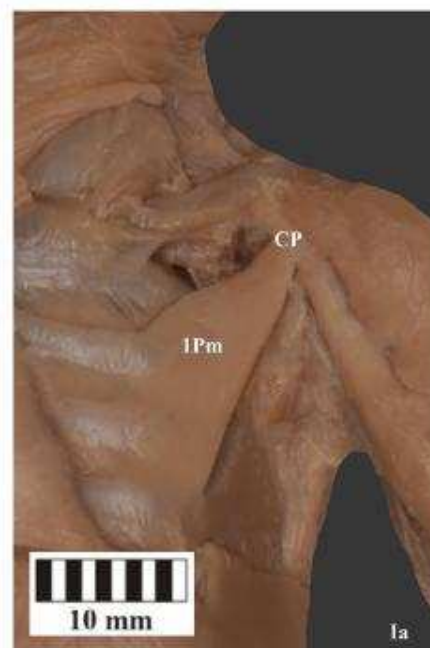


Fig. 1. Female human fetus – 32 weeks of gestation. Type Ia of the pectoralis minor muscle. 1Pm – one belly, CP – coracoid process.

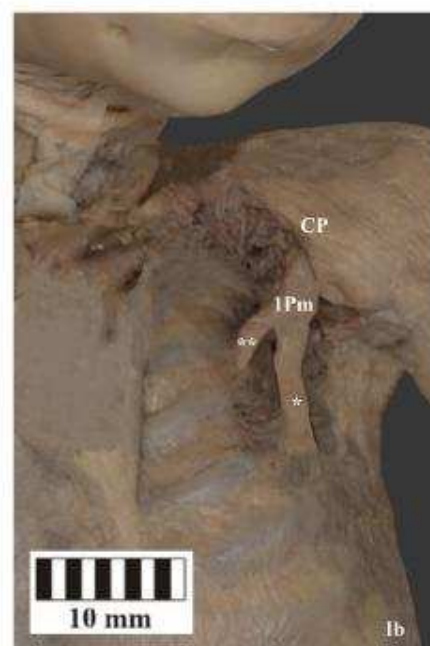


Fig. 2. Male human fetus – 29 weeks of gestation. Type Ib of the pectoralis minor muscle. CP coracoid process, 1Pm – one belly.

Type III, with three bellies, was found in 10% (the 1st belly originating from the 2nd or 3rd ribs, the 2nd from the inferior part of the 2nd rib, the external intercostal muscle, and the superior part of 3rd rib, or from the external intercostal muscle and superior part of 4th rib, or from the inferior part of 3rd rib, external intercostal muscle, and superior part of 4th rib, and the 3rd belly was attached to the 3rd or 4th rib only, or

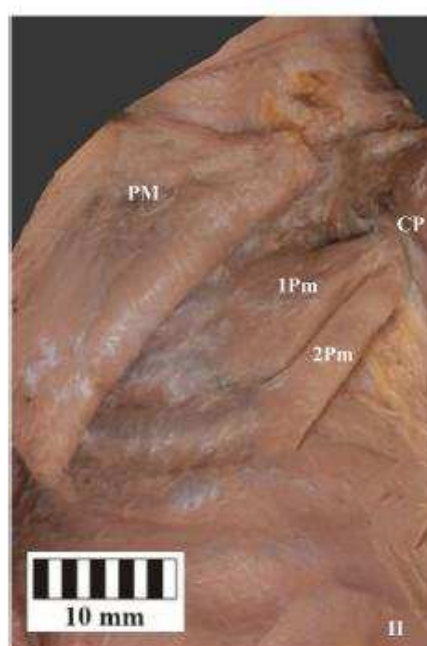


Fig. 3. Male human fetus – 33 weeks of gestation. Type II of the pectoralis minor muscle. PM – pectoralis major muscle, CP – coracoid process, 1Pm – the first muscle belly, 2Pm – the second muscle belly.

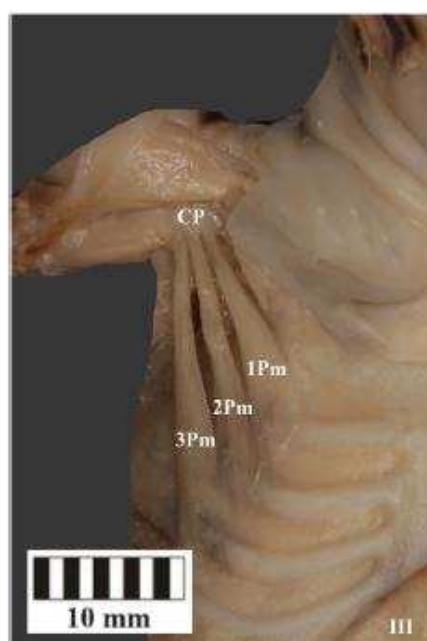


Fig. 4. Female human fetus – 30 weeks of gestation. Type III of the pectoralis minor muscle. CP – coracoid process, 1Pm – the first muscle belly, 2Pm – the second muscle belly, 3Pm – the third muscle belly.

the external intercostal muscle and the superior part of the 4th rib). Distal attachments of all heads were located on the CP – Fig. 4.

4. Statistical analysis

Statistica 13 software [TIBCO Software Inc. (2017). Statistica. <http://statistica.io>.] was used for calculations. To compare nominal data between groups, the Chi2 test was employed. As the continuous data in the subgroups did not demonstrate a normal distribution, they were compared using nonparametric tests. Morphometric parameters between groups were compared using the Kruskal-Wallis test by ranks with a dedicated *post hoc* test. A p-value of less than 0.05 was considered significant and modified for multiple testing with Bonferroni's correction. Results are presented as mean and standard deviation unless otherwise stated in Tables 1 and 2.

5. Discussion

The present study showed that the Pm is morphologically variable in the number of muscle bellies, in its course of insertion, and location of proximal attachments. In the literature, there are also descriptions of the Pm variants. The exact reason of the occurrence of these variants is not known, but disturbed embryological development, or generic, or phylogenetic factors are considered the possible causes (Schwarz and Hirtler, 2019).

In the first developmental stage (5-week embryo), the Pm and pectoralis major muscle (PM) arise from the same pre-muscle mass deriving from the 2nd rib and proximal part of the humerus. This pre-muscle mass is divided into a superficial (for the PM development), and a deep layer (for the Pm and subclavius development). In the early embryogenesis stage, the pectoral pre-muscle mass grows in an inferior direction, and in an embryo of 11 mm, the pre-muscle structure reaches the 3rd rib (Pm and PM are represented by a common mass attached to the humerus, the CP and clavicle) and in the 14 mm embryo, the caudal part of this structure extends to the tip of the 5th rib. At that moment, the proximal part divides into the PM (insertion to humerus) and Pm (insertion to the CP), while the distal attachment is still fused (Bing, 1902; Lewis, 1910a, b). In an embryo of 16 mm, these two muscles are separated. What is interesting, in the available literature, there is a piece of information that the PM during embryological development is divided into three bellies (Lewis, 1910a, b). The main cause of the plethora of morphological variants is the disturbed process of embryological development. In the present study, three morphological types of the Pm were observed. The first variant consisted of the different number of muscle bellies, the second one of the different locations of the origin of these muscle bellies, and the third one – of the location of insertions (in all cases the same location of insertion was identified – the CP).

Other authors (Schwarz and Hirtler, 2019) observed the Pm ectopic insertion. Schwarz and Hirtler (Schwarz and Hirtler, 2019) in their study correlated the Pm ectopic tendons with shoulder pain. They distinguished three types of insertion. Type I was characterized by the distal attachment of the Pm tendon to the supraspinatus muscle, to the greater

Table 1
Summary frequency table of distinct types divided by sexes and sides.

	Type Ia	Type Ib	Type II	Type III	Sum
Female	15	2	5	2	24
%	68.18%	9.09%	13.64%	9.09%	
Male	14	2	7	3	26
%	53.85%	7.69%	26.92%	11.54%	
Sum	29	4	12	5	50
Left	14	2	7	2	25
%	56.00%	8.00%	28.00%	8.00%	
Right	15	2	5	3	25
%	60.00%	8.00%	20.00%	12.00%	
Sum	29	4	12	5	50

Table 2
Comparison of morphometric measurements between pectoralis minor types.

	MALE [mm]	FEMALE [mm]	p
TYPE I – subtype Ia			
PA WIDTH	4.70 (1.51)	6.00 (1.10)	0.0078
PA THICKNESS	0.61 (0.47)	0.63 (0.34)	0.4715
MB LENGTH	12.48 (3.67)	14.22 (2.47)	0.0471
MJ WIDTH	2.45 (0.95)	3.26 (0.97)	0.0382
MJ THICKNESS	0.60 (0.21)	0.70 (0.23)	0.2565
TENDON WIDTH	3.21 (0.78)	3.38 (0.89)	0.7270
DA WIDTH	2.15 (0.87)	2.48 (1.08)	0.4450
DA THICKNESS	0.49 (0.24)	0.43 (0.15)	0.7767
TYPE I – subtype Ib			
PA WIDTH 1st belly	4.48 (5.82)	1.66 (1.17)	0.0069
PA THICKNESS 1st belly	0.63 (0.6)	0.44 (0.33)	0.8997
MB LENGTH 1st belly	12.07 (13.95)	3.61 (2.43)	0.0166
PA WIDTH 2nd belly	2.48 (3.34)	0.91 (0.96)	0.0150
PA THICKNESS 2nd belly	0.59 (0.72)	0.19 (0.23)	0.1130
MB LENGTH 2nd belly	3.32 (3.33)	1.02 (0.85)	0.8571
MJ WIDTH	2.11 (2.47)	0.83 (1.01)	0.3398
MJ THICKNESS	0.48 (0.43)	0.23 (0.14)	0.7322
TENDON WIDTH	2.83 (3.25)	1.53 (1.16)	0.6985
DA WIDTH	0.46 (0.45)	0.08 (0.35)	0.6985
DA THICKNESS	13.18 (14.66)	4.78 (0.59)	0.6985
TYPE II			
PA WIDTH – 1st head	3.5 (0.92)	2.77 (1.60)	0.4941
PA THICKNESS 1st head	0.47 (0.14)	0.34 (0.10)	0.1715
MB LENGTH 1st head	8.98 (3.16)	6.79 (1.07)	0.3051
MJ WIDTH 1st head	2.09 (0.47)	1.95 (0.40)	0.9093
MJ THICKNESS 1st head	0.47 (0.19)	0.53 (0.24)	1.0000
TENDON WIDTH 1st head	3.23 (0.93)	3.00 (0.18)	0.6485
DA WIDTH 1st head	1.69 (0.75)	1.60 (0.27)	0.8197
DA THICKNESS 1st head	0.42 (0.18)	0.39 (0.06)	0.8197
PA WIDTH – 2nd head	3.82 (1.75)	1.94 (0.48)	0.1106
PA THICKNESS 2nd head	0.63 (0.26)	0.43 (0.03)	0.8197
MB LENGTH 2nd head	10.18 (3.32)	9.74 (4.79)	0.6485
MJ WIDTH 2nd head	1.83 (0.59)	1.57 (0.53)	0.9093
MJ THICKNESS 2nd head	0.44 (0.18)	0.40 (0.12)	0.6485
TENDON WIDTH 2nd head	3.40 (0.79)	3.12 (0.63)	0.5688
DA WIDTH 2nd head	1.66 (0.76)	1.80 (0.36)	0.8197
DA THICKNESS 2nd head	0.42 (0.19)	0.36 (0.18)	0.0682
TYPE III			
PA WIDTH – 1st head	1.92 (1.48)	0.53 (0.23)	0.7728
PA THICKNESS 1st head	0.42 (0.39)	0.09 (0.11)	0.7728
MB LENGTH 1st head	8.55 (8.39)	3.37 (3.75)	0.7728
MJ WIDTH 1st head	1.38 (0.67)	0.35 (0.08)	0.3865
MJ THICKNESS 1st head	0.60 (0.26)	0.48 (0.10)	0.7728
TENDON WIDTH 1st head	2.34 (2.14)	0.46 (0.23)	0.7728
DA WIDTH 1st head	1.00 (0.73)	0.41 (0.16)	0.1489
DA THICKNESS 1st head	0.26 (0.07)	0.25 (0.03)	0.1489
PA WIDTH – 2nd head	1.21 (1.80)	0.46 (0.46)	0.7728
PA THICKNESS 2nd head	0.21 (0.38)	0.19 (0.04)	0.7728
MB LENGTH 2nd head	8.93 (6.97)	2.72 (1.48)	0.1489
MJ WIDTH 2nd head	1.38 (0.64)	0.24 (0.29)	0.7728
MJ THICKNESS 2nd head	1.17 (0.19)	1.54 (0.23)	0.7728
TENDON WIDTH 2nd head	3.67 (3.68)	0.43 (2.13)	0.7728
DA WIDTH 2nd head	1.10 (1.09)	0.30 (0.47)	1.0000
DA THICKNESS 2nd head	0.25 (0.22)	0.09 (0.16)	0.3865
PA WIDTH – 3rd head	3.14 (3.12)	1.22 (0.69)	0.7728
PA THICKNESS 3rd head	0.48 (0.70)	0.03 (0.05)	0.1489
MB LENGTH 3rd head	13.23 (8.72)	4.83 (2.38)	0.3865
MJ WIDTH 3rd head	1.40 (2.03)	0.67 (0.75)	0.7728
MJ THICKNESS 3rd head	0.35 (0.91)	0.21 (0.38)	0.1489
TENDON WIDTH 3rd head	3.14 (3.75)	0.20 (0.48)	0.1489
DA WIDTH 3rd head	1.19 (1.80)	0.15 (0.83)	0.7728
DA THICKNESS 3rd head	0.23 (0.36)	0.17 (0.11)	0.3865

PA – proximal attachment

DA – distal attachment

MJ – myotendinous junction

MB – muscle belly

or lesser humeral tuberosity, to the coracoacromial ligament, or the glenoid labrum. In all cases, the tendon was running over the CP (no attachment to the CP). In Type II, the Pm tendon was bifurcated into an attachment to the CP, and another one running over this structure and

attached to the greater tuberosity of the humerus, or the coracoacromial ligament, or to the joint capsule. The distal attachment of type III was not a tendinous but a pure muscular structure running over the CP and inserted into the greater or lesser tuberosity of the humerus, or the joint capsule (Schwarz and Hirtler, 2019).

The morphological variability of the Pm distal attachment, running over the CP was explained by the evolutionary process, in which the CP became smaller in size, and then there was a possibility for a novel place of formation for the Pm insertion (Schwarz and Hirtler, 2019).

Similar types were described by LeDouble (Double, 1897) and by Testut (Testut, 1884). The first Type (the most common) was characterized by the Pm tendon division into a deep layer inserted into the CP, and a superficial layer passing over this structure and attaching to proximal structures. In Type II, most fibers were attached to the CP, and only a few were passing over the CP. Last, but not least Type was represented by the Pm tendon passing over the CP and attaching to the other structures (often a separation by a bursa between the Pm tendon and the CP was observed) (Double, 1897).

The location of the Pm proximal attachment may also be variable. First, the level of costal attachment may be different. The bookish description of the Pm is that it originates from the 3rd to the 5th rib (near to costochondral junction). However, in the present study, the Pm had a different level of origin (the most common proximal attachment, represented by a single belly originating from the 3rd to the 5th ribs, 21/29 cases-72.41%). Other types of origin were the 2nd to the 4th ribs (5/29 cases, 17.24%), from the 2nd to the 5th ribs (2/29 cases, 6.9%), and from the 3rd to the 4th ribs (1/29 cases, 3.45%). The interesting in subtype Ib – were the only two origin patterns – from the 2nd to 3rd ribs (3/4 cases, 75%), and from the 3rd rib only (1/4 case, 25%). In types II and III individual muscle bellies had a smaller extent of costal attachment. In type II – the first muscle belly was represented by two patterns of origin – to the 2nd and 3rd rib (significantly more frequent), and the 2nd rib only. The origin of the second belly was more variable, and attachment to the 4th rib occurred with the highest frequency. In type III, the first belly was attached to the 2nd or 3rd rib only, the second belly to the inferior part of the 2nd rib, the external intercostal muscle, and the superior part of the 3rd rib, or to the external intercostal muscle and superior part of the 4th rib, or from the inferior part of the 3rd rib, the external intercostal muscle, and the superior part of the 4th rib. The third belly was attached to the 3rd or 4th rib only, or the external intercostal muscle and the superior part of the 4th rib.

Hojo et al. (Hojo et al., 1987) in their study showed that the most common type of origin depended on gender. Among males, the most common origin of Pm was located on the 2nd to the 5th ribs. The proximal attachment to the 2nd to the 4th ribs was the most common type among females, with a significant predominance compared to males (Hojo et al., 1987). Other observed types of origins were from the 3rd to the 6th ribs, from the 1st to the 4th rib, from the 1st to the 5th ribs, and from the 3rd to the 4th ribs. The prevalence of occurrence of other types did not show a statistically significant difference (Hojo et al., 1987).

Turan-Ozdemir and Cankur (Turan-Ozdemir and Cankur, 2004), described an unusual case of a Pm isolated origin only from the 5th rib.

Another variant observed in the present study was the different number of Pm bellies. Based on it, three types have been distinguished. Type I with a single belly, type II with two bellies, and type III with three bellies. No case was observed with a higher number of muscle bellies. Based on our knowledge, no previous study was found describing the Pm division into more than one belly. The only references found are sporadic cases with accessory muscles or tendons associated with the Pm region in general. We hypothesize that a possible explanation for this fact is the lack of studies performed on the fetal population, thus the different number of Pm bellies may be a result of prematurely terminated embryogenesis.

In the literature, there are also reports of a total absence of Pm, however, such a variant is very rare. Usually, the Pm absence is observed

in coexistence with other muscles' absence of the thoracic wall, in cases of Poland syndrome, because of a defect in blood flow to the pectoral region during embryogenesis. An example was the co-absence of the Pm and the PM sternocostal part (Mysnyk and Johnson, 1991).

Yamasaki (Yamasaki, 1989) also described the absence of both PM and Pm and the coverage of their defect by a fatty membrane (Yamasaki, 1989). In the present study, the Pm occurred in 100% of the studied cases. In most cases, morphological variations have a clinical significance (not only Pm variants, but co-variability of adjacent muscles too).

The Pm may cause pectoralis minor syndrome (PMS), a syndrome resulting after the compression of the brachial plexus branches and the axillary vessels. The PMS may occur not only in cases of Pm variability but also in cases with a typical course of the Pm. The majority of patients suffering from this syndrome are teenagers or young adults, because of high levels of physical activity, like swimming, baseball, weightlifting, and volleyball. In such disciplines, the upper limb's repetitive movements may result in stretching the Pm, which in turn could lead to repetitive trauma and shortening of the muscle. Such a situation may cause neurovascular compression. Other causes of PMS are acute traumas, traffic accidents, and hyperextension injuries to the neck (Aktas et al., 2021). One cannot forget about the occurrence of accessory muscles in this region or the morphological variabilities of the Pm.

Patients with PMS usually suffer from pain and paresthesia in the pectoral and upper limb region, also a weakness of muscles innervated by the compressed branches of the brachial plexus, swelling, and the upper limb region coldness (Sanders and Rao, 2010).

This syndrome is very similar to the thoracic outlet syndrome, and the difference depends on the level of compression, so when it occurs above the clavicle, in the interscalene triangle and costoclavicular area, this is known as a thoracic outlet syndrome, and when is located below the clavicle, in the Pm space, it is called the PMS (Sanders and Rao, 2010).

Looking for a correlation between the types found in the present study and the PMS occurrence, in our opinion, a Pm originating from a higher level of ribs than usual may be more predisposed to the syndrome.

6. Conclusions

Pm is morphologically variable not only in the number of muscle bellies, but also in the course of its insertions, or the location of its proximal attachments. The most common type among fetuses was type I represented by a single belly. Other variations in the number of bellies observed in the present study may be hypothetically a result of prematurely terminated embryogenesis.

Ethical approval and consent to participate

The study protocol was accepted by the Bioethics Committee of the Medical University of Łódź (resolution RNN/137/20/KE). The cadavers were the property of the Department of Anatomical Dissection and Donation, Medical University of Łódź. Informed consent was obtained from all participants before they died.

Consent to publish

Not applicable.

Funding

The authors have no financial or personal relationship with any third party whose interests could be positively or negatively influenced by the article's content. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

CRediT authorship contribution statement

Lukasz Olewnik: Writing – review & editing, Supervision. Maria Plagkou: Writing – review & editing. George Triantafyllou: Writing – review & editing. Nicol Zielińska: Writing – original draft, Visualization, Validation, Supervision, Project administration, Methodology, Funding acquisition, Data curation, Conceptualization. Janusz Moryś: Writing – review & editing. Krzysztof Koptas: Writing – review & editing. Friedrich Paulsen: Writing – review & editing.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no competing interests.

References

- Aktas, I., Kaya, E., Akpinar, P., Ozkan, F., Vural, A., Akgun, K., 2021. Vascular pectoralis minor syndrome as an overlooked condition: a case report. *Turk. J. Phys. Med. Rehabil.* 67 (4), 538–554.
- Bergman, R.A., 1996. *Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation: Opera*. Virtual Hospital, Iowa City, IA.
- Bing, R., 1902. Ueber angeborene muskeldefecte. *Virchows Arch. Anat.* 175–228.
- Double, L., 1897. *Traité des Variations du Système Musculaire de l'homme et de leur Signification au Point de Vue de l'Anthropologie Zoologique*. Schleicher freres ED.
- Hojo, T., Nakashima, T., Tsuruno, T., 1987. A statistical study on anatomical variation in the origin of the Japanese pectoralis minor muscle. *J. ODEH* 9, 315–319.
- Lewis, W., 1910a. The development of the arm in man. *Am. J. Anat.* 1, 145–184.
- Lewis, W., 1910b. *Morphogenesis of the muscular system*.
- Mysnyk, M.C., Johnson, D.E., 1991. Congenital absence of the pectoralis muscles in two collegiate wrestling champions. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 183–186.
- Sanders, R.J., Rao, N.M., 2010. The forgotten pectoralis minor syndrome: 100 operations for pectoralis minor syndrome alone or accompanied by neurogenic thoracic outlet syndrome. *Ann. Vasc. Surg.* 24, 701–708.
- Schwarz, G., Hirtler, L., 2019. Ectopic tendons of the pectoralis minor muscle as cause for shoulder pain and motion inhibition—explaining clinically important variabilities through phylogenesis. *PLoS One* 14 (6).
- Testut, L., 1884. *Les anomalies musculaires chez l'homme expliquées par l'anatomie comparée et leur importance en anthropologie*.
- Turan-Ozdemir, S., Cankur, N.S., 2004. Unusual variation of the inferior attachment of the pectoralis minor muscle. *Clin. Anat.* 17, 416–417.
- Wright, L., 1945. The neurovascular syndrome produced by hyperabduction of the arms: the immediate changes produced in 150 normal controls, and the effects on same persons of prolonged hyperabduction of the arms, as in sleeping, and in certain occupations. *Am. Heart J.* 29, 1–19.
- Yamasaki, M., 1989. Anatomical study on 2 cases of the congenital partial defect of pectoralis major and minor muscles. *Anat. Anz.* 168, 423–432.
- Zielińska, N., Ruzik, K., Podgórski, M., Koptas, K., Moryś, J., Paulsen, F., Olewnik, L., 2023. Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses. *Ann. Anat.* 249, 152108.

Accessory thoracic muscles in human fetuses

Nicol Zielinska¹, Marta Pośnik², Krzysztof Koptas², George Triantafyllou³, Janusz Moryś⁴,
Łukasz Olewnik¹

[Received: 26 March 2023; Accepted: 2 April 2024; Early publication date: 20 June 2024]

¹Department of Clinical Anatomy, Masovian Academy in Plock, Plock, Poland

²Department of Anatomical Dissection and Donation, Medical University of Lodz, Łódź, Poland

³Department of Anatomy, School of Medicine, Faculty of Health Sciences,
National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

⁴Department of Human Anatomy and Physiology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland

Background: Typically, the anterior thoracic wall musculature is composed of the pectoralis major and pectoralis minor. Embryologically, these 2 muscles originate from a common pectoral muscle mass; therefore, disruption of the normal development and differentiation could give rise to an aberrant or accessory muscle. The main aim of this study is to demonstrate and classify the accessory muscles of the pectoralis region in human fetuses.

Material and methods: Fifty spontaneously aborted human fetuses (25 male and 25 female, 100 sides) aged 18–36 weeks of gestation at death, and fixed in 10% formalin solution were examined. Following parental approval, the fetuses were donated to the Medical University anatomy program. The pectoralis major and minor muscle's morphology, the possible occurrence of accessory muscles of the pectoral region and its morphology, their origins, and insertions, as well as the morphometric details, were assessed.

Results: The pectoralis major and minor were bilaterally found in all fetuses (100 cases). The accessory muscles of pectoral region were found in 16 cases (16%), and 4 types were differentiated. The pectoralis quartus muscle was the most common type of accessory muscle found in this study and occurred in 8 cases. The axillary arch muscle was observed in 3 cases. The chondrocoracoideus muscle was observed in 3 cases. The sternalis muscle occurred in 2 cases, and one of them was bifurcated.

Conclusions: The thoracic region is characterised by a large number of morphological variations, which are observed not only in the adult population, but also among human fetuses. The pectoralis quartus was the most frequent variation in this study. Accessory structures like the sternalis muscle, chondrocoracoideus muscle, pectoralis quartus muscle, or axillary arch muscle may have clinical implications, and knowledge about them is very useful for clinicians, especially plastic surgeons, thoracic surgeons, and orthopaedic surgeons. (Folia Morphol 2024; 83, 3: 700–706)

Keywords: pectoral region, pectoralis major muscle, pectoralis minor muscle, sternalis muscle, chondrocoracoideus muscle, pectoralis quartus muscle, axillary arch muscle, human fetuses

Address for correspondence: Łukasz Olewnik, MD, PhD, Department of Clinical Anatomy, Masovian Academy in Plock, Plac Dąbrowskiego 2, 09-402 Plock, Poland; e-mail: lukaszolewnik@gmail.com

This article is available in open access under Creative Attribution-Non-Commercial-No Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license, allowing to download articles and share them with others as long as they credit the authors and the publisher, but without permission to change them in any way or use them commercially.

INTRODUCTION

Typically, the anterior thoracic wall musculature is composed of the pectoralis major (PM) and pectoralis minor (PMi). Embryologically, these 2 muscles originate from a common pectoral muscle mass; therefore, disruption of the normal development and differentiation could give rise to an aberrant or accessory muscle [16]. The accessory thoracic muscles (ATM) can be identified with great morphological variability and the most observed ones are the sternalis muscle, the axillary arch (of Langer's), the pectoralis quartus, the chondrocoracoideus (of Wood), the pectoralis intermedius, and the pectoralis minimus (of Gruber) [3]. The morphological variability is high enough that even recently, unreported variations have been found [23].

Several studies have investigated the prevalence and morphology of the abovementioned variations, but few of them have been studied for over 200 years [2]. For example, sternalis muscle pooled prevalence was estimated at 5.96% (adult cadavers) and was classified in 8 different morphological types [2]. Interestingly, the coexistence of accessory thoracic muscles have also been reported, complicating even more the thoracic wall typical anatomy [6].

Except of the great anatomical interest, these variants present with great clinical significance. Accessory muscles of the thoracic wall and axilla should be kept in mind by surgeons performing axillary lymphadenectomy to avoid iatrogenic lesions, while accessory structures are closely related to potential compression sites [13].

Although the thoracic region is morphologically variable, in the available literature there is not a general study carried out among human foetuses. Because these morphological variations may be associated with embryological development, the main aim of this study is to investigate ATM in human foetuses.

MATERIAL AND METHODS

Fifty spontaneously aborted human foetuses (25 male and 25 female, 100 sides) aged 18–38 weeks of gestation at death, and fixed in 10% formalin solution were examined. Following parental approval, the foetuses were donated to the Medical University anatomy program. Their ages were calculated using head and craniosacral measurements. The thoracic wall, abdomen, shoulder region, and anterior and medial regions of the arm were the first areas of the dissection to have their skin and superficial fascia

removed. To visualise muscles of the pectoral region, the subcutaneous tissue had to be removed [22]. If there are no accessory structures, then proximal attachments and the subcutaneous tissue of the PM had to be removed. The PMi structure as a whole was meticulously cleaned. Following dissection, the morphological and morphometric characteristics of ATM were evaluated as follows:

- the PM, and PMi morphology,
- the possible occurrence of ATM,
- the morphometric measurements of ATM.

When dissecting the PM and PMi:

- special attention should be paid when removing the fascia because some accessory muscle could be present in the area.

A digital caliper (Mitutoyo Corporation, Kawasaki-shi, Kanagawa, Japan) with an accuracy of up to 0.01 mm was used for all measurements. The same researcher conducted each measurement twice, recording the mean value of the 2 measurements or calculating the interobserver error. The foetuses belonged to the Department of Anatomical Dissection and Donation at the Medical University of Lodz, Poland, and the study protocol was approved by the Bioethics Committee (resolution RNN/137/20/KE).

RESULTS

The PM and PMi were found bilaterally in 50 foetuses (25 male, 25 female), which means 100 sides (50 R, 50 L). During anatomical dissection, 16 ATM were found (16%). Four different types of ATM were differentiated based on their course. Morphometric measurements of all accessory muscles are listed in Table 1.

Pectoralis quartus muscle — this type of ATM was identified in 8% of studied cases (50% of observed ATM; 4 F, 4 M, 3 R, 5 L). In all cases the point of origin was the fifth or sixth rib. Five cases were distally attached to the bicipital groove located on the humerus, and 3 cases were fused with fascia of the upper limb — Fig. 1.

Axillary arch muscle — this type of ATM was identified in 3% of studied cases (18.75% of observed ATM; 1 F, 2 M, 2 R, 1 L). All cases originating from latissimus dorsi muscle were distally fused with the PM — Fig. 2.

Chondrocoracoideus muscle — this type of ATM was identified in 3% of studied cases (18.75% of observed ATM; 1 F, 2 M, 1 R, 2 L). All cases originated from the sixth or seventh rib and rectus sheath

Table 1. Morphometric measurements of ATM.

Sex	Side	P.A. width [mm]	P.A. thickness [mm]	M.B. length [mm]	M.J. width [mm]	M.J. thickness [mm]	T. length [mm]	D.A. width [mm]	D.A. thickness [mm]
Pectoralis quartus muscle — 8 cases									
1.	M	L	1.32	0.17	16.84			0.91	0.08
2.	M	L	1.66	0.14	18.59			0.53	0.19
3.	F	L	1.52	0.49	13.77			0.30	0.08
4.	F	R	1.80	0.28	10.39			1.30	0.39
5.	F	R	2.60	0.45	18.16			2.13	0.56
6.	F	L	6.11	0.73	11.13			3.29	0.62
7.	M	R	3.09	0.40	17.82			3.49	0.54
8.	M	L	2.88	0.59	17.36			0.85	0.28
Axillary arch muscle — 3 cases									
1.	M	L	0.63	0.33	8.64			3.44	0.61
2.	M	R	1.02	0.37	7.59			3.71	0.38
3.	F	R	1.61	0.14	12.59			2.94	0.45
Chondrocoracoideus — 3 cases									
1.	F	R	5.36	0.27	19.38	3.17	0.98	5.62	0.37
2.	M	L	0.67	0.33	23.48	0.46	0.27	6.45	0.23
3.	M	L	0.68	0.02	16.13	1.13	0.13	6.59	0.19
Sternalis muscle — 2 cases									
1.	M	R	3.52	0.25	11.21			3.86	0.46
2.	F	L	1.86	0.30	17.03			2.77	0.52

D.A. — distal attachment; M.B. — muscle belly; M.J. — myotendinous junction; P.A. — proximal attachment; T. — tendon.

as a muscle belly. Two cases were distally fused as a tendinous structure with the short head of the biceps brachii and attached to the coracoid process. One case was distally attached as a tendinous structure directly to the coracoid process — Fig. 3.

Sternalis muscle — this type of ATM was identified in 2% of studied cases (12.5% of observed ATM; 1 F, 1 M, 1 R, 1 L). The first case originated from the body of sternum at level of the second intercostal space as a single muscular band and inserted to the fifth rib — Fig. 4a. The second case originated from distal part of sternocleidomastoid muscle and sternum, as bifurcated muscle belly distally merged into one belly attaching to the sixth and seventh ribs — Fig. 4b.

DISCUSSION

The pectoralis region is characterised by high morphological variability, and the main cause of it is the abnormal development of pectoral muscle mass [3]. The PM and PMi originate from the same pre-muscle mass in the first embryonic stage (5-week embryo), which is derived from the proximal part of the hu-

merus and the second rib. There are 2 layers in this pre-muscle mass: a superficial layer for the development of the PM and a deep layer for the development of the PMi and subclavius. The pre-muscle structure of the pectoral mass grows inferiorly during the early stages of embryogenesis. In an 11 mm embryo, PM and PMi are represented by a common mass attached to the humerus, clavicle, and CP. In a 14 mm embryo, the caudal portion of this structure extends to the tip of the fifth rib. At that point, the distal connection is still merged, but the proximal portion splits into the PM (insertion to humerus) and Pm (insertion to the CP) [5, 10]. These 2 muscles are separated in a 16 mm embryo. Interestingly, one piece of information found in the literature that is currently available states that the PM is separated into 3 bellies during embryological development [10].

The disrupted process of embryological development seems to be the best explanation for the occurrence of different morphological variants. What is interesting, the frequency of muscular variations in the thoracic region is significantly higher than in any other region [7].

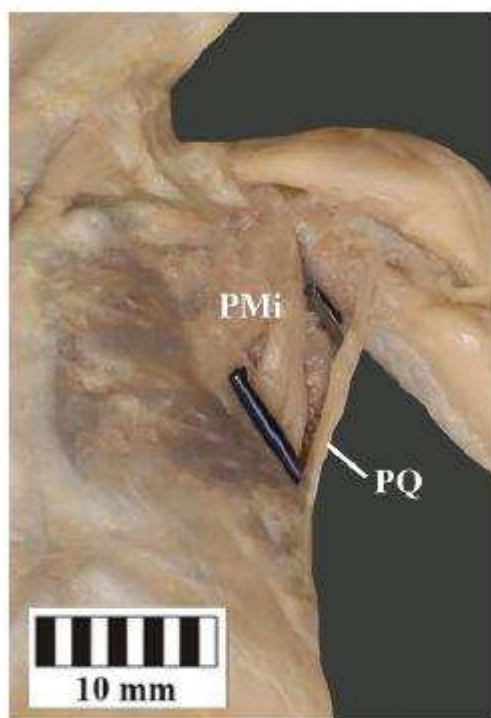


Figure 1. Pectoralis quartus muscle. PMi — pectoralis minor muscle; PQ — pectoralis quartus muscle.

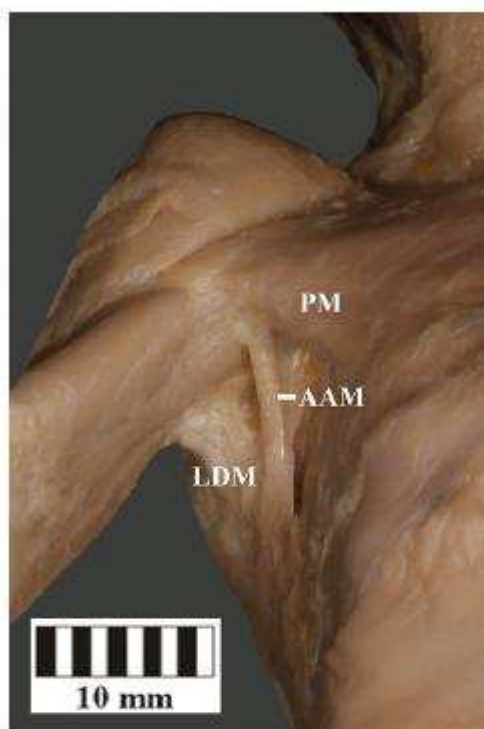


Figure 2. Axillary arch muscle. AAM — Axillary arch muscle; LDM — latissimus dorsi muscle; PM — pectoralis major muscle.

Standard muscles, like PM and PMi, may be variable because of various locations or places of insertions and levels of proximal attachment [2]. The results of some studies [21, 23] showed that the PM and PMi may be divided into types based on the number and course of bellies, and these differences are observed already in the embryonic stage [20].

It is interesting to note that the PM or PMi may not exist at all. However, there are situations where the PM or PMi is double [3]. A large group of morphological variations within the chest comprise additional muscles. The pectoralis quartus, the pectoralis intermedius, the pectoralis minimus, the chondrofascialis, the sternohumeralis, the sternochondrocoracoideus, the axillary arch muscle, the pectoralis tertius, the chondroepitrochlearis, and the chonrocoracoideus muscles are included in this group. There is an immense amount of confusion because these muscular variances are referred to by a variety of names [3].

In the present study the PM and PMi were found bilaterally in all fetuses, and the ATM were observed in 16% of studied cases. The most common type

of ATM was the pectoralis quartus muscle, which occurred in 50% of fetuses with ATM. Usually the pectoralis quartus originates from the fifth or sixth rib, and the lateral border of the PM, or the rectus sheath. It may insert into the bicipital groove of the humerus or the fascia of the upper arm [3]. In the present study, in all cases, the point of origin was the fifth or sixth rib. Five cases were distally attached to the bicipital groove located on the humerus, and 3 cases were fused with the fascia of the upper limb. The prevalence of this muscle in available literature varies. For example Natsis et al. [3] found the pectoralis quartus in 2.8% of studied cases; in turn, Bonastre et al. [6] found rates as high as 11% to 16%. The results of our study showed that prevalence of the pectoralis quartus is closer to the results obtained by Bonastre et al. [6], who also described the coexistence of a pectoralis quartus muscle with an unusual axillary arch muscle, and the pectoralis quartus originating from the rectus sheath, fused with the inferior medial border of the axillary arch band at the point of lateral part of the PM [6]. What is interesting, not only Bonastre et al.

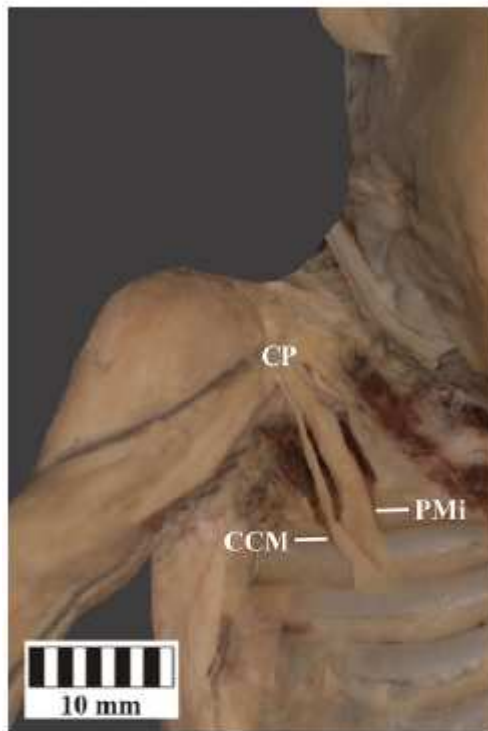


Figure 3. Chondrocoracoideus muscle. CCM — chondrocoracoideus muscle; CP — coracoid process; PMi — pectoralis minor muscle.

[6] described the pectoralis quartus coexisting with another variation, but also Arican et al. [1] described the pectoralis quartus muscle (originating from the 5th and 6th ribs, forming a long flat band inserted into the intertubercular groove of the humerus and tendon of the shorth head of the biceps brachii) coexisting with the pectoralis intermedius muscle [1].

The axillary arch muscle is another interesting type [23] of ATM found in the present study, and its prevalence was 18.75%, which was significantly higher than in previous studies. For example, Rizk and Harbaugh [14] assessed its frequency at 4.3%, Bertone et al. [4] at 11.5%, and Karanlik et al. [9] at 1.2%. The axillary arch muscle, first described by Bugnone in 1783 [4], usually originates from the latissimus dorsi muscle, and its insertion is fused with the PM, and in the present study the proximal and distal attachments were the same in all cases. However, this structure can also be variable. All cases described, as mentioned, by Rizk and Harbaugh [14] arose from the latissimus dorsi muscle, and its inser-

tion was located on the intertubercular groove. In the other study, there were some cases distally attached to the aponeurosis level of the coracobrachialis muscle [4]. In the literature there are also descriptions of axillary arch muscle distally attached to the PM, PMi, and coracoid process [11] or short head of the biceps brachii [17].

The chondrocoracoideus muscle (sometimes called the costocoracoideus or muscle of Wood) [21] is another example of ATM observed in the present case, which was identified in 3% of studied cases. As mentioned above, all cases originated from the sixth or seventh rib and rectus sheath. Two cases were distally fused with the shorth head of the biceps brachii and attached to the coracoid process. One case was distally attached as a tendinous structure directly to the coracoid process cases. It is a very rare variation, so in the literature there are very few described cases. One of them is the chondrocoracoideus muscle originating as 3 distinct slips from the sixth to eighth ribs and external oblique aponeurosis. Its distal attachment was represented as a small fusion with the tendon of the shorth head of the biceps brachii and as a common junction was inserted to the coracoid process [18]. Another case concerned the chondrocoracoideus originating from the sixth to eighth ribs and the external oblique muscle aponeurosis, and distally attached to the coracoid process, as a small fusion with the short head of the biceps brachii [8].

Another interesting variation is sternalis muscle, observed in 2% of studied cases. The first case originated from the body of sternum at level of the second intercostal space as a single muscular band and inserted into the fifth rib. The second case originated from distal part of the sternocleidomastoid muscle and sternum, as bifurcated muscle belly distally merged into one belly attaching to the sixth and seventh ribs. Snosek et al. [15] created a classification system of this muscle and divided it into 3 categories: "simple type", "mixed type", and "other". The simple type was divided into 6 subtypes: single, double, bicipital diverging, bicipital converging, single midline crossing, and double midline crossing. In the mixed type we can find a lot of variations, for example double sternalis with single midline cross, double with single bicipital converging, bicipital diverging with double cross, and others. The last category, named "other", contains all variants not previously described [15]. Looking for some similarity between

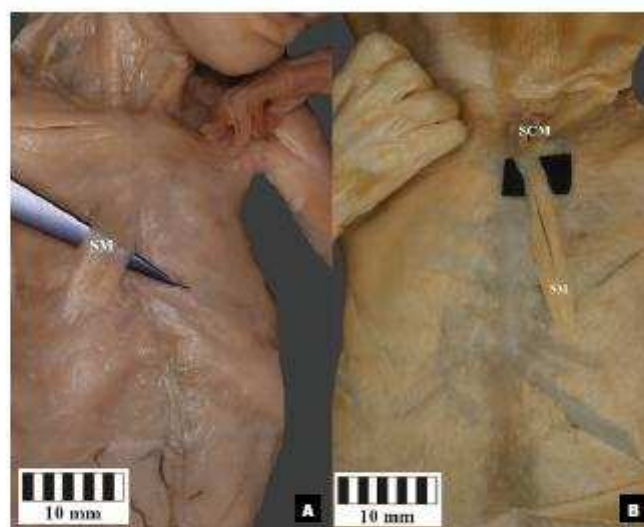


Figure 4. Sternalis muscle. **A.** Single belly; **B.** Bifurcated belly. SCM — sternocleidomastoid muscle; SM — sternalis muscle.

the mentioned classification and the present study, the first case originated from the body of sternum at level of the second intercostal space as a single muscular band, and inserted into the fifth rib, may be classified as a right single sternalis muscle. In turn, the second case may be named left bicipital converging type; however, its bifurcated proximal attachment arose from the distal part of the sternocleidomastoid muscle and distally merged into one belly. Mori et al. [12] also carried out a study on the sternalis, and they found this muscle in about 10.0% of the bodies, appearing more frequently in the right than in the left. The classification system divided the sternalis muscle into 6 types based on its morphology [12].

Summing up the results of the present study, the statement that muscles of thoracic region are characterised by large amount of morphological variations was confirmed. Knowledge about possible accessory muscles, bellies, or different origins and insertions is important for surgeons, especially for plastic surgeons, orthopaedics, or thoracic surgeons. For example, the sternalis muscle may be observed during mastectomy. Some accessory structures may be located in close relation to axillary vessels and the brachial plexus. This may result in neurovascular compression, for example leading to pectoralis minor syndrome [19]. On the other hand, accessory structures may be used as a graft material during some reconstructions.

CONCLUSIONS

The thoracic region is characterised by a large amount of morphological variations, which are observed not only in the adult population, but also among human foetuses. The pectoralis quartus was the most frequent variation in this study. Accessory structures like sternalis muscle, chondrocoracoideus muscle, pectoralis quartus muscle, or axillary arch muscle may have clinical implications, and knowledge about them is very useful for clinicians, especially plastic surgeons, thoracic surgeons, and orthopaedics.

ARTICLE INFORMATION AND DECLARATIONS

Data availability statement

Please contact authors for data requests (Łukasz Olewnik PhD — email address: lukaszolewnik@gmail.com).

Ethics statement

The cadavers belonged to the Department of Anatomical Dissection and Donation, Medical University of Lodz, Łódź, Poland.

Author contributions

Nicol Zielinska — project development, data collection and management, data analysis, and manuscript writing. Marta Pośnik — data analysis and manuscript editing. Krzysztof Koptas — data analysis and manuscript editing. George Triantafyllou — data

analysis and manuscript editing. Janusz Moryś — data analysis and manuscript editing. Łukasz Olewnik — data collection, data analysis, and manuscript editing.

Funding

The authors have no financial or personal relationship with any third party whose interests could be positively or negatively influenced by the article's content. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests.

REFERENCES

- Arıcan RY, Coskun N, Sarıkcıoğlu L, et al. Co-existence of the pectoralis quartus and pectoralis intermedius muscles. *Morphologie*. 2006; 90(290): 157–159, doi: 10.1016/s1286-0115(06)74497-6, indexed in Pubmed: 17278455.
- Asghar A, Naaz S, Narayan RK, et al. The prevalence and distribution of sternalis muscle: a meta-analysis of published literature of the last two hundred years. *Anat Sci Int*. 2022; 97(1): 110–123, doi: 10.1007/s12565-021-00632-9, indexed in Pubmed: 34591276.
- Bergman RA. *Illustrated encyclopedia of human anatomic variation: opera*. Iowa City, IA: Virtual Hospital; 1996.
- Bertone V, Ottone N, Tartaro M. The morphology and clinical importance of the axillary arch. *Folia Morphol*. 2008; 67(4): 261–266.
- Bing R. Ueber angeborene muskeldefecte. *Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie und für Klinische Medizin*. 1902; 170(2): 175–228, doi: 10.1007/bf01929369.
- Bonastre V, Rodríguez-Niedenführ M, Choi D, et al. Co-existence of a pectoralis quartus muscle and an unusual axillary arch: case report and review. *Clin Anat*. 2002; 15(5): 366–370, doi: 10.1002/ca.10053, indexed in Pubmed: 12203382.
- Clark E. Congenital variation of the pectoral muscles, with report of a case. *J Anat Physiol*. 1915; 49(Pt 2): 155–164, indexed in Pubmed: 17233021.
- Douvetzemis S, Natsis K, Piagkou M, et al. Accessory muscles of the anterior thoracic wall and axilla. Cadaveric, surgical and radiological incidence and clinical significance during breast and axillary surgery. *Folia Morphol*. 2019; 78(3): 606–616, doi: 10.5603/FM.a2019.0005, indexed in Pubmed: 30664230.
- Karanlık H, Fathalizadeh A, İlhan B, et al. Axillary arch may affect axillary lymphadenectomy. *Breast Care (Basel)*. 2013; 8(6): 424–427, doi: 10.1159/000357307, indexed in Pubmed: 24550750.
- Lewis W. The development of the arm in man. *Am J Anat*. 2005; 1(2): 145–183, doi: 10.1002/aja.1000010204.
- Loukas M, Noordeh N, Tubbs RS. Variation of the axillary arch muscle with multiple insertions. *Singapore Med J*. 2009; 50(2): e88–90, indexed in Pubmed: 19296022.
- Mori M. Statistics on the musculature of the Japanese. *Okajimas Folia Anat Jpn*. 1964; 40: 195–300, doi: 10.2535/ofaj.1936.40.3_195, indexed in Pubmed: 14213705.
- Natsis K, Vlasis K, Totlis T, et al. Abnormal muscles that may affect axillary lymphadenectomy: surgical anatomy. *Breast Cancer Res Treat*. 2010; 120(1): 77–82, doi: 10.1007/s10549-009-0374-5, indexed in Pubmed: 19306056.
- Rizk E, Harbaugh K. The muscular axillary arch: an anatomic study and clinical considerations. *Neurosurgery*. 2008; 63(4 Suppl 2): 316–9; discussion 319, doi: 10.1227/01.NEU.0000327033.22068.74, indexed in Pubmed: 18981837.
- Snosek M, Tubbs RS, Loukas M. Sternalis muscle, what every anatomist and clinician should know. *Clin Anat*. 2014; 27(6): 866–884, doi: 10.1002/ca.22361, indexed in Pubmed: 24431029.
- Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M. *Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken 2016: 97811184303092016.
- Turki MA, Addis PJ. Langer's axillary arch: a rare variant, and prevalence among Caucasians. *Folia Morphol*. 2017; 76(3): 536–539, doi: 10.5603/FM.a2017.0022, indexed in Pubmed: 28281725.
- Venieratos D, Samolis A, Piagkou M, et al. The chondrocoracoideus muscle: a rare anatomical variant of the pectoral area. *Acta Med Acad*. 2017; 46(2): 155–161, doi: 10.5644/ama2006-124.200, indexed in Pubmed: 29338279.
- Wright I. The neurovascular syndrome produced by hyperabduction of the arms. *Am Heart J*. 1945; 29(1): 1–19, doi: 10.1016/0002-8703(45)90593-x.
- Zielinska N, Morys J, Paulsen F, et al. Morphological variability of the pectoralis minor muscle. Study in human fetuses. *Ann Anat*. 2024; 254: 152264, doi: 10.1016/j.aanat.2024.152264, indexed in Pubmed: 38593907.
- Zielinska N, Ruzik K, Georgiev GP, et al. A new variety of chondrocoracoideus muscle, or an additional head of pectoralis major muscle. *Surg Radiol Anat*. 2022; 44(2): 233–237, doi: 10.1007/s00276-022-02887-x, indexed in Pubmed: 35064323.
- Zielinska N, Ruzik K, Podgórski M, et al. Morphological variability of the pectoralis major muscle in human fetuses. *Ann Anat*. 2023; 249: 152108, doi: 10.1016/j.aanat.2023.152108, indexed in Pubmed: 37211259.
- Zielinska N, Szewczyk B, Olewnik Ł. A previously undescribed case of the axillary arch muscle. *Folia Morphol*. 2023 [Epub ahead of print], doi: 10.5603/fm.97036, indexed in Pubmed: 38078738.