

Autoreferat

Postępowanie habilitacyjne
dr n. med. Magdalena Grzonkowska

Katedra Anatomii Prawidłowej
Wydział Lekarski
Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Bydgoszcz 2025

Spis treści

1.	IMIĘ I NAZWISKO.	3
2.	POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE	3
3.	INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU	3
4.	OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2021 R. POZ. 478 Z PÓŹN. ZM.)	4
5.	INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ.....	51
6.	INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ.....	62
7.	PODSUMOWANIE DANYCH NAUKO-METRYCZNYCH.....	70

1. Imię i nazwisko

- Imię i nazwisko: **Magdalena Grzonkowska**

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Dyplomy

- 19.06.2009 – dyplom magistra fizjoterapii, studia ukończone z wynikiem bardzo dobrym, Wydział Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Tytuł pracy magisterskiej: **„Porównanie skuteczności zabiegów laseroterapii i skojarzonych zabiegów laseroterapii z magnetoterapią w zmianach zwyrodnieniowych stawów kolanowych”**

Praca realizowana w Katedrze i Zakładzie Laseroterapii i Fizjoterapii Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Doktorat

- 28.06.2017 – nadanie przez Radę Wydziału Lekarskiego Collegium Medicum w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu stopnia naukowego doktora nauk medycznych

Tytuł rozprawy: **Badania morfometryczne mięśnia biodrowo-lędźwiowego u płodów człowieka**

Promotor: prof. dr hab. n. med. Michał Szpinda

Recenzenci: prof. dr hab. n. med. Alicja Kędzia

prof. dr hab. n. med. Grzegorz Bajor

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

Zatrudnienie w jednostkach naukowych:

- **2011–2018:** asystent w Katedrze i Zakładzie Anatomii Prawidłowej, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
- **2018–nadal:** adiunkt w Katedrze Anatomii Prawidłowej, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Moja działalność naukowa obejmuje osiągnięcia badawcze z zakresu anatomii prawidłowej i rozwojowej człowieka z okresu prenatalnego. Głównym osiągnięciem naukowym są badania dotyczące pierwotnych punktów kostnienia wybranych kości czaszki u płodów człowieka. Niezależnie od tego osiągnięcia, istotnym nurtem moich badań są również badania nad pierwotnymi punktami kostnienia kręgów przejściowych u płodów człowieka.

Osiągnięciem naukowym, stanowiącym podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, na podstawie art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), **jest monotematyczny cykl siedmiu publikacji naukowych** dotyczących pierwotnych punktów kostnienia wybranych kości czaszki u płodów człowieka, opublikowanych w czasopismach o międzynarodowym zasięgu, indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports (JCR)*.

4.1. Tytuł głównego osiągnięcia naukowego

„Nowoczesna przestrzenna analiza morfometryczna punktów kostnienia wybranych kości czaszki u płodów człowieka”

4.2. Wykaz publikacji wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego

Cykl siedmiu publikacji, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, został uszeregowany w porządku chronologicznym. Publikacje, w których jestem pierwszym autorem, zostały dodatkowo podkreślone.

Łączna wartość bibliometryczna publikacji wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego wynosi:

IF=16.993,

MNiSW=760.000.

Lista publikacji składających się na główne osiągnięcie naukowe:

1. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Morphometric study of the primary ossification center of the frontal*

squama in the human fetus. Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 42, 2020, s. 733-740, DOI:10.1007/s00276-020-02425-7 (IF=1.246; MNiSW=70.000)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie koncepcji i projektu badania, zbieranie oraz zarządzanie danymi, przeprowadzenie analiz danych, a także przygotowanie, pisanie i redagowanie manuskryptu.

2. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the fused ossification center of the occipital squama in the human fetus*. PLoS ONE, vol. 16, nr 2, 2021, 1-12, e0247601, DOI:10.1371/journal.pone.0247601 (IF=3.752; MNiSW=100.000)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie koncepcji badania, zbieranie i zarządzanie danymi, przeprowadzenie badań, administrację projektu, zapewnienie zasobów badawczych, walidację wyników, a także przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu oraz jego redakcję i korektę.

3. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Lisiecki Jakub, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of primary ossification centres of the lateral and basilar parts of the occipital bone in the human foetus*. Folia Morphologica, vol. 80, nr 4, 2021, s. 895-903, DOI:10.5603/FM.a2021.0115 (IF=1.195; MNiSW=70.000)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie koncepcji badania, zbieranie i zarządzanie danymi, administrację projektu, zapewnienie zasobów badawczych, walidację wyników, a także przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu oraz jego redakcję i korektę.

4. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Quantitative study of the primary ossification centre of the parietal bone in the human fetus*. Folia Morphologica, vol. 82, nr 2, 2023, s. 307-314, DOI:10.5603/fm.a2022.0020 (IF=1.2; MNiSW=140.000)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie koncepcji badania,

zbieranie i zarządzanie danymi, administrację projektu, zapewnienie zasobów badawczych, walidację wyników, a także przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu oraz jego redakcję i korektę.

5. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Kułakowski Michał, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the squamous part of temporal bone in the human fetus*. PLoS ONE, vol. 18, nr 12, 2023, Numer artykułu: e0295590, s. 1-14, DOI:10.1371/journal.pone.0295590 (**IF=2.9; MNiSW=140.000**)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie koncepcji badania, przygotowanie metodologii badań, przeprowadzenie badań, zbieranie i zarządzanie danymi, przeprowadzenie analiz, administrację projektu, zapewnienie zasobów badawczych, a także przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu oraz jego redakcję i korektę.

6. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Szpinda Michał: *Quantitative study of the ossification centers of the body of sphenoid bone in the human fetus*. Scientific Reports, Nature Publishing Group, vol. 14, nr 1, 2024, Numer artykułu: 13522, s. 1-9, DOI:10.1038/s41598-024-64550-2 (**IF=3.9; MNiSW=140.000**)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie projektu badania, zbieranie oraz zarządzanie danymi, przeprowadzenie analizy statystycznej, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu oraz przegląd piśmiennictwa.

7. **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Baumgart Mariusz: *Computed tomography-based morphometric analysis of ossification centers of lesser wings of sphenoid bone in human fetuses*. Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2025; Vol. 15, nr 6, numer artykułu: 558, s. 1-13, DOI:10.3390/brainsci15060558 (**IF=2.8; MNiSW=100.000**)

Mój indywidualny wkład w powstanie publikacji obejmował opracowanie projektu badania oraz metodologii, przygotowanie i obsługę oprogramowania badawczego, walidację wyników, analizę danych, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu oraz jego redakcję i korektę, wizualizację wyników, a także administrację projektu.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

4.3.1. Wstęp

Analiza dostępnej profesjonalnej literatury medycznej wskazuje, że dotychczas nie przeprowadzono trójwymiarowych badań morfometrycznych jąder kostnienia kości czaszki w oparciu o badania tomografii komputerowej. Istniejące opracowania dotyczące morfometrii punktów kostnienia u płodów człowieka koncentrowały się głównie na aspektach jakościowych, podczas gdy podejście ilościowe w tym zakresie pozostaje wyjątkowo rzadkie. Rozwój badań ogranicza przede wszystkim niewielka dostępność materiału płodowego, stanowiącego unikalne źródło do analizy wczesnych etapów rozwoju kostnego.

Układ szkieletowy należy do najwcześniej rozwijających się systemów podczas organogenezy, a jego prawidłowe kształtowanie ma kluczowe znaczenie dla rozwoju całego organizmu. Szczegółne miejsce zajmuje czaszka, której wzrost przebiega w zróżnicowany sposób: podstawa czaszki formuje się wcześniej i wolniej, natomiast sklepienie rozwija się intensywniej w późniejszych etapach, równoległe z rozwojem mózgowia. Kości czaszki powstają zarówno na podłożu śródchrzęstnym, jak i śródbłonistym, co odzwierciedla złożony charakter procesów morfogenetycznych odpowiedzialnych za modelowanie struktur głowy.

Kostnienie rozpoczyna się już w okresie zarodkowym i obejmuje liczne ośrodki kostnienia pojawiające się zarówno w chondrocranium, jak i w częściach błonistych neuro- i trzewioczaszki. Z tych struktur formuje się około 45 odrębnych elementów kostnych noworodka, które w toku dojrzewania ulegają stopniowemu scalaniu, prowadząc do wykształcenia 22 kości czaszki dorosłego człowieka. Różnorodność mechanizmów kostnienia oraz rozmieszczenie poszczególnych ośrodków stanowią podstawę do analizy wybranych jąder kostnienia, kluczowych dla zrozumienia prawidłowego i nieprawidłowego rozwoju czaszki.

Wśród kości czaszki to właśnie kość potyliczna inicjuje najwcześniejsze etapy kostnienia, stanowiąc punkt wyjścia dla formowania podstawy czaszki. Już w 6–7 tygodniu życia zarodkowego obserwuje się pierwsze ośrodki kostnienia w jej zawiązku, który rozwija się z pięciu odrębnych elementów: części podstawnej, dwóch części bocznych oraz górnej i dolnej części łuski. Proces ten zapoczątkowuje stopniowe kostnienie chondrocranium, które w dalszym przebiegu rozwojowym postępuje ku przodowi, obejmując kolejno obszary przyszłej kości klinowej oraz sitowej. Złożona embriogeneza kości potylicznej sprawia, że stanowi ona kluczowy element osi potyliczno-podstawnej i naturalny punkt wyjścia

do analizy pozostałych jąder kostnienia czaszki.

Z wyjątkiem górnej części łuski, kość potyliczna rozwija się na podłożu śródchrzęstnym, pełniąc zarazem funkcję elementu sklepienia, jak i kluczowego komponentu podstawy czaszki. Embriogeneza łuski potylicznej jest szczególnie złożona i pozostaje przedmiotem licznych dyskusji w literaturze. Jej dolna część (nadpotyliczna) kostnieje z dwóch punktów, które łączą się w jeden ośrodek około 9–10 tygodnia życia płodowego. Natomiast górna część (międzyciemieniowa) powstaje z dwóch odrębnych punktów kostnienia, ulegających złączeniu w pojedynczy ośrodek około 12 tygodnia życia płodowego. Kostnienie części podstawnej kości potylicznej rozpoczyna się około 9 tygodnia życia płodowego i obejmuje centralny ośrodek inicjalny oraz parzyste ośrodki boczne. W okresie noworodkowym kość potyliczna występuje w postaci czterech wyraźnie oddzielonych elementów: części podstawnej, dwóch części bocznych oraz łuski. Ich stopniowe zrastanie stanowi istotny proces morfogenetyczny, warunkujący stabilizację struktur tylnego dołu czaszki oraz prawidłowe kształtowanie połączenia czaszkowo-kręgowego. Połączenie łuski z częściami bocznymi rozpoczyna się w pierwszym roku życia i zazwyczaj kończy około 4 roku, co umożliwia adaptację dynamicznie rosnącego mózgowia do warunków biomechanicznych. Z kolei zrastanie części bocznych z podstawą zachodzi nieco później, zwykle między 3 a 6 rokiem życia. Zaburzenia któregośkolwiek z tych etapów rozwojowych mogą mieć poważne konsekwencje kliniczne, dlatego zrozumienie przebiegu kostnienia kości potylicznej ma istotne znaczenie diagnostyczne i terapeutyczne.

Wraz z postępującą osyfikacją potylicy i stabilizacją tylnego odcinka podstawy czaszki, kostnienie obejmuje kolejne ośrodki zlokalizowane bardziej ku przodowi, wyznaczając początek formowania kości klinowej. Struktura ta, ulokowana w osi czaszki i integrująca elementy tylnego, środkowego i przedniego dołu czaszki, charakteryzuje się wyjątkowo złożonym wzorcem embriogenezy, uwarunkowanym współistnieniem mechanizmów kostnienia śródchrzęstnego i śródbłoniastego. Trzon oraz zasadnicze segmenty kości klinowej powstają w mechanizmie kostnienia śródchrzęstnego, natomiast wyrostki skrzydłowe i część skrzydła większego rozwijają się na podłożu śródbłoniastym. W literaturze opisywanych jest do czternastu głównych punktów kostnienia rozmieszczonych w obrębie trzonu, skrzydeł mniejszych, skrzydeł większych i wyrostków skrzydłowych.

Najwcześniejszy ośrodek, związany ze skrzydłem większym, pojawia się około 8 tygodnia życia zarodkowego, zwykle pomiędzy otworem owalnym a otworem okrągłym. W 9 tygodniu życia płodowego rozpoczyna się osyfikacja bocznego ograniczenia kanału wzrokowego, determinująca rozwój skrzydła mniejszego (*orbitosphenoid*), które odgrywa

kluczową rolę w modelowaniu ścian oczodołu oraz prawidłowej architektury kanału nerwu wzrokowego. Przestrzeń między skrzydłem mniejszym a większym odpowiada pierwotnemu zawiązkowi szczeliny oczodołowej górnej. Trzon kości klinowej rozwija się z dwóch par punktów kostnienia ułożonych w osi przednio-tylnej. Para tylna odpowiada za wykształcenie części zaklinowej, formującej się w trzecim miesiącu życia płodowego w sąsiedztwie przyszłego siodła tureckiego. W późniejszym okresie pojawia się para przednia, determinująca rozwój części przedklinowej. Dodatkowy boczny punkt kostnienia uczestniczy w tworzeniu języczka klinowego oraz przylegającego odcinka bruzdy tętnicy szyjnej, zrastając się we wczesnym etapie z częścią zaklinową. Około czwartego miesiąca życia płodowego dochodzi do połączenia punktów kostnienia części zaklinowej, a równocześnie następuje obustronne zespolenie ośrodków skrzydła mniejszego z częścią przedklinową, co stabilizuje strukturę kości. Obie części przedklinowe zrastają się z częścią zaklinową dopiero w ósmym miesiącu życia płodowego, natomiast chrząstka oddzielająca obie pary punktów kostnienia ulega resorpcji tuż przed porodem lub krótko po nim, zapewniając ciągłość trzonu. Równolegle zachodzą procesy osyfikacji wyrostków skrzydłowych. Oddzielny ośrodek kostnienia ich części bocznej pojawia się już w drugim miesiącu życia płodowego i rozwija się na podłożu śródbłoniastym. W tym samym mechanizmie formuje się niewielki punkt zlokalizowany na szczycie skrzydła większego. Tak zróżnicowane mechanizmy osyfikacji zapewniają kości klinowej odpowiednie właściwości strukturalne oraz umożliwiają jej prawidłowe formowanie w obrębie podstawy czaszki, w tym kształtowanie dołu przysadki i licznych kanałów oraz otworów niezbędnych dla przebiegu struktur nerwowych i naczyniowych.

W miarę postępu rozwoju prenatalnego dochodzi do dalszego dojrzewania struktur kostnych czaszki, w tym kości skroniowej. Proces osyfikacji rozpoczyna się w 7–8 tygodniu życia zarodkowego od pojawienia się pojedynczego pierwotnego ośrodka kostnienia w obrębie wyrostka jarzmowego. Kolejny istotny etap przypada na 11–12 tydzień życia płodowego, kiedy to w części bębenkowej wykształcają się cztery pierwotne centra kostnienia, stopniowo ulegające scaleniu. Część łuskowa i bębenkowa rozwijają się głównie na podłożu śródbłoniastym, natomiast część skalista wraz z przylegającą do niej częścią sutkową powstają przede wszystkim w mechanizmie kostnienia śródchrzęstnego. Ostateczne połączenie poszczególnych elementów kości skroniowej następuje dopiero po urodzeniu.

Rozwój jamy bębenkowej rozpoczyna się w życiu płodowym jako poszerzenie endodermalnego komponentu pierwszej kieszonki gardłowej, z którego formuje się jama ucha środkowego. W późniejszym okresie, w wyniku postępującej pneumatyzacji, w częściach

skalistej i sutkowej powstają komórki powietrzne, stanowiące istotny element układu przestrzeni sprzyjających prawidłowej funkcji narządu słuchu. Do końca życia płodowego jama bębnekowa jest już morfologicznie wykształcona, natomiast pełne rozwinięcie systemu komórek powietrznych następuje dopiero po urodzeniu.

Już w dziewiątym miesiącu życia płodowego błędnik kostny, a także trzy kosteczki słuchowe – młoteczek, kowadelko i strzemiączko oraz pierścień bębnekowy osiągają wymiary zbliżone do typowych dla osobnika dorosłego i nie podlegają istotnemu powiększeniu po urodzeniu. Odmienny przebieg charakteryzuje część sutkową, która w przeciwieństwie do części łuskowej i bębnekowej nie posiada własnego pierwotnego ośrodka kostnienia. Rozwija się wtórnie z części skalistej, a jej formowanie trwa po urodzeniu, co w znacznym stopniu wpływa na ostateczną morfologię kości skroniowej.

W dziewiątym miesiącu życia płodowego w obrębie tej kości można wyróżnić trzy pierwotne centra kostnienia inicjujące proces jej stopniowego scalania. Po narodzinach zachodzą dalsze zmiany w proporcjach i kształcie elementów kości skroniowej. Największym przeobrażeniom podlegają części sutkowa, łuskowa i bębnekowa, co pozostaje w ścisłym związku z procesami adaptacyjnymi czaszki oraz ze zmianami biomechanicznymi wynikającymi z rozwoju i dojrzewania narządu słuchu. Część skalista, odpowiadająca za ochronę ucha wewnętrznego i stanowiąca stabilny element podstawy czaszki, pozostaje natomiast względnie niezmienna i nie podlega znaczącym reorganizacjom po urodzeniu.

Oprócz osyfikacji zachodzącej w obrębie kości skroniowej, między 7 a 8 tygodniem życia zarodkowego pojawiają się również ośrodki kostnienia w lokalizacjach odpowiadających przyszłym wyniosłościom czołowemu i ciemieniowemu. Większość kości sklepienia rozwija się z pojedynczego ośrodka kostnienia; pewien wyjątek stanowi kość ciemieniowa, która jako typowa kość śródbłoniasta początkowo wytwarza parę pierwotnych punktów kostnienia, ulegających następnie fuzji w jeden ośrodek centralny. Pierwszy ośrodek kostnienia kości ciemieniowej pojawia się około 8 tygodnia życia zarodkowego, a proces osyfikacji przebiega odśrodkowo, obejmując stopniowo większe obszary przyszłej kości. Do 14 tygodnia życia płodowego obie kości ciemieniowe wykazują już rozległe pola dojrzałej tkanki kostnej w części centralnej, podczas gdy w obrębie brzegów utrzymuje się aktywna strefa osteogenezy, warunkująca dalszy wzrost w kolejnych fazach rozwoju prenatalnego. Jednocześnie szwy czaszkowe, zwłaszcza w obrębie połączenia ciemieniowo-skroniowego, pozostają szerokie, co odzwierciedla intensywne procesy wzrostu i różnicowania w obrębie sklepienia oraz zapewnia niezbędną elastyczność dla prawidłowego kształtowania się neurokranium.

Proces kostnienia kości czołowej rozpoczyna się między 8 a 11 tygodniem życia płodowego od pojawienia się pierwotnego ośrodka kostnienia w okolicy nadoczodołowej, odpowiadającej późniejszemu położeniu guzów czołowych. W pierwszym trymestrze osyfikacja postępuje równolegle w kierunku przyśrodkowym i bocznym, prowadząc do wyodrębnienia dwóch połówek łuski czołowej oraz wytworzenia między nimi szwu czołowego (metopowego) przebiegającego w linii pośrodkowej. W drugim trymestrze kostnienie przybiera charakter promienisty, rozprzestrzeniając się ku górze i ku bokom, a szew czołowy staje się wyraźnie zaznaczony na całej długości łuski.

Po urodzeniu szew metopowy umożliwia dalszy wzrost mózgowia i adaptację kształtu czaszki do zwiększającej się objętości neurokranium. Jego stopniowe zrastanie rozpoczyna się zazwyczaj po 6 miesiącu życia i przebiega w kierunku od okolicy gładziny do ciemniaczka przedniego. Szew czołowy stanowi pierwsze fizjologiczne połączenie włókniste sklepienia czaszki, które ulega zarośnięciu w przebiegu rozwoju postnatalnego – zwykle między 6 miesiącem a 2 rokiem życia.

Oprócz głównego ośrodka kostnienia w obrębie łuski czołowej, wtórne, parzyste punkty kostnienia pojawiają się także w rejonie wyrostka jarzmowego, kolca nosowego oraz dołka bloczkowego. Ich fuzja, zachodząca do końca 7 miesiąca życia płodowego, warunkuje ostateczne ukształtowanie części twarzowej kości czołowej i stabilizację jej połączeń z sąsiednimi strukturami.

Dynamiczne i precyzyjnie skoordynowane procesy osyfikacji kości potylicznej, klinowej, skroniowej, ciemieniowej i czołowej ukazują złożoność przemian zachodzących w czaszce w okresie prenatalnym. Bogactwo wariantów czasowych i morfologicznych występujących w obrębie poszczególnych ośrodków kostnienia uwidacznia potrzebę metod umożliwiających ich szczegółową analizę przestrzenną - zwłaszcza takich, które pozwalają uchwycić subtelne różnice w tempie i kierunku dojrzewania struktur kostnych, niemożliwe do pełnego odtworzenia na podstawie standardowych badań dwuwymiarowych.

Dotychczasowa ocena punktów kostnienia u płodów człowieka opierała się głównie na badaniach radiologicznych i ultrasonograficznych, co istotnie ograniczało możliwość dokładnej charakterystyki dynamiki rozwoju tych struktur. Do tej pory nie wykorzystano tomografii komputerowej do szczegółowej analizy ośrodków kostnienia w okresie prenatalnym, co czyni zastosowanie tej metody podejściem nowatorskim w kontekście badań nad rozwojem kości czaszki. Wprowadzenie tomografii komputerowej pozwala nie tylko na uzyskanie precyzyjnych pomiarów, lecz także na trójwymiarową rekonstrukcję struktur kostnych, co znacząco poszerza możliwości oceny topografii i tempa kostnienia. Jej zaletami

są wysoka czułość i powtarzalność obrazowania, możliwość ponownej analizy danych bez utraty jakości oraz eliminacja problemu nakładania się struktur anatomicznych. Integracja takiej techniki z dotychczas stosowanymi metodami diagnostycznymi otwiera nowe perspektywy zarówno w badaniach rozwojowych, jak i we wczesnej diagnostyce zaburzeń kostnienia w okresie prenatalnym.

Mimo rosnących możliwości rekonstrukcji przestrzennych uzyskiwanych w badaniach tomograficznych, ich zastosowanie w diagnostyce prenatalnej pozostaje ograniczone ze względu na ekspozycję na promieniowanie jonizujące. Z tego względu tomografia komputerowa jest zarezerwowana dla sytuacji klinicznych, w których konieczna jest jednoznaczna i precyzyjna ocena nasilenia wady lub jej potencjalnej letalności. Szczególną wartość wykazuje w przypadkach ciężkich dysplazji kostnych, w tym mikromelii, zwłaszcza gdy długość kończyn znajduje się poniżej 3 percentyla lub mieści się w granicy 10 percentyla i współistnieją dodatkowe zaburzenia morfologiczne. W takich sytuacjach dokładna analiza struktury kostnej ma kluczowe znaczenie dla określenia rokowania i dalszego postępowania klinicznego. Okres po 26 tygodniu ciąży jest uważany za względnie bezpieczniejszy dla ewentualnego wykorzystania tomografii komputerowej, gdyż rozwój narządów najbardziej wrażliwych na promieniowanie jest już na tyle zaawansowany, że ryzyko działań niepożądanych ulega zmniejszeniu. Dodatkową korzyścią późnej diagnostyki jest bardziej zaawansowany stopień kostnienia, umożliwiający szczegółową ocenę anatomiczną, podczas gdy w trzecim trymestrze uzyskanie odpowiednich projekcji w ultrasonografii bywa utrudnione ze względu na ograniczoną przestrzeń w jamie macicy i ruchomość płodu. W tych warunkach tomografia komputerowa może odegrać istotną rolę jako procedura komplementarna, pozwalająca na pełniejsze odwzorowanie struktur kostnych w przypadku niejednoznacznych wyników badań podstawowych.

Uzyskane w niniejszych badaniach dane dotyczące rozwoju ośrodków kostnienia u płodów człowieka stanowią cenny materiał odniesienia, który może wspierać diagnostykę prenatalną, zwłaszcza w ocenie zaburzeń związanych z opóźnionym kostnieniem i mineralizacją struktur czaszki. Szczegółowa znajomość wzorców wzrostu poszczególnych kości ma potencjalne zastosowanie w wielu obszarach nauki i praktyki klinicznej, w tym anatomii, antropologii, ortodoncji, chirurgii rekonstrukcyjnej twarzy, medycynie sądowej, radiologii, położnictwie, pediatrii, ortopedii oraz neurochirurgii. Opracowane krzywe wzrostu oraz zestawienia wymiarów punktów kostnienia w kolejnych tygodniach ciąży stanowią wartościową bazę danych porównawczych, która może ułatwiać wczesną identyfikację nieprawidłowości rozwojowych i wspomagać interpretację złożonych

przypadków klinicznych.

4.3.2. Cel badawczy

Głównym celem osiągnięcia naukowego było opracowanie nowych danych dotyczących morfometrii punktów kostnienia wybranych kości czaszki u płodów człowieka w ujęciu ilościowym, uzyskanych na podstawie analizy obrazów tomografii komputerowej.

Cele szczegółowe obejmowały:

- 1) ocenę ewentualnych różnic płciowych i lateralnych dla wszystkich analizowanych parametrów,
- 2) ustalenie normatywnych, zależnych od wieku wartości dla parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych ośrodków kostnienia,
- 3) wyznaczenie dynamiki wzrostu analizowanych parametrów, modelowanej za pomocą najlepiej dopasowanych funkcji matematycznych.

4.3.3. Szczegółowe omówienie osiągnięcia naukowego

4.3.3.1. Omówienie celu szczegółowego nr 1

Badania własne przeprowadzono na licznej i reprezentatywnej grupie płodów człowieka, z zastosowaniem nowoczesnych, obiektywnych i wysokorozdzielczych metod pomiarowych. Analiza, zrealizowana w ramach pierwszego celu szczegółowego (**publikacje 1–7**), wykazała, że w okresie od 18 do 30 tygodnia życia płodowego jądra kostnienia kości czołowej, ciemieniowej, klinowej, skroniowej i potylicznej nie różnią się istotnie morfometrycznie ani pomiędzy płciami (**publikacje 1–7**), ani pomiędzy stronami ciała (**publikacje 1–5, 7**). Uzyskane wyniki uzasadniają zastosowanie wspólnych krzywych wzrostu dla wszystkich analizowanych parametrów, bez konieczności uwzględniania płci czy lateralizacji.

4.3.3.2. Omówienie celu szczegółowego nr 2

Ocena zmian morfometrycznych w kolejnych tygodniach ciąży stanowi podstawę do określenia, czy tempo wzrostu i mineralizacji pierwotnych jąder kostnienia mieści się w zakresie rozwoju prawidłowego, czy też wykazuje odchylenia mogące sugerować zaburzenia kostnienia. Precyzyjne wartości odniesienia są kluczowe zwłaszcza w diagnostyce wrodzonych dysplazji szkieletowych, w których nieprawidłowa wielkość lub opóźniona mineralizacja kości czaszki może stanowić jeden z pierwszych sygnałów patologii. Postęp

technik obrazowania w tym ultrasonografii 3D i tomografii komputerowej, podkreśla konieczność tworzenia aktualnych, opartych na obiektywnych pomiarach zestawów danych normatywnych, które umożliwią wiarygodną interpretację wyników badań prenatalnych.

W ramach drugiego celu szczegółowego opracowano przedziały referencyjne dla parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych pierwotnych ośrodków kostnienia kości czołowej, potylicznej, ciemieniowej, skroniowej i klinowej. Zestawienia te, wraz z charakterystyką dynamiki ich zmian w poszczególnych tygodniach ciąży, przedstawiono szczegółowo w **publikacjach 1–7**.

Omówienie publikacji nr 1

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Morphometric study of the primary ossification center of the frontal squama in the human fetus*. Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 42, 2020, s. 733-740, DOI:10.1007/s00276-020-02425-7 (IF=1.246; MNiSW=70.000)

W **publikacji nr 1** przedstawiono szczegółowe dane normatywne dotyczące parametrów morfometrycznych pierwotnego ośrodka kostnienia łuski czołowej w okresie od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Uzyskane wyniki obejmują wymiary liniowe, powierzchniowe i objętościowe, podane oddzielnie dla strony prawej i lewej, co pozwoliło na precyzyjną ocenę rozwoju tego ośrodka.

W badanej grupie średni wymiar pionowy ośrodka kostnienia zwiększał się z wartości od $21,30 \pm 0,50$ mm do $33,23 \pm 0,42$ mm po stronie prawej oraz od $20,37 \pm 1,07$ mm do $33,13 \pm 0,25$ mm po stronie lewej. Średni wymiar poprzeczny mieścił się w zakresie od $18,23 \pm 0,12$ mm do $28,48 \pm 0,11$ mm po stronie prawej oraz od $18,27 \pm 0,68$ mm do $30,43 \pm 0,95$ mm po stronie lewej. Średnia wartość pola powierzchni rzutu wynosiła od $338,57 \pm 25,54$ mm² do $811,97 \pm 20,53$ mm² po stronie prawej oraz od $334,03 \pm 25,07$ mm² do $812,67 \pm 20,81$ mm² po stronie lewej. Średnia objętość kształtowała się od $407,47 \pm 18,17$ mm³ do $1136,59 \pm 45,02$ mm³ po stronie prawej oraz od $402,71 \pm 19,03$ do $1156,91 \pm 47,74$ mm³ po stronie lewej.

Omówienie publikacji nr 2

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the fused ossification center of the occipital squama in the human fetus*. PLoS ONE, vol. 16, nr 2, 2021, 1-12, e0247601,

W **publikacji nr 2** przedstawiono szczegółową analizę morfometryczną pierwotnego ośrodka kostnienia łuski potylicznej w okresie od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Badanie dostarczyło wartości referencyjnych dla parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych tej struktury.

W analizowanym przedziale wiekowym średni wymiar pionowy ośrodka kostnienia łuski potylicznej wynosił od $12,68 \pm 0,56$ mm do $26,30 \pm 1,04$ mm po stronie prawej oraz od $12,31 \pm 0,03$ mm do $27,10 \pm 0,70$ mm po stronie lewej. Średni wymiar poprzeczny części międzypotylicznej ośrodka kostnienia łuski potylicznej wahał się od $16,13 \pm 1,17$ mm do $35,74 \pm 0,84$ mm, natomiast dla części nadpotylicznej od $12,42 \pm 0,90$ mm do $27,88 \pm 0,66$ mm. Średnie wartości pola powierzchni rzutu mieściły się w zakresie od $175,70 \pm 13,12$ mm² do $724,33 \pm 31,76$ mm². Średnia objętość wynosiła od $191,60 \pm 16,04$ mm³ do $1074,64 \pm 54,54$ mm³.

Omówienie publikacji nr 3

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Lisiecki Jakub, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of primary ossification centres of the lateral and basilar parts of the occipital bone in the human foetus*. Folia Morphologica, vol. 80, nr 4, 2021, s. 895-903, DOI:10.5603/FM.a2021.0115 (IF=1.195; MNiSW=70.000)

W **publikacji nr 3** przeanalizowano morfometrię pierwotnych ośrodków kostnienia części bocznych oraz części podstawnej kości potylicznej u płodów człowieka w wieku 18–30 tygodni życia wewnątrzmacicznego. Badanie to dostarczyło zestawu wartości referencyjnych dla parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych tych struktur, z rozróżnieniem na stronę prawą i lewą w przypadku części bocznych.

Dla ośrodków kostnienia części bocznych średni wymiar strzałkowy mieścił się w zakresie od $8,37 \pm 0,17$ mm do $18,74 \pm 1,06$ mm po stronie prawej oraz od $8,49 \pm 1,05$ mm do $15,36 \pm 1,08$ mm po stronie lewej. Średni wymiar poprzeczny wahał się od $5,13 \pm 0,19$ mm do $8,98 \pm 0,29$ mm po stronie prawej oraz od $5,00 \pm 0,23$ mm do $8,87 \pm 0,29$ mm po stronie lewej. Średnie wartości pola powierzchni rzutu mieściły się w zakresie od $27,95 \pm 4,20$ mm² do $92,00 \pm 3,15$ mm² po stronie prawej oraz od $24,04 \pm 1,28$ mm² do $94,39 \pm 6,21$ mm² po stronie lewej. Średnia objętość wynosiła od $33,82 \pm 5,08$ mm³ do $111,32 \pm 11,08$ mm³ po stronie prawej oraz od $29,09 \pm 1,55$ mm³

do $114,22 \pm 9,93 \text{ mm}^3$ po stronie lewej.

Dla części podstawnej kości potylicznej, rozwijającej się z pojedynczego ośrodka, średni wymiar strzałkowy wahał się od $5,76 \pm 0,08 \text{ mm}$ do $7,65 \pm 0,20 \text{ mm}$, poprzeczny od $5,06 \pm 0,08 \text{ mm}$ do $6,95 \pm 0,20 \text{ mm}$, pole powierzchni rzutu od $22,71 \pm 0,63 \text{ mm}^2$ do $41,45 \pm 2,32 \text{ mm}^2$, a objętość od $29,52 \pm 0,82 \text{ mm}^3$ do $53,89 \pm 3,02 \text{ mm}^3$.

Omówienie publikacji nr 4

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Quantitative study of the primary ossification centre of the parietal bone in the human fetus*. Folia Morphologica, vol. 82, nr 2, 2023, s. 307-314, DOI:10.5603/fm.a2022.0020 (IF=1.2; MNiSW=140.000)

W **publikacji nr 4** przedstawiono szczegółową analizę morfometryczną pierwotnego ośrodka kostnienia kości ciemieniowej w okresie od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Otrzymane wyniki obejmują wartości referencyjne parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych, z rozróżnieniem na stronę prawą i lewą.

W analizowanym przedziale wiekowym średni wymiar pionowy ośrodka kostnienia zwiększał się od $24,60 \pm 0,03 \text{ mm}$ do $41,97 \pm 0,38 \text{ mm}$ po stronie prawej i od $25,51 \pm 0,01 \text{ mm}$ do $42,13 \pm 0,95 \text{ mm}$ po stronie lewej. Średni wymiar strzałkowy wahał się od $28,86 \pm 0,05 \text{ mm}$ do $47,77 \pm 0,35 \text{ mm}$ dla strony prawej oraz od $29,28 \pm 0,19 \text{ mm}$ do $47,81 \pm 0,31 \text{ mm}$ dla strony lewej. Średnia wartość pola powierzchni rzutu wzrastała od $631,87 \pm 1,40 \text{ mm}^2$ do $1721,56 \pm 23,30 \text{ mm}^2$ dla strony prawej oraz od $664,68 \pm 4,23 \text{ mm}^2$ do $1732,25 \pm 48,35 \text{ mm}^2$ dla strony lewej. Średnia wartość objętości zwiększała się od $429,67 \pm 1,11 \text{ mm}^3$ do $1224,06 \pm 19,51 \text{ mm}^3$ dla strony prawej oraz od $451,98 \pm 2,88 \text{ mm}^3$ do $1229,90 \pm 34,33 \text{ mm}^3$ dla strony lewej.

Omówienie publikacji nr 5

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Kułakowski Michał, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the squamous part of temporal bone in the human fetus*. PLoS ONE, vol. 18, nr 12, 2023, Numer artykułu: e0295590, s. 1-14, DOI:10.1371/journal.pone.0295590 (IF=2.9; MNiSW=140.000)

W **publikacji nr 5** przeanalizowano morfometrię pierwotnego ośrodka kostnienia łuski kości skroniowej u płodów w wieku 18–30 tygodni życia wewnątrzmacicznego. Badanie

dostarczyło zestawu wieku-zależnych wartości referencyjnych dla parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych osobno dla strony prawej i lewej.

W analizowanej grupie średni wymiar pionowy ośrodka kostnienia wynosił od $7,00 \pm 0,46$ mm do $16,73 \pm 0,95$ mm po stronie prawej oraz od $6,90 \pm 0,45$ mm do $16,57 \pm 0,94$ mm po stronie lewej. Średni wymiar strzałkowy wahał się od $8,21 \pm 0,01$ mm do $23,33 \pm 3,73$ mm po stronie prawej oraz od $8,01 \pm 0,01$ mm do $23,11 \pm 3,69$ mm po stronie lewej. Średnia wartość pola powierzchni rzutu zwiększała się od $34,10 \pm 10,06$ mm² do $263,11 \pm 57,47$ mm² po stronie prawej oraz od $33,29 \pm 9,82$ mm² do $260,56 \pm 56,91$ mm² po stronie lewej. Wreszcie, średnia objętość wzrastała od $37,23 \pm 11,23$ mm³ do $390,58 \pm 87,37$ mm³ po stronie prawej oraz od $36,86 \pm 11,22$ mm³ do $386,29 \pm 86,41$ mm³ po stronie lewej.

Omówienie publikacji nr 6

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Szpinda Michał: *Quantitative study of the ossification centers of the body of sphenoid bone in the human fetus*. Scientific Reports, Nature Publishing Group, vol. 14, nr 1, 2024, Numer artykułu: 13522, s. 1-9, DOI:10.1038/s41598-024-64550-2 (IF=3.9; MNiSW=140.000)

W publikacji nr 6 przedstawiono analizę morfometryczną dwóch pierwotnych ośrodków kostnienia trzonu kości klinowej (części przedklinowej i zaklinowej) u płodów w wieku 18–30 tygodni życia płodowego. Badanie stanowi pierwsze tak szczegółowe ujęcie ilościowe tych struktur, dostarczając wartości referencyjnych obejmujących parametry liniowe, powierzchniowe i objętościowe.

Dla ośrodka przedklinowego średni wymiar strzałkowy mieścił się w zakresie od $2,84 \pm 0,12$ mm do $4,30 \pm 0,06$ mm. Średni wymiar poprzeczny wahał się od $2,10 \pm 0,06$ mm do $3,27 \pm 0,01$ mm. Średnia wartość pola powierzchni rzutu zwiększała się od $5,39 \pm 0,37$ mm² do $12,39 \pm 0,18$ mm². Średnia objętość wzrastała od $12,22 \pm 1,17$ mm³ do $33,99 \pm 1,49$ mm³.

W przypadku ośrodka zaklinowego średni wymiar strzałkowy wzrastał od $2,15 \pm 0,02$ mm do $3,42 \pm 0,02$ mm. Średni wymiar poprzeczny mieścił się w zakresie od $3,02 \pm 0,08$ mm do $4,50 \pm 0,01$ mm. Średnia wartość pola powierzchni rzutu zwiększała się od $6,84 \pm 0,06$ mm² do $13,42 \pm 0,12$ mm². Średnia objętość wzrastała od $13,82 \pm 0,14$ mm³ do $37,77 \pm 2,39$ mm³.

Omówienie publikacji nr 7

Grzonkowska Magdalena, Kułakowski Michał, Baumgart Mariusz: *Computed tomography-based morphometric analysis of ossification centers of lesser wings of sphenoid bone in human fetuses*. Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2025; Vol. 15, nr 6, numer artykułu: 558, s. 1-13, DOI:10.3390/brainsci15060558 (IF=2.8; MNiSW=100.000)

W publikacji nr 7 przedstawiono ilościową analizę morfometrii pierwotnych ośrodków kostnienia skrzydeł mniejszych kości klinowej w wieku 18–30 tygodni życia płodowego. Uzyskane dane obejmują wartości liniowe, powierzchniowe i objętościowe, opracowane oddzielnie dla strony prawej i lewej.

Średnia długość części przedniej ośrodka kostnienia skrzydła mniejszego mieściła się w zakresie od $3,19 \pm 0,03$ mm do $6,05 \pm 0,10$ mm po stronie prawej oraz od $3,22 \pm 0,04$ mm do $6,11 \pm 0,10$ mm po stronie lewej. Część tylna wzrastała od $3,29 \pm 0,05$ mm do $6,19 \pm 0,11$ mm po stronie prawej oraz od $3,26 \pm 0,05$ mm do $6,15 \pm 0,11$ mm po stronie lewej. Średnia szerokość ośrodka kostnienia wzrastała od $3,60 \pm 0,01$ mm do $6,96 \pm 0,04$ mm po stronie prawej oraz od $3,87 \pm 0,10$ mm do $6,87 \pm 0,05$ mm po stronie lewej. Średnia powierzchnia rzutu zwiększała się od $10,81 \pm 0,47$ mm² do $35,53 \pm 0,84$ mm² po stronie prawej i od $11,32 \pm 0,39$ mm² do $34,48 \pm 0,82$ mm² po stronie lewej. Średnia objętość wzrastała od $11,79 \pm 0,62$ mm³ do $52,70 \pm 1,61$ mm³ po stronie prawej oraz od $12,12 \pm 0,70$ mm³ do $50,92 \pm 1,59$ mm³ po stronie lewej.

Dodatkowo wykazano, że odległość pomiędzy częściami przednimi ośrodków skrzydeł mniejszych zwiększała się w badanym okresie od $6,21 \pm 0,04$ mm do $7,23 \pm 0,03$ mm, wymiar ten pozwala na precyzyjniejsze określenie przestrzennego ułożenia struktur rozwijającej się podstawy czaszki.

4.3.3.3. Omówienie celu szczegółowego nr 3

Zastosowane techniki badawcze umożliwiły szczegółową i ilościową charakterystykę dynamiki procesu kostnienia, a opracowane modele matematyczne pozwoliły na precyzyjne opisanie zmian zachodzących w poszczególnych parametrach morfometrycznych ośrodków kostnienia w kolejnych tygodniach ciąży. Integracja uzyskanych wyników z aktualną literaturą przedmiotu umożliwiła zarówno weryfikację dotychczasowych danych, jak i istotne rozszerzenie wiedzy dotyczącej mechanizmów wzrostu kości czaszki w okresie prenatalnym. Otrzymane modele wzrostu stanowią narzędzie o wysokiej wartości interpretacyjnej, które

może wspierać diagnostykę zaburzeń kostnienia oraz planowanie postępowania klinicznego w przypadkach nieprawidłowości rozwojowych.

Trzeci szczegółowy cel badania został zrealizowany we wszystkich publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe (**publikacje 1–7**). Opracowane krzywe wzrostu uzyskały istotność statystyczną oraz charakteryzowały się wysokimi wartościami współczynnika determinacji (R^2), co potwierdza ich trafność i bardzo dobre dopasowanie do danych empirycznych. Wybór optymalnych modeli oparto na najwyższej wartości współczynnika determinacji, odzwierciedlającej stopień zgodności pomiędzy modelem matematycznym a rzeczywistą dynamiką badanych parametrów morfometrycznych. Tak uzyskane funkcje wzrostu stanowią wiarygodne i precyzyjne narzędzie opisowe, wzbogacające bazę wiedzy o fizjologicznym rozwoju czaszki u płodów człowieka.

Omówienie publikacji nr 1

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Morphometric study of the primary ossification center of the frontal squama in the human fetus*. Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 42, 2020, s. 733-740, DOI:10.1007/s00276-020-02425-7 (IF=1.246; MNiSW=70.000)

W **publikacji nr 1** dokonano modelowania dynamiki wzrostu parametrów morfometrycznych pierwotnego ośrodka kostnienia łuski kości czołowej. Analiza wykazała, że zmiany wymiaru pionowego, pola powierzchni rzutu oraz objętości najlepiej opisują równania funkcji kwadratowej, odpowiednio: wymiar pionowy – $y = 13,756 + 0,021 \times \text{wiek}^2 \pm 0,024$ ($R^2 = 0,95$), powierzchnia rzutu – $y = 38,285 + 0,889 \times \text{wiek}^2 \pm 0,034$ ($R^2 = 0,96$), objętość – $y = -90,020 + 1,375 \times \text{wiek}^2 \pm 11,441$ ($R^2 = 0,95$).

Natomiast wymiar poprzeczny wzrastał proporcjonalnie do wieku płodowego, co odzwierciedla najlepsze dopasowanie modelu liniowego: $y = 0,956 + 0,956 \times \text{wiek} \pm 0,823$ ($R^2 = 0,96$).

Uzyskane wyniki wskazują, że rozwój ośrodka kostnienia łuski kości czołowej charakteryzuje się zróżnicowaną dynamiką, zależną od analizowanego parametru. Przyspieszony wzrost wymiaru pionowego, powierzchni rzutu i objętości najlepiej opisany modelem kwadratowym świadczy o intensyfikacji procesu kostnienia wraz z zaawansowaniem wieku ciążowego. Z kolei liniowy przebieg zmian wymiaru poprzecznego sugeruje równomierny przyrost w tym kierunku. Różnice te odzwierciedlają kierunkowy i niejednorodny charakter dojrzewania łuski czołowej w okresie prenatalnym,

co ma znaczenie dla zrozumienia biomechaniki rozwoju sklepienia czaszki.

Omówienie publikacji nr 2

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the fused ossification center of the occipital squama in the human fetus*. PLoS ONE, vol. 16, nr 2, 2021, 1-12, e0247601, DOI:10.1371/journal.pone.0247601 (IF=3.752; MNiSW=100.000)

W publikacji nr 2 przeanalizowano dynamikę wzrostu parametrów morfometrycznych jądra kostnienia łuski kości potylicznej w wieku 18–30 tygodni życia płodowego. Modelowanie statystyczne wykazało, że wymiar pionowy ośrodka kostnienia zwiększał się w sposób liniowy zarówno po stronie prawej, jak i lewej, co potwierdzają równania: $y = -6,462 + 1,109 \times \text{wiek} \pm 0,636$ ($R^2 = 0,98$) – dla strony prawej, $y = -9,395 + 1,243 \times \text{wiek} \pm 0,577$ ($R^2 = 0,98$) – dla strony lewej.

Z kolei zmiany wymiaru poprzecznego części nadpotylicznej i międzyciemieniowej oraz pola powierzchni rzutu najlepiej opisywał model logarytmiczny, odpowiednio: $y = -98,232 + 39,663 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,721$ ($R^2 = 0,99$), $y = -79,903 + 32,107 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,974$ ($R^2 = 0,99$), $y = -3062,89 + 1108,98 \times \ln(\text{wiek}) \pm 29,476$ ($R^2 = 0,98$). Objętość ośrodka kostnienia rosła w sposób dynamiczny i przyspieszony, co najlepiej odzwierciedlała funkcja potęgowa: $y = -330,105 + 1,554 \times \text{wiek}^2 \pm 32,559$ ($R^2 = 0,99$).

Interpretacja wyników wskazuje, że rozwój łuski kości potylicznej charakteryzuje się wyraźnie zróżnicowaną dynamiką zależną od analizowanego parametru. Liniowy przebieg zmian wymiaru pionowego odzwierciedla równomierny przyrost tej struktury w kolejnych tygodniach ciąży. Modele logarytmiczne dla wymiaru poprzecznego i pola powierzchni rzutu wskazują na szybki wzrost we wcześniejszych etapach, a następnie na stopniowe spowolnienie tempa przyrostu, typowe dla dojrzewających elementów kostnych. Z kolei potęgowy charakter wzrostu objętości świadczy o intensyfikacji procesów mineralizacji i przestrzennej przebudowy łuski potylicznej.

Omówienie publikacji nr 3

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Lisiecki Jakub, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of primary ossification centres of the lateral and basilar parts of the occipital bone in the human foetus*. Folia Morphologica, vol. 80, nr 4, 2021, s. 895-903, DOI:10.5603/FM.a2021.0115 (IF=1.195; MNiSW=70.000)

W **publikacji nr 3** przeprowadzono szczegółową analizę morfometryczną pierwotnych ośrodków kostnienia części bocznych i podstawnej kości potylicznej w wieku 18–30 tygodni życia płodowego. Wszystkie badane parametry wykazywały zależności liniowe, co potwierdzają równania regresji: $y = -3,714 + 0,681 \times \text{wiek} \pm 1,346$ ($R^2 = 0,79$) – dla wymiaru strzałkowego części bocznych, $y = 0,412 + 0,278 \times \text{wiek} \pm 0,269$ ($R^2 = 0,94$) – dla wymiaru poprzecznego części bocznych, $y = -71,467 + 5,403 \times \text{wiek} \pm 7,500$ ($R^2 = 0,88$) – dla pola powierzchni rzutu części bocznych, $y = -88,858 + 6,655 \times \text{wiek} \pm 9,767$ ($R^2 = 0,87$) – dla objętości części bocznych, $y = 3,423 + 0,140 \times \text{wiek} \pm 0,157$ ($R^2 = 0,92$) – dla wymiaru strzałkowego części podstawnej, $y = 2,686 + 0,142 \times \text{wiek} \pm 0,159$ ($R^2 = 0,92$) – dla wymiaru poprzecznego części podstawnej, $y = -0,839 + 1,391 \times \text{wiek} \pm 1,385$ ($R^2 = 0,93$) – dla pola powierzchni rzutu części podstawnej, $y = -1,517 + 1,827 \times \text{wiek} \pm 1,859$ ($R^2 = 0,93$) – dla objętości części podstawnej.

Interpretacja wyników wskazuje, że rozwój ośrodków kostnienia części bocznych i podstawnej kości potylicznej przebiegał w analizowanym okresie z równomiernym, stabilnym tempem, bez cech gwałtownych przyspieszeń czy spowolnień, typowych dla zależności nieliniowych. Wysokie wartości współczynnika determinacji (R^2) dla większości parametrów potwierdzają dobre dopasowanie modeli liniowych do danych empirycznych i świadczą o przewidywalnym, proporcjonalnym wzroście tych struktur w drugim i trzecim trymestrze ciąży.

Omówienie publikacji nr 4

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Quantitative study of the primary ossification centre of the parietal bone in the human fetus*. Folia Morphologica, vol. 82, nr 2, 2023, s. 307-314, DOI:10.5603/fm.a2022.0020 (**IF=1.2; MNiSW=140.000**)

W **publikacji nr 4** przeprowadzono ilościową analizę pierwotnego ośrodka kostnienia kości ciemieniowej w wieku od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Badane parametry wykazywały wyraźnie nieliniowy charakter wzrostu. Wymiar pionowy oraz objętość rosły zgodnie z funkcjami wielomianowymi czwartego stopnia, odpowiednio: $y = 21,746 + 0,000025 \times (\text{wiek})^4 \pm 1,256$ ($R^2 = 0,95$) oraz $y = 296,984 + 0,001 \times (\text{wiek})^4 \pm 6,971$ ($R^2 = 0,94$). Wymiar strzałkowy podlegał funkcji kwadratowej: $y = 16,322 + 0,0347 \times (\text{wiek})^2 \pm 1,323$ ($R^2 = 0,96$), a pole powierzchni rzutu najlepiej opisywała funkcja sześcienna: $y = 284,1895 + 0,051 \times (\text{wiek})^3 \pm 0,490$ ($R^2 = 0,94$).

Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że rozwój pierwotnego ośrodka kostnienia kości ciemieniowej charakteryzuje się złożonym, nieliniowym i wielofazowym przebiegiem, odmiennym od bardziej stabilnych wzorców obserwowanych w części struktur podstawy czaszki. Wymiar pionowy i objętość najlepiej opisywały funkcje wielomianowe czwartego stopnia, co świadczy o zmiennej dynamice przyrostów oraz przechodzeniu przez kolejne fazy przyspieszenia i spowolnienia wzrostu w analizowanym przedziale wiekowym. Wymiar strzałkowy wykazywał przebieg zgodny z modelem do drugiej potęgi wieku w tygodniach, typowym dla narastającego tempa wzrostu w miarę dojrzewania struktur sklepienia. Natomiast pole powierzchni rzutu odzwierciedlające dwuwymiarową ekspansję ośrodka podlegało zależności sześcienniej, wskazującej na narastającą dynamikę przyrostów, stabilizującą się dopiero w późniejszym okresie ciąży. Zastosowane modele matematyczne potwierdzają, że proces kostnienia kości ciemieniowej przebiega w sposób wysoce kierunkowy i niejednorodny, a zróżnicowane funkcje wzrostu odzwierciedlają odmienne tempo dojrzewania poszczególnych wymiarów tej kości.

Omówienie publikacji nr 5

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Kułakowski Michał, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the squamous part of temporal bone in the human fetus*. PLoS ONE, vol. 18, nr 12, 2023, Numer artykułu: e0295590, s. 1-14, DOI:10.1371/journal.pone.0295590 (IF=2.9; MNiSW=140.000)

W **publikacji nr 5** przeprowadzono ilościową analizę pierwotnego ośrodka kostnienia łuski kości skroniowej w wieku 18–30 tygodni życia płodowego. Badania wykazały, że poszczególne parametry morfometryczne tej struktury charakteryzowały się zróżnicowanym przebiegiem wzrostu.

Wymiar pionowy ośrodka kostnienia wzrastał wprost proporcjonalnie do wieku w tygodniach zgodnie z funkcją liniową: $y = -0,7270 + 0,7682 \times \text{wiek} \pm 1,256$ ($R^2 = 0,96$). Natomiast pozostałe trzy parametry – wymiar strzałkowy, pole powierzchni rzutu oraz objętość wykazywały złożony, nieliniowy charakter wzrostu, najlepiej opisany równaniami wielomianowymi czwartego stopnia: $y = 5,434 + 0,000019 \times \text{wiek}^4 \pm 1,618$ ($R^2 = 0,88$) – dla wymiaru strzałkowego, $y = -4,086 + 0,00029 \times \text{wiek}^4 \pm 2,231$ ($R^2 = 0,90$) – dla pola powierzchni rzutu i $y = -25,213 + 0,0004 \times \text{wiek}^4 \pm 3,564$ ($R^2 = 0,91$) – dla objętości.

Interpretacja uzyskanych modeli wskazuje, że rozwój pierwotnego ośrodka kostnienia łuski kości skroniowej przebiegał w analizowanym okresie w sposób wyraźnie zróżnicowany.

Wymiar pionowy cechował się stałym, proporcjonalnym do wieku płodowego przyrostem, typowym dla cech morfometrycznych o stabilnej dynamice wzrostu. Odmienny charakter wykazywały wymiar strzałkowy, pole powierzchni rzutu i objętość, których przebieg najlepiej odzwierciedlały funkcje wielomianowe czwartego stopnia. Wskazuje to na nieliniową dynamikę rozwoju, obejmującą okresy intensyfikacji wzrostu oraz fazy względnego spowolnienia.

Omówienie publikacji nr 6

Grzonkowska Magdalena, Baumgart Mariusz, Szpinda Michał: *Quantitative study of the ossification centers of the body of sphenoid bone in the human fetus*. Scientific Reports, Nature Publishing Group, vol. 14, nr 1, 2024, Numer artykułu: 13522, s. 1-9, DOI:10.1038/s41598-024-64550-2 (IF=3.9; MNiSW=140.000)

W publikacji nr 6 przeanalizowano morfometrię dwóch ośrodków kostnienia trzonu kości klinowej (przedklinowego i zaklinowego) w wieku od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Badanie ujawniło wyraźne zróżnicowanie dynamiki wzrostu analizowanych parametrów morfometrycznych.

Dla ośrodka przedklinowego wzrost liniowy wykazywały: wymiar strzałkowy – $y = 0,680 + 0,312 \times \text{wiek} \pm 0,007$ ($R^2 = 0,97$), pole powierzchni rzutu – $y = -5,414 + 0,612 \times \text{wiek} \pm 0,288$ ($R^2 = 0,98$), objętość – $y = -17,409 + 1,741 \times \text{wiek} \pm 1,107$ ($R^2 = 0,97$). Natomiast wymiar poprzeczny ośrodka przedklinowego najlepiej opisywał model logarytmiczny: $y = -5,069 + 2,492 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,064$ ($R^2 = 0,97$).

Dla ośrodka zaklinowego liniowy charakter wzrostu wykazywała jedynie objętość: $y = -18,078 + 1,873 \times \text{wiek} \pm 1,279$ ($R^2 = 0,97$). Pozostałe parametry tj. wymiar poprzeczny, wymiar strzałkowy oraz pole powierzchni rzutu podlegały funkcjom logarytmicznym, odpowiednio: $y = -5,149 + 2,567 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,082$ ($R^2 = 0,96$), $y = -5,382 + 2,924 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,068$ ($R^2 = 0,98$), $y = -29,434 + 12,629 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,340$ ($R^2 = 0,97$).

Analiza wyników wskazuje, że punkty kostnienia trzonu kości klinowej rozwijają się w odmiennych wzorcach wzrostu. Parametry o przebiegu liniowym odzwierciedlają stałe, proporcjonalne tempo przyrostu, charakterystyczne dla stabilnego etapu kostnienia w badanym okresie rozwoju wewnątrzmacicznego. Z kolei zależności logarytmiczne wskazują na fazy intensywnego wczesnego wzrostu, które następnie stopniowo ulegają spowolnieniu wraz z postępującym dojrzewaniem trzonu kości klinowej.

Omówienie publikacji nr 7

Grzonkowska Magdalena, Kułakowski Michał, Baumgart Mariusz: *Computed tomography-based morphometric analysis of ossification centers of lesser wings of sphenoid bone in human fetuses*. Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2025; Vol. 15, nr 6, numer artykułu: 558, s. 1-13, DOI:10.3390/brainsci15060558 (**IF=2.8; MNiSW=100.000**)

W **publikacji nr 7** przeprowadzono szczegółową analizę morfometryczną jąder kostnienia skrzydeł mniejszych kości klinowej w wieku 18–30 tygodni życia płodowego. Wszystkie badane parametry wykazywały liniowy charakter wzrostu, co potwierdzają przedstawione równania regresji: $y = -0,699 + 0,238 \times \text{wiek} \pm 0,047$ ($R^2 = 0,95$) – dla długości części oczodołowej, $y = -1,439 + 0,252 \times \text{wiek} \pm 0,077$ ($R^2 = 0,98$) – dla długości części klinowej, $y = -0,892 + 0,270 \times \text{wiek} \pm 0,133$ ($R^2 = 0,97$) – dla szerokości, $y = -26,530 + 2,072 \times \text{wiek} \pm 0,112$ ($R^2 = 0,98$) – dla pola powierzchni rzuty i $y = -48,814 + 3,297 \times \text{wiek} \pm 0,177$ ($R^2 = 0,97$) – dla objętości.

Wysokie wartości współczynnika determinacji (R^2) potwierdzają bardzo dobre dopasowanie modeli liniowych do danych empirycznych. Interpretacja uzyskanych wyników wskazuje, że rozwój jąder kostnienia skrzydeł mniejszych kości klinowej przebiegał w analizowanym przedziale czasowym w sposób równomierny i stabilny z proporcjonalnym przyrostem wszystkich parametrów morfometrycznych wraz z wiekiem płodowym. Brak cech przyspieszenia czy spowolnienia typowych dla modeli nieliniowych podkreśla regularny charakter kostnienia tej części kości klinowej.

4.3.4. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły na uzyskanie nowych, szczegółowych i ilościowych danych dotyczących morfometrii pierwotnych ośrodków kostnienia wybranych kości czaszki u płodów człowieka w wieku od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Zastosowanie tomografii komputerowej umożliwiło precyzyjne zobrazowanie kostniejących struktur, wykonanie trójwymiarowych rekonstrukcji oraz przeprowadzenie pomiarów o wysokiej powtarzalności i czułości. Uzyskane wyniki umożliwiły opracowanie referencyjnych wartości parametrów liniowych, powierzchniowych i objętościowych dla poszczególnych punktów kostnienia oraz określenie ich dynamiki wzrostu przy użyciu modeli matematycznych, które w ramach badanego zakresu wieku wykazały bardzo dobre dopasowanie do danych empirycznych.

Analiza morfometryczna nie ujawniła istotnych różnic płciowych ani lateralnych,

co w odniesieniu do analizowanego przedziału wieku płodowego uzasadnia stosowanie wspólnych modeli wzrostu. Należy jednak podkreślić, że brak różnic w tej grupie wiekowej nie wyklucza możliwości ich występowania w innych etapach rozwoju prenatalnego lub postnatalnego. Poszczególne ośrodki kostnienia wykazywały zróżnicowaną dynamikę wzrostu, co odzwierciedlają odmienne modele matematyczne opisujące przyrost ich parametrów.

Opracowane krzywe wzrostu, charakteryzujące się wysokimi wartościami współczynników determinacji (R^2), stanowią wiarygodne narzędzie wspomagające ocenę prawidłowości procesów kostnienia w okresie prenatalnym. Porównanie kolejnych pomiarów w czasie może umożliwiać wstępną ocenę, czy tempo wzrostu i mineralizacji jąder kostnienia mieści się w zakresie norm rozwojowych, czy też odbiega od wartości typowych dla badanego etapu ontogenezy. Identyfikacja takich odchyleń może stanowić przesłankę do poszerzenia diagnostyki oraz tam, gdzie jest to klinicznie zasadne wdrożenie odpowiednich działań medycznych. Jednocześnie należy pamiętać, że interpretacja nieprawidłowych wyników wymaga uwzględnienia kontekstu klinicznego oraz ograniczeń metod obrazowania.

Wprowadzenie nowych, pogłębionych danych morfologicznych dotyczących pierwotnych ośrodków kostnienia czaszki wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy o prenatalnych mechanizmach osteogenezy. Dane te mają szeroki potencjał aplikacyjny, mogąc wspierać interpretację badań ultrasonograficznych i tomografii komputerowej, a także stanowić wartościowy materiał porównawczy w ocenie nieprawidłowości rozwojowych. Znajomość normatywnych parametrów morfometrycznych może być szczególnie użyteczna w diagnostyce zaburzeń kostnienia, ocenie dojrzałości układu kostnego oraz w planowaniu postępowania w przypadkach wad wrodzonych.

Uzyskane wyniki wskazują również na potrzebę dalszych badań, obejmujących zarówno młodsze, jak i starsze grupy płodów, a także inne elementy czaszki. Celowe wydaje się również pogłębienie analiz dotyczących zależności pomiędzy tempem kostnienia a innymi aspektami rozwoju prenatalnego. Rozszerzenie wiedzy w tym zakresie może przyczynić się do pełniejszego zrozumienia ontogenetycznych mechanizmów kształtowania się struktur czaszki oraz do udoskonalenia narzędzi diagnostycznych stosowanych w opiece prenatalnej.

4.4. Badania nad punktami kostnienia kręgów przejściowych u płodów człowieka

Od 2016 roku jestem członkiem zespołu badawczego Katedry Anatomii Prawidłowej, zajmującego się szczegółową analizą morfometryczną kręgosłupa u płodów człowieka.

Badania te, oparte na technikach obrazowania tomografii komputerowej, obejmowały kompleksową ocenę kręgów wszystkich odcinków kręgosłupa: szyjnego, piersiowego, lędźwiowego i krzyżowego. Dorobek publikacyjny obejmuje **siedem** prac naukowych. W dwóch zajmuję miejsce trzeciego autora, co stanowiło istotny etap zdobywania doświadczenia metodologicznego i analitycznego, umożliwiając mi późniejsze samodzielne prowadzenie badań jako autor wiodący. W kolejnych **pięciu** pracach występuję jako **pierwszy autor**, w tym w dwóch jako autor współdzielący pierwsze autorstwo. **Łączny Impact Factor tych publikacji wynosi 14.502 (510 pkt MNiSW), z czego 12.4 IF (470 pkt MNiSW) przypada na prace, w których pełni rolę pierwszego autora.**

Cykl prac, które wchodzi w skład kierunku badań, poszerzającego wiedzę z dziedziny anatomii rozwojowej:

1. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Badura Mateusz, Szpinda Michał: *Morphometric study of the neural ossification centers of the atlas and axis in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 38, nr 10, 2016, s. 1205-1215, DOI:10.1007/s00276-016-1681-2, (IF=1.051; MNiSW=20.000).
2. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Badura Mateusz, Dąbrowska Maria, Szpinda Michał: Digital image analysis of ossification centers in the axial dens and body in the human fetus, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 38, nr 10, 2016, s. 1195-1203, DOI:10.1007/s00276-016-1679-9, (IF=1.051; MNiSW=20.000).
3. **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Elster Karol, Hankiewicz Bartłomiej, Janiak Michał, Rogalska Agnieszka, Świtońska Milena, Żytkowski Andrzej, Baumgart Mariusz: *CT-based quantitative analysis of ossification centres in the C7 vertebra of human fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 9, 2025, Numer artykułu: 1018, s. 1-12, DOI:10.3390/brainsci15091018, (IF=2.8; MNiSW=100.000).
4. **Magdalena Grzonkowska**, Michał Kułakowski, Karol Elster, Zofia Dzięcioł–Anikiej, Agnieszka Rogalska, Beata Zwierko, Sara Kierońska – Siwak, Karol Elster, Stanisław Orkisz, Mariusz Baumgart: *CT Morphometric Analysis of Ossification Centres in the Fetal Th12 Vertebra*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 11, 2025, Numer artykułu: 1138; s. 1-14, DOI:10.3390/brainsci15111138, (IF=2.8; MNiSW=100.000).

5. Baumgart Mariusz*, **Grzonkowska Magdalena***, Kułakowski Michał: *Digital image analysis of vertebral body L4 and its ossification centre in the human foetus*, Folia Morphologica, vol. 84, nr 2, 2025, s. 406-417, DOI:10.5603/fm.101420, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
6. **Magdalena Grzonkowska**, Michał Kułakowski, Karol Elster, Zofia Dzięcioł-Anikiej, Beata Zwierko, Sara Kierońska-Siwiak, Magdalena Konieczna-Brazis, Michał Banasiak, Stanisław Orkisz, Mariusz Baumgart: *Three-Dimensional, Image-Based Evaluation of the L5 Vertebral Body and Its Ossification Center in Human Fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 11, 2025, Numer artykułu: 1229, s. 1-12. DOI: 10.3390/brainsci15111229, (IF=2.8; MNiSW=100.000).
7. **Grzonkowska Magdalena***, Bogacz Katarzyna*, Żytkowski Andrzej, Szkultecka-Dębek Monika, Kułakowski Michał, Janiak Michał, Rogalska Agnieszka, Baumgart Mariusz: *Digital image analysis of vertebral body S1 and its ossification center in the human fetus*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 1, 2025, Numer artykułu: 74, s. 1-14, DOI:10.3390/brainsci15010074, (IF=2.8; MNiSW=100.000).

Rozwój kręgosłupa w okresie embrionalnym i płodowym jest procesem wieloetapowym, obejmującym kolejno migrację komórek mezodermalnych, segmentację somityczną, różnicowanie sklerotomów oraz etap kostnienia punktowego. Pierwsze jądra kostnienia pojawiają się około 8–10 tygodnia rozwoju prenatalnego, a ich morfologia i dynamika wzrostu stanowią czuły wskaźnik dojrzewania układu kostnego. Ocena tych struktur ma istotne znaczenie nie tylko morfologiczne, lecz również kliniczne. Zaburzenia kostnienia mogą wskazywać zarówno na wady izolowane, jak i na uogólnione dysplazje kostne czy zespoły genetyczne manifestujące się zaburzeniami mineralizacji. Kostnienie łuków kręgowych rozpoczyna się około 8 tygodnia życia zarodkowego, natomiast kostnienie trzonów około 10 tygodnia życia płodowego. Około 12 tygodnia w większości kręgów (z wyjątkiem kości guzicznej) widoczne są trzy pierwotne jądra kostnienia: jedno w trzonie oraz po jednym w prawym i lewym łuku nerwowym. Proces kostnienia przebiega według charakterystycznej sekwencji topograficznej: jądra trzonów pojawiają się najpierw w dolnym odcinku piersiowym i górnym lędźwiowym, a następnie proces ten postępuje w kierunku doczaszkowym i doogonowym. Natomiast jądra łuków nerwowych powstają najwcześniej w kręgu szczytowym i progresywnie w kierunku doogonowym. Układ ten odzwierciedla zarówno gradient rozwojowy zarodka, jak i zróżnicowane tempo

dojrzewania poszczególnych segmentów kręgosłupa.

Pierwsze dwa kręgi szyjne tj. krąg szczytowy (C1 – **publikacja 1**) oraz krąg obrotowy (C2 – **publikacja 1 i 2**) – wykazują odmienny i bardziej złożony schemat kostnienia niż pozostałe kręgi szyjne. Krąg C1 posiada trzy jądra kostnienia: jedno zlokalizowane w łuku przednim oraz dwa w łukach tylnych. Natomiast krąg C2 charakteryzuje się obecnością czterech jąder kostnienia: w trzonie, w zębie oraz w prawym i lewym wyrostku nerwowym. W kręgach C3–C7 obecny jest typowy dla większości kręgosłupa układ trzech jąder kostnienia (jedno w trzonie i dwa w łukach nerwowych).

Przeprowadzone analizy morfometryczne wykazały, że dynamika wzrostu jąder kostnienia łuków kręgów C1 i C2 charakteryzuje się zbliżonymi wzorcami rozwojowymi. Długość i szerokość tych struktur zwiększały się zgodnie z funkcją logarytmiczną. W kręgu szczytowym zależności te opisano równaniami: $y = -13,461 + 6,140 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,570$ ($R^2 = 0,74$) – dla długości, $y = -4,006 + 1,930 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,178$ ($R^2 = 0,75$) – dla szerokości. Dla kręgu obrotowego wartości te kształtowały się odpowiednio: $y = -5,683 + 6,882 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,503$ ($R^2 = 0,82$) – dla długości, $y = -3,054 + 1,648 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,178$ ($R^2 = 0,65$) – dla szerokości. Pole powierzchni rzutu jąder kostnienia wyrostków nerwowych obu kręgów wykazywało natomiast liniowy charakter wzrostu, co potwierdzają równania: $y = -7,362 + 0,780 \times \text{wiek} \pm 1,700$ ($R^2 = 0,74$) – dla kręgu C1, $y = -9,930 + 0,869 \times \text{wiek} \pm 1,911$ ($R^2 = 0,73$) – dla kręgu C2. Również objętość tych jąder rosła wprost proporcjonalnie do wieku płodowego, zgodnie z odwzorowaniem liniowym: $y = -6,417 + 0,836 \times \text{wiek} \pm 1,924$ ($R^2 = 0,71$) – dla C1, $y = -11,592 + 1,087 \times \text{wiek} \pm 2,509$ ($R^2 = 0,71$) – dla C2.

Dynamika wzrostu jąder kostnienia zęba i trzonu kręgu C2 charakteryzuje się zbliżonymi wzorcami rozwojowymi. Dla obu struktur wymiary poprzeczny, strzałkowy oraz objętość zwiększały się zgodnie z funkcją logarytmiczną. Dla zęba kręgu C2 zależności te opisują równania: $y = -10,752 + 4,276 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,335$ ($R^2 = 0,81$) – dla wymiaru poprzecznego, $y = -4,329 + 2,010 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,182$ ($R^2 = 0,76$) – dla wymiaru strzałkowego, $y = -37,021 + 14,014 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,091$ ($R^2 = 0,82$) – dla objętości. Analogiczne zależności odnotowano dla trzonu kręgu C2: $y = -10,578 + 4,265 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,338$ ($R^2 = 0,80$) – dla wymiaru poprzecznego, $y = -3,934 + 1,930 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,182$ ($R^2 = 0,74$) – dla wymiaru strzałkowego, $y = -37,425 + 14,197 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,109$ ($R^2 = 0,81$) – dla objętości.

Odmienny charakter wykazało pole powierzchni rzutu jąder kostnienia, które w obu kręgach rosło liniowo w funkcji wieku płodowego. Zależność tę opisują modele: $y = -7,102 + 0,520 \times \text{wiek} \pm 0,724$ ($R^2 = 0,87$) – dla zęba kręgu C2, $y = -7,002 + 0,521$

$\times \text{wiek} \pm 0,726$ ($R^2 = 0,87$) – dla trzonu kręgu C2.

Zdobyte doświadczenie badawcze umożliwiło rozszerzenie analiz na kręgi przejściowe **C7, Th12, L4, L5 oraz S1** co pozwoliło ukierunkować dalsze prace na opracowanie nowych danych referencyjnych dotyczących punktów kostnienia tych kręgów. Badania te obejmowały zarówno szczegółową ocenę morfometryczną, jak i wyznaczenie modeli matematycznych najlepiej opisujących zależność parametrów od wieku płodu. Założone cele zostały w pełni zrealizowane w **publikacjach 3–7**.

W **artykule nr 3** pt. „*CT-based quantitative analysis of ossification centres in the C7 vertebra of human fetuses*” przeprowadzono kompleksową ocenę morfometryczną jądra kostnienia trzonu oraz prawych i lewych jąder kostnienia łuków nerwowych siódmego kręgu szyjnego. Analizie poddano parametry liniowe, powierzchniowe i objętościowe, z równoczesną oceną potencjalnych różnic płciowych i lateralnych. Następnie określono dynamikę wzrostu wszystkich parametrów oraz wyznaczono modele matematyczne o najlepszym dopasowaniu do danych empirycznych. W badanej grupie nie stwierdzono istotnych różnic związanych z płcią ani lateralizacją, co uzasadnia stosowanie wspólnych modeli wzrostu. Wszystkie opracowane równania charakteryzowały się wysoką istotnością statystyczną i bardzo dobrymi wartościami współczynnika determinacji (R^2).

W przedziale wieku 17–30 tygodni średni wymiar poprzeczny jądra kostnienia trzonu C7 wzrastał od 2,95 mm do $4,83 \pm 0,05$ mm, a wymiar strzałkowy od 2,38 mm do $3,80 \pm 0,02$ mm. Pole powierzchni rzutu zwiększało się od 4,99 mm² do $14,58 \pm 0,71$ mm², natomiast objętość od 5,60 mm³ do $20,20 \pm 0,57$ mm³. Wszystkie parametry jądra kostnienia trzonu poza wymiarem strzałkowym, który podlegał funkcji logarytmicznej ($y = -4,915 + 2,592 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,102$; $R^2 = 0,92$) wykazywały przyrost liniowy: wymiar poprzeczny – $y = 0,341 + 0,154 \times \text{wiek} \pm 0,122$; $R^2 = 0,98$, pole powierzchni rzutu – $y = -8,182 + 0,768 \times \text{wiek} \pm 0,176$; $R^2 = 0,97$ oraz objętość – $y = -14,376 + 1,181 \times \text{wiek} \pm 0,328$; $R^2 = 0,98$.

W przypadku jąder kostnienia łuków nerwowych C7 średnia długość zwiększała się od 2,32 mm do $5,25 \pm 0,05$ mm po stronie prawej i od 2,22 mm do $5,23 \pm 0,05$ mm po stronie lewej. Szerokość wzrastała od 1,27 mm do $2,57 \pm 0,03$ mm – prawa strona oraz od 1,28 mm do $2,57 \pm 0,04$ mm – lewa strona. Pole powierzchni rzutu zwiększało się od 3,17 mm² do $10,69 \pm 0,13$ mm² – prawa strona i od 3,15 mm² do $10,70 \pm 0,12$ mm² – lewa strona. Z kolei objętość wzrastała od 3,99 mm³ do $13,04 \pm 0,15$ mm³ po stronie prawej oraz od 3,73 mm³ do $12,70 \pm 0,11$ mm³ po stronie lewej. Wszystkie parametry morfometryczne jąder kostnienia łuków C7 wykazywały wzrost liniowy, co potwierdzają odpowiednie równania regresji: $y = -1,354 + 0,230 \times \text{wiek} \pm 1,018$; $R^2 = 0,97$ oraz

$y = -1,404 + 0,232 \times \text{wiek} \pm 0,267$; $R^2 = 0,97$ – dla długości, $y = -0,572 + 0,109 \times \text{wiek} \pm 0,321$; $R^2 = 0,97$ oraz $y = -0,559 + 0,110 \times \text{wiek} \pm 0,564$; $R^2 = 0,97$ – dla szerokości, $y = -7,879 + 0,652 \times \text{wiek} \pm 0,422$; $R^2 = 0,97$ oraz $y = -7,760 + 0,648 \times \text{wiek} \pm 0,64$; $R^2 = 0,97$ – dla pola powierzchni rzutu, $y = -8,568 + 0,748 \times \text{wiek} \pm 0,257$; $R^2 = 0,98$ oraz $y = -8,699 + 0,754 \times \text{wiek} \pm 0,275$; $R^2 = 0,98$ – dla objętości.

Uzyskane dane morfometryczne dotyczące kręgu C7 stanowią wartości referencyjne specyficzne dla analizowanego przedziału wieku ciążowego i mogą znaleźć zastosowanie jako materiał porównawczy w ocenie wieku płodu oraz w diagnostyce ultrasonograficznej i tomograficznej nieprawidłowości dotyczących dolnego odcinka kręgosłupa szyjnego. Ze względu na charakter badania oraz wielkość próby należy jednak podkreślić, że przedstawione zakresy normatywne wymagają dalszej weryfikacji w szerszych kohortach, obejmujących zarówno wcześniejsze, jak i późniejsze etapy ciąży. Dalsze analizy populacyjne pozwolą na doprecyzowanie uzyskanych zależności oraz na ocenę ich pełnej przydatności klinicznej, zwłaszcza w kontekście diagnostyki zaburzeń o typie dysplastycznym i wad wrodzonych kręgosłupa.

W artykule nr 4 pt. „*CT Morphometric Analysis of Ossification Centres in the Fetal Th12 Vertebra*” skoncentrowaliśmy nasze badania na analizie procesu kostnienia trzonu oraz wyrostków nerwowych dwunastego kręgu piersiowego u płodów człowieka, wykorzystując wysokorozdzielczą tomografię komputerową. Celem pracy była ilościowa ocena punktów kostnienia Th12 obejmująca parametry liniowe, powierzchniowe i objętościowe w celu opracowania wartości referencyjnych charakterystycznych dla poszczególnych tygodni rozwoju płodowego. Dodatkowo przeprowadziliśmy analizę ewentualnych różnic płciowych i lateralnych oraz określiliśmy dynamikę wzrostu badanych parametrów, identyfikując modele matematyczne o najlepszym dopasowaniu.

Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy płciami ani stronami ciała, co umożliwiło zastosowanie jednej krzywej wzrostu dla każdego parametru. W przypadku jądra kostnienia trzonu Th12 średni wymiar poprzeczny w przedziale 17–30 tygodnia życia płodowego wzrastał od 2,61 mm do $6,82 \pm 0,11$ mm, a wymiar strzałkowy od 2,41 mm do $4,67 \pm 0,14$ mm. Pole powierzchni rzutu zwiększało się od 5,60 mm² do $25,08 \pm 0,53$ mm², natomiast objętość od 7,32 mm³ do $26,78 \pm 0,30$ mm³. Wszystkie parametry trzonu wykazywały liniowy charakter wzrostu, co potwierdzają równania regresji o wysokich wartościach współczynnika determinacji ($R^2 = 0,94\text{--}0,97$). Dla jądra kostnienia trzonu kręgu Th12 wszystkie analizowane parametry przebiegały zgodnie z modelem liniowym: $y = -2,648 + 0,328 \times \text{wiek} \pm 0,326$, $R^2 = 0,96$ – dla wymiaru poprzecznego,

$y = 0,183 + 0,149 \times \text{wiek} \pm 0,212$, $R^2 = 0,94$ – dla wymiaru strzałkowego, $y = -10,641 + 1,485 \times \text{wiek} \pm 0,274$, $R^2 = 0,97$ – dla pola powierzchni rzutu i $y = -19,971 + 1,641 \times \text{wiek} \pm 0,128$, $R^2 = 0,96$ – dla objętości.

W przypadku jąder kostnienia wyrostków nerwowych Th12 średnia długość wzrastała od 3,08 mm do $6,16 \pm 0,04$ mm – strona prawa oraz od 3,05 mm do $6,17 \pm 0,06$ mm – strona lewa. Szerokość punktu kostnienia dla strony prawej i lewej zmieniała się odpowiednio: od 1,10 mm do $2,34 \pm 0,03$ mm oraz od 1,12 mm do $2,32 \pm 0,02$ mm. Pole powierzchni rzutu zwiększało się od 3,50 mm² do $10,30 \pm 0,41$ mm² dla strony prawej i od 3,80 mm² do $10,18 \pm 0,29$ mm² dla strony lewej, zaś objętość od 4,48 mm³ do $13,40 \pm 0,34$ mm³ dla strony prawej oraz od 4,53 mm³ do $14,10 \pm 0,26$ mm³ dla strony lewej. Wszystkie analizowane parametry jąder kostnienia wyrostków nerwowych Th12 wzrastały liniowo: $y = -1,483 + 0,259 \times \text{wiek} \pm 0,218$, $R^2 = 0,97$ i $y = -1,527 + 0,261 \times \text{wiek} \pm 0,287$, $R^2 = 0,98$ – dla długości, $y = -0,533 + 0,098 \times \text{wiek} \pm 0,432$, $R^2 = 0,97$ i $y = -0,517 + 0,098 \times \text{wiek} \pm 0,234$, $R^2 = 0,98$ – dla szerokości, $y = -5,974 + 0,542 \times \text{wiek} \pm 0,312$, $R^2 = 0,98$ i $y = -4,231 + 0,468 \times \text{wiek} \pm 0,452$, $R^2 = 0,98$ dla pola powierzchni rzutu, $y = -8,430 + 0,745 \times \text{wiek} \pm 0,457$, $R^2 = 0,97$ oraz $y = -9,901 + 0,781 \times \text{wiek} \pm 0,134$, $R^2 = 0,97$ – dla objętości.

W dotychczasowej literaturze medycznej brakowało szczegółowych, normatywnych danych ilościowych dotyczących punktów kostnienia kręgu Th12, co utrudniało jednoznaczną ocenę, czy rozwój tej struktury mieści się w granicach fizjologii, czy też wykazuje cechy odchylenia od normy. Uzyskane w niniejszym badaniu wyniki stanowią istotne uzupełnienie dostępnych informacji, dostarczając wartości referencyjnych dla przedziału 17–30 tygodnia życia płodowego. Dane te mogą wspierać diagnostykę prenatalną, szczególnie w sytuacjach granicznych, gdy interpretacja obrazów ultrasonograficznych jest utrudniona. Wykorzystanie tomografii komputerowej okazało się kluczowe dla osiągnięcia wysokiej dokładności pomiarów. Metoda ta oferuje bardzo wysoką rozdzielczość przestrzenną oraz możliwość wykonywania precyzyjnych rekonstrukcji trójwymiarowych, co umożliwia wiarygodną ocenę zarówno parametrów liniowych, płaszczyznowych, jak i objętościowych.

W artykule nr 5 pt. „*Digital image analysis of vertebral body L4 and its ossification centre in the human foetus*” przeprowadziliśmy szczegółową analizę morfometryczną trzonu oraz jądra kostnienia kręgu L4. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między płciami, co umożliwiło opracowanie pojedynczych krzywych wzrostu dla wszystkich badanych parametrów.

Średnia wysokość trzonu kręgu L4 w wieku 18–30 tygodni życia płodowego wzrastała

od 2,82 do $6,03 \pm 0,64$ mm. Wymiar poprzeczny zwiększał się od 3,11 do $8,70 \pm 0,53$ mm, a wymiar strzałkowy od 2,91 do $6,14 \pm 0,13$ mm. Pole powierzchni rzutu trzonu wzrastało od 8,04 do $42,00 \pm 1,52$ mm², natomiast objętość od 22,67 do $253,57 \pm 31,36$ mm³. Wysokość trzonu kręgu L4, a także jego wymiary poprzeczny i strzałkowy wykazywały wzrost zgodny z funkcją logarymiczną, odpowiednio: $y = -11,797 + 5,208 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,372$, $R^2=0,83$, $y = -23,462 + 9,428 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,702$, $R^2=0,82$, $y = 2,770 + 13,521 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,722$, $R^2=0,81$. Pole powierzchni rzutu trzonu modelowało funkcję liniową: $y = -30,683 + 1,976 \times \text{wiek} \pm 2,701$, $R^2=0,87$, a objętość podlegała przyrostowi zgodnemu z funkcją kwadratową: $y = -93,983 + 0,385 \times (\text{wiek})^2 \pm 23,707$, $R^2=0,88$.

W odniesieniu do jądra kostnienia trzonu L4 średni wymiar poprzeczny zwiększał się od 1,29 do $7,15 \pm 0,64$ mm, a strzałkowy od 1,95 do $5,51 \pm 0,33$ mm. Pole powierzchni rzutu wzrastało od 4,85 do $27,18 \pm 2,26$ mm², zaś objętość od 4,60 do $40,45 \pm 3,25$ mm³. Wymiary poprzeczny i strzałkowy wzrastały zgodnie z funkcją logarymiczną, odpowiednio: $y = -27,106 + 10,178 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,769$, $R^2=0,82$ oraz $y = -13,345 + 5,458 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,424$, $R^2=0,81$. Z kolei pole powierzchni rzutu i objętość wykazywały liniowy przyrost wraz z wiekiem płodu, co ilustrują funkcje: $y = -30,683 + 1,976 \times \text{wiek} \pm 2,701$, $R^2=0,88$ i $y = -43,214 + 2,760 \times \text{wiek} \pm 4,085$, $R^2=0,86$.

Wyniki uzyskane dla kręgu L4 i jego ośrodka kostnienia dostarczają danych referencyjnych istotnych z punktu widzenia diagnostyki prenatalnej, zwłaszcza w kontekście oceny prawidłowości kostnienia odcinka lędźwiowego. Wrodzone odchylenia w budowie trzonów kręgów mogą stanowić wczesny marker zaburzeń rozwojowych o charakterze dysplastycznym oraz mogą mieć konsekwencje kliniczne w życiu późniejszym m.in. predysponować do zwężenia kanału kręgowego, dolegliwości bólowych czy objawów neurologicznych.

W artykule nr 6 pt. „*Three-Dimensional, Image-Based Evaluation of the L5 Vertebral Body and Its Ossification Center in Human Fetuses*” przedstawiliśmy szczegółowe dane morfometryczne dotyczące piątego kręgu lędźwiowego, stanowiące potencjalny materiał odniesienia w ocenie dojrzewania kostnego tej części kręgosłupa w okresie prenatalnym.

W badanym przedziale wieku 17–30 tygodni średnia wysokość trzonu L5 wzrastała od $2,89 \pm 0,03$ mm do $5,91 \pm 0,20$ mm, wymiar poprzeczny od 3,02 mm do $8,24 \pm 0,03$ mm, a wymiar strzałkowy od 2,52 mm do $6,10 \pm 0,07$ mm. Powierzchnia przekroju poprzecznego trzonu zwiększała się od 6,04 mm² do $39,54 \pm 0,58$ mm². W przypadku jądra kostnienia trzonu kręgu L5 wymiar poprzeczny wzrastał od 1,56 mm do $6,88 \pm 0,13$ mm, wymiar strzałkowy od 1,73 mm do $5,27 \pm 0,08$ mm, pole powierzchni rzutu od 3,60 mm² do 22,64

$\pm 0,73 \text{ mm}^2$, a objętość od $4,36 \text{ mm}^3$ do $31,28 \pm 1,42 \text{ mm}^3$.

Analiza regresji wykazała, że wszystkie parametry trzonu L5 oraz jego ośrodka kostnienia wykazywały przebieg liniowy, co świadczy o równomiernym tempie wzrostu tych struktur w analizowanym okresie prenatalnym. Wzrost wysokości trzonu najlepiej opisywała funkcja: $y = -0,682 + 0,218 \times \text{wiek} \pm 1,037$ ($R^2 = 0,96$), wymiaru poprzecznego: $y = -4,383 + 0,440 \times \text{wiek} \pm 1,092$ ($R^2 = 0,96$), wymiaru strzałkowego: $y = -2,619 + 0,305 \times \text{wiek} \pm 0,923$ ($R^2 = 0,97$) oraz pola powierzchni rzutu: $y = -41,602 + 2,699 \times \text{wiek} \pm 0,945$ ($R^2 = 0,98$).

Podobny charakter wzrostu odnotowano dla jądra kostnienia trzonu L5, odpowiednio: $y = -6,229 + 0,457 \times \text{wiek} \pm 2,228$ ($R^2 = 0,95$) dla wymiaru poprzecznego, $y = -3,055 + 0,293 \times \text{wiek} \pm 2,034$ ($R^2 = 0,96$) dla wymiaru strzałkowego, $y = -19,776 + 1,446 \times \text{wiek} \pm 0,328$ ($R^2 = 0,98$) dla pola powierzchni rzutu oraz $y = -31,514 + 2,114 \times \text{wiek} \pm 1,567$ ($R^2 = 0,98$) dla objętości.

Uzyskane dane morfometryczne mają istotne znaczenie kliniczne, ponieważ prawidłowy czas kostnienia oraz wielkość ośrodka kostnienia trzonu L5 stanowią ważne kryterium szacowania wieku ciążowego i wczesnej diagnostyki zaburzeń mineralizacji. Odchylenia przekraczające ± 2 SD od wartości przewidywanej mogą sugerować nieprawidłowy przebieg kostnienia, potencjalnie związany z dysplazjami szkieletowymi, hipofosfatazją lub wczesnymi postaciami spektrum regresji kaudalnej. W kontekście współczesnych technik obrazowania, umożliwiających szczegółową ocenę struktury i wielkości kręgosłupa płodu, przedstawione modele wzrostu L5 mogą stanowić punkt odniesienia w identyfikacji odchyleń od normy. Jednocześnie ich wykorzystanie w praktyce klinicznej wymaga dalszej weryfikacji na poszerzonych populacjach, tak aby jednoznacznie określić granice fizjologicznej zmienności oraz poprawić trafność diagnostyczną stosowanych kryteriów.

W artykule nr 7 pt. „*Digital image analysis of vertebral body S1 and its ossification center in the human fetus*” przeprowadziliśmy analizę morfometryczną trzonu oraz pierwotnego ośrodka kostnienia pierwszego kręgu krzyżowego. Badania te wpisują się w szerszy kontekst anatomii rozwojowej struktur lędźwiowo-krzyżowych, które mają kluczowe znaczenie w diagnostyce wrodzonych wad układu nerwowego i kostnego. Uzyskanie precyzyjnych danych dotyczących wielkości trzonu S1 oraz jego jądra kostnienia jest istotne zwłaszcza w ocenie wczesnych postaci rozszczepu kręgosłupa, zespołu regresji kaudalnej czy agenezji kości krzyżowej, a także może wspomagać planowanie diagnostyki prenatalnej oraz opieki okołoporodowej. Dane referencyjne opracowane w tej pracy

dostarczają dodatkowo istotnych informacji na temat prawidłowej i patologicznej ontogenezy połączenia lędźwiowo-krzyżowego.

W wymiarach trzonu kręgu S1 w przedziale 18–30 tygodnia życia płodowego średnia wysokość wzrastała od $2,89 \pm 0,03$ mm do $6,10 \pm 0,92$ mm, średni wymiar poprzeczny od $2,61 \pm 0,23$ mm do $7,68 \pm 0,51$ mm, a średni wymiar strzałkowy od $2,20 \pm 0,07$ mm do $5,78 \pm 0,36$ mm. Pole powierzchni rzutu zwiększało się od $5,08 \pm 0,82$ mm² do $35,38 \pm 7,22$ mm².

W przypadku jądra kostnienia trzonu kręgu S1 średni wymiar poprzeczny wzrastał od $1,73 \pm 0,03$ mm do $6,30 \pm 0,39$ mm, średni wymiar strzałkowy od $1,15 \pm 0,27$ mm do $4,85 \pm 0,31$ mm, a średnia objętość od $3,84 \pm 0,05$ mm³ do $29,88 \pm 5,76$ mm³. Analiza statystyczna nie wykazała różnic płciowych, co umożliwiło opracowanie wspólnych modeli wzrostu dla wszystkich parametrów.

Wszystkie badane parametry trzonu S1 tj. wysokość, wymiary poprzeczny i strzałkowy oraz pole powierzchni rzutu wykazywały wzrost liniowy, opisany równaniami, odpowiednio: $y = -1,387 + 0,243 \times \text{wiek} \pm 0,075$ ($R^2=0,93$), $y = -4,032 + 0,389 \times \text{wiek} \pm 1,307$ ($R^2=0,97$), $y = -2,432 + 0,279 \times \text{wiek} \pm 0,098$ ($R^2=0,95$), $y = -36,860 + 2,346 \times \text{wiek} \pm 3,332$ ($R^2=0,94$). Liniowy charakter wykazywały również wszystkie parametry jądra kostnienia trzonu S1 tj. wymiar poprzeczny i strzałkowy, pole powierzchni rzutu i objętość, odpowiednio: $y = -4,596 + 0,361 \times \text{wiek} \pm 0,272$ ($R^2=0,98$), $y = -3,292 + 0,270 \times \text{wiek} \pm 0,132$ ($R^2=0,97$), $y = -24,302 + 1,473 \times \text{wiek} \pm 0,476$ ($R^2=0,88$), $y = -30,803 + 1,879 \times \text{wiek} \pm 3,328$, ($R^2=0,90$).

Opracowane wartości normatywne dla jąder kostnienia kręgów stanowią istotny, choć nadal wymagający dalszego rozwijania wkład w poznanie prenatalnych mechanizmów osteogenezy kręgosłupa. Uzyskane dane ilościowe obejmujące parametry liniowe, płaszczyznowe i objętościowe wraz z modelami wzrostu o wysokich wartościach współczynników determinacji pozwalają opisać przewidywane zakresy zmian morfometrycznych w drugim i trzecim trymestrze życia płodowego. Należy jednak podkreślić, że normatywne charakterystyki dotyczące kostnienia poszczególnych segmentów kręgosłupa są obszarem badań wciąż rozwijającym się, a ich interpretacja powinna być zawsze osadzona w kontekście klinicznym oraz indywidualnej zmienności osobniczej.

Potencjalne zastosowanie praktyczne opracowanych danych obejmuje przede wszystkim diagnostykę prenatalną, gdzie mogą one służyć jako pomocniczy punkt odniesienia przy ocenie, czy tempo kostnienia pozostaje zgodne z typowym przebiegiem rozwojowym, czy też może sugerować odchylenia wymagające dalszej obserwacji. Dane

te mogą również wspierać interpretację badań obrazowych (USG, TK, MRI) w sytuacjach niejednoznacznych, zwłaszcza gdy konieczne jest porównanie obserwowanych parametrów z wartościami referencyjnymi. Jednocześnie należy zaznaczyć, że jednoznaczne różnicowanie zmian fizjologicznych od patologicznych wymaga dalszej walidacji na większych i zróżnicowanych populacjach płodów. W kontekście postnatalnym wartości morfometryczne mogą stanowić uzupełniające źródło informacji w ocenie niemowląt i dzieci z podejrzeniem zaburzeń wrodzonych dotyczących struktur osiowych.

W szerszej perspektywie zgromadzone dane mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych badań nad ontogenezą i biomechaniką kręgosłupa, a także przyczynić się do opracowania bardziej kompleksowych atlasów rozwoju kostnego. Mogą również znaleźć zastosowanie w obszarze rozwijających się technologii analizy obrazowej, w tym w modelach wykorzystujących algorytmy sztucznej inteligencji, jednak ich implementacja wymagałaby uprzedniej walidacji i standaryzacji. W tym kontekście przedstawione modele wzrostu mogą pełnić funkcję zasobu referencyjnego, który w przyszłości mógłby wspierać automatyczne systemy oceny prenatalnej.

4.5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych, których wyniki umieszczone są w pracach naukowych

W latach 2016–2019 uczestniczyłam w pracach zespołu badawczego Katedry Anatomii Prawidłowej, którego celem była szczegółowa morfometryczna charakterystyka pierwotnych punktów kostnienia kości kończyny górnej i dolnej u płodów człowieka, jak również zespołu przeprowadzającego analizy morfometryczne mięśni w okresie płodowym.

4.5.1. Badania nad pierwotnymi punktami kostnienia kości kończyny górnej i kończyny dolnej u płodów człowieka

Cykl publikacji poświęconych kończynie górnej obejmował **pięć** prac naukowych o łącznym **Impact Factor 4.238 (180 pkt MNiSW)**. Z kolei analizy dotyczące kończyny dolnej zostały przedstawione w **sześciu** publikacjach, których **łączny Impact Factor wynosi 6.41 (320 pkt MNiSW)**. We wszystkich tych publikacjach uczestniczyłam zarówno na etapie przygotowywania manuskryptów, jak i w procesie ich dalszej redakcji oraz wprowadzania poprawek niezbędnych do finalnej akceptacji wydawniczej. Zgromadzony materiał badawczy oraz uzyskane wyniki stanowiły istotny wkład w rozwój wiedzy dotyczącej dynamiki kostnienia kości długich, a także w tworzenie wartości referencyjnych wykorzystywanych w praktyce klinicznej i diagnostycznej.

**Cykl prac, które wchodzą w skład kierunku badań dotyczących anatomii rozwojowej
kończyny górnej i dolnej u płodów człowieka:**

1. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Dombek Małgorzata, Małkowski Bogdan, Szpinda Michał: *Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 38, nr 8, 2016, s. 937-945, DOI:10.1007/s00276-016-1640-y, (IF=1.051; MNiSW=20.000).
2. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Flisiński Piotr, Dombek Małgorzata, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the growing clavicle in the human fetus : CT, digital image analysis, and statistical study*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 39, nr 8, 2017, s. 827-835, DOI:10.1007/s00276-017-1821-3, (IF=1.003; MNiSW=20.000).
3. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Wilińska-Jankowska Arnika, Siedlecki Zygmunt, Szpinda Michał: *Ossification center of the humeral shaft in the human fetus : a CT, digital, and statistical study*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 39, nr 10, 2017, s. 1107-1116, DOI:10.1007/s00276-017-1849-4, (IF=1.003; MNiSW=20.000).
4. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the ulna's shaft primary ossification center in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 4, 2019, s. 431-439, DOI:10.1007/s00276-018-2121-2, (IF=1.092; MNiSW=70.000).
5. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Siedlecki Zygmunt, Piec Maciej, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the radial shaft in human fetuses*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 8, 2019, s. 901-909, DOI:10.1007/s00276-019-02247-2, (IF=1.092; MNiSW=70.000).
6. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Biernacki Maciej, Siedlecki Zygmunt, Szpinda Aleksandra, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the ilium's primary ossification center in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 40, nr 9, 2018, s. 1047-1054, DOI:10.1007/s00276-018-2018-0, (IF=1.039; MNiSW=20.000).
7. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *The primary ossification of the human fetal ischium: CT, digital-image analysis, and statistics*, Surgical

and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 3, 2019, s. 327-333, DOI:10.1007/s00276-018-2171-5, (IF=1.092; MNiSW=70.000).

8. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the primary ossification center in the fetal pubis bone*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 7, 2019, s. 755-761, DOI:10.1007/s00276-019-02229-4, (IF=1.092; MNiSW=70.000).
9. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Małkowski Bogdan, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the femoral shaft in human fetuses*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 39, nr 11, 2017, s. 1235-1242, DOI:10.1007/s00276-017-1861-8, (IF=1.003; MNiSW=20.000).
10. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Three-dimensional growth of tibial shaft ossification in the human fetus: a digital-image and statistical analysis*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 1, 2019, s. 87-95, DOI:10.1007/s00276-018-2138-6, (IF=1.092; MNiSW=70.000).
11. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Morphometric study of the primary ossification center of the fibular shaft in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 3, 2019, s. 297-305, DOI:10.1007/s00276-018-2147-5, (IF=1.092; MNiSW=70.000).

Układ szkieletowy należy do struktur rozwijających się najwcześniej w trakcie organogenezy, a tempo jego wzrostu jest wyjątkowo szybkie. Już około 7 tygodnia życia embrionalnego w trzonach kości długich pojawiają się pierwotne punkty kostnienia, uznawane za jeden z czułych wskaźników wieku ciążowego oraz potencjalnych zaburzeń rozwojowych. W praktyce diagnostyki prenatalnej podstawowym parametrem do szacowania wieku płodu pozostaje długość kości udowej (FL). W sytuacjach klinicznych, w których wynik jest niejednoznaczny lub nie do końca koreluje z innymi wskaźnikami biometrycznymi, cennym uzupełnieniem okazuje się pomiar długości kości ramiennej (HL).

W kontekście kości długich szczególne znaczenie ma obojczyk, którego kostnienie rozpoczyna się wyjątkowo wcześnie - już pod koniec 6 tygodnia życia zarodkowego. Wczesna osyfikacja tej kości ma fundamentalne znaczenie dla prawidłowego formowania

się obręczy kończyny górnej oraz jej wczesnej funkcjonalności. Obojczyk rozwija dwa pierwotne jądra kostnienia, łączące się około 45 dnia rozwoju. Przy czym najwolniej dojrzewa jego koniec mostkowy, kostniejący dopiero w późniejszych etapach ontogenezy. Z tego względu w ocenie rozwoju osobniczego wykorzystuje się różne parametry - w okresie przedpokwitaniowym największe znaczenie ma długość części środkowej obojczyka, natomiast w okresie popokwitaniowym kluczowa staje się ocena stopnia osyfikacji końca przyśrodkowego.

Kostnienie kości ramiennej rozpoczyna się w 7 tygodniu życia embrionalnego od pojawienia się mezenchymatycznego zawiązka w części centralnej trzonu, skąd proces osyfikacji postępuje w kierunku końca bliższego i dalszego. Kość ta charakteryzuje się obecnością ośmiu punktów kostnienia, występujących w ściśle określonej sekwencji. Jako pierwszy rozwija się pierwotny punkt kostnienia w trzonie, natomiast wtórne jądra powstają kolejno w obrębie głowy kości ramiennej w rejonie guzków większego i mniejszego, powierzchni stawowej główki, bloczka oraz w okolicy nadkłykci przyśrodkowego i bocznego.

Kolejnym elementem rozwoju kończyny górnej jest osyfikacja kości przedramienia. Pierwotne punkty kostnienia w trzonach kości łokciowej i promieniowej pojawiają się pomiędzy 7 a 12 tygodniem życia płodowego, rozpoczynając się w części środkowej kości i stopniowo obejmując jej pozostałe segmenty. Wtórne punkty kostnienia w ich nasadach formują się dopiero po urodzeniu, zazwyczaj między 1 a 3 rokiem życia.

Analiza dostępnego piśmiennictwa wykazała brak liczbowych danych dotyczących morfometrii pierwotnych punktów kostnienia oraz brak precyzyjnych opisów dynamiki wzrostu obręczy barkowej i części wolnej kończyny górnej. W związku z tym jako pierwsi podjęliśmy kompleksowe badania obejmujące obojczyk oraz kości kończyny górnej (kość ramienną, łokciową i promieniową) wykorzystując wysokorozdzielcze obrazowanie tomografii komputerowej (**publikacje 1–5**). Przeprowadzone analizy wykazały, że w badanym przedziale wieku płodowego jądra kostnienia analizowanych kości nie różniły się istotnie ani pod względem płci, ani pod względem lateralizacji. Wszystkie modele wzrostu uzyskane dla parametrów liniowych, płaszczyznowych i objętościowych cechowały się wysoką istotnością statystyczną oraz bardzo dobrym dopasowaniem do danych empirycznych, potwierdzonym wysokimi wartościami współczynników determinacji (R^2).

W **publikacjach nr 1 i nr 2**, pt. „*Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus*” oraz „*Quantitative anatomy of the growing clavicle in the human fetus: CT, digital image analysis, and statistical study*”, przeanalizowano morfometrię obojczyka oraz jego pierwotnego jądra kostnienia.

W przedziale 18–30 tygodnia życia płodowego dynamika wzrostu tej kości miała charakter logarytmiczny, co odzwierciedla stopniowe spowalnianie tempa przyrostu parametrów w miarę postępującej osyfikacji. Zależność tę stwierdzono dla długości obojczyka ($y = -54,439 + 24,673 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,237$; $R^2 = 0,86$), wymiaru strzałkowego końca barkowego ($y = -12,042 + 4,906 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,362$; $R^2 = 0,82$), części środkowej ($y = -4,210 + 2,028 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,177$; $R^2 = 0,77$), końca mostkowego ($y = -4,687 + 2,364 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,242$; $R^2 = 0,70$) oraz objętości ($y = -766,948 + 281,774 \times \ln(\text{wiek}) \pm 19,610$; $R^2 = 0,84$). Jedynie pole powierzchni obojczyka wykazywało wzrost liniowy, zgodny z równaniem: $y = -51,078 + 4,174 \times \text{wiek} \pm 6,943$ ($R^2 = 0,82$).

W przypadku jądra kostnienia obojczyka wymiary poprzeczny i strzałkowy końca barkowego, części środkowej i końca mostkowego podlegały zależności logarytmicznej (kolejno: $y = -31,373 + 15,243 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,424$, $R^2 = 0,74$; $y = -7,945 + 3,225 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,262$, $R^2 = 0,78$; $y = -4,503 + 2,007 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,218$, $R^2 = 0,68$; $y = -4,860 + 2,117 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,200$, $R^2 = 0,73$). Pole powierzchni jądra kostnienia wzrastało liniowo ($y = -31,390 + 2,432 \times \text{wiek} \pm 4,599$; $R^2 = 0,78$), natomiast jego objętość opisywała funkcja wielomianowa czwartego stopnia ($y = 28,161 + 0,00017 \times \text{wiek}^4 \pm 15,357$; $R^2 = 0,83$).

Wyznaczone wartości normatywne mogą stanowić użyteczny punkt odniesienia w ocenie wzrostu płodu oraz wspierać wczesne rozpoznawanie zaburzeń dotyczących obojczyka. Należy jednak podkreślić, że ich zastosowanie kliniczne wymaga ostrożności oraz dalszej weryfikacji na większych i bardziej zróżnicowanych populacjach, ponieważ przedstawione dane odnoszą się wyłącznie do badanej kohorty płodów rasy kaukaskiej.

W publikacjach nr 3–5, pt. *“Ossification center of the humeral shaft in the human fetus: a CT, digital, and statistical study”*, *„Quantitative anatomy of the ulna's shaft primary ossification center in the human fetus”* oraz *„Quantitative anatomy of the primary ossification center of the radial shaft in human fetuses”*, przeprowadzono analizę morfometryczną pierwotnych ośrodków kostnienia trzonów kości ramiennej, łokciowej i promieniowej, obejmującą pomiary liniowe, płaszczyznowe i objętościowe oraz opracowanie modeli matematycznych najlepiej opisujących tempo ich wzrostu w kolejnych tygodniach życia płodowego.

Trendy rozwojowe punktu kostnienia kości ramiennej przebiegały w sposób zbliżony do obojczyka. W badanym okresie wymiary liniowe tej kości – długość ($y = -78,568 + 34,114 \times \ln(\text{wiek}) \pm 2,160$, $R^2 = 0,88$) oraz wymiary poprzeczne: początkowy ($y = -4,750 + 2,609 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,294$, $R^2 = 0,71$), środkowy ($y = -4,750 + 2,609 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,294$, $R^2 = 0,71$) i końcowy ($y = -10,037 + 4,648 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,560$, $R^2 = 0,69$) modelowały

funkcje logarytmiczne. Pole powierzchni rosło proporcjonalnie do wieku płodowego ($y = -146,601 + 11,237 \times \text{wiek} \pm 19,907$, $R^2 = 0,84$), a objętość jądra kostnienia kości ramiennej, podobnie jak w przypadku obojczyka, opisywała funkcja potęgowa czwartego stopnia ($y = 121,159 + 0,001 \times (\text{wiek})^4 \pm 102,944$, $R^2 = 0,84$).

Odmianą dynamikę rozwoju stwierdzono w odniesieniu do punktów kostnienia trzonu kości łokciowej i promieniowej. W ich przypadku długość ($y = -8,476 + 1,561 \times \text{wiek} \pm 0,019$, $R^2 = 0,96$ i $y = -10,988 + 1,565 \times \text{wiek} \pm 0,018$, $R^2 = 0,94$), wymiary poprzeczne początkowe ($y = -2,961 + 0,278 \times \text{wiek} \pm 0,016$, $R^2 = 0,97$ i $y = -2,969 + 0,266 \times \text{wiek} \pm 0,01$, $R^2 = 0,97$), środkowe ($y = -0,587 + 0,107 \times \text{wiek} \pm 0,027$, $R^2 = 0,93$ i $y = -0,702 + 0,109 \times \text{wiek} \pm 0,018$, $R^2 = 0,92$), końcowe ($y = -2,865 + 0,226 \times \text{wiek} \pm 0,295$, $R^2 = 0,92$ i $y = -2,358 + 0,203 \times \text{wiek} \pm 0,018$, $R^2 = 0,96$) i objętość ($y = -821,707 + 52,578 \times \text{wiek} \pm 0,018$, $R^2 = 0,97$ i $y = -798,174 + 51,152 \times \text{wiek} \pm 0,018$, $R^2 = 0,95$) jądra kostnienia wykazywały wzrost wprost proporcjonalny do wieku płodowego. Natomiast pole powierzchni rzutu obu kości wzrastało zgodnie z funkcją kwadratową ($y = -50,758 + 0,251 \times (\text{wiek})^2 \pm 0,016$, $R^2 = 0,97$ oraz $y = -189,992 + 11,788 \times (\text{wiek})^2 \pm 0,018$, $R^2 = 0,96$).

Wady rozwojowe obręczy kończyn górnych powstają najczęściej przed 7 tygodniem życia zarodkowego, a ich zakres może być zróżnicowany - od uogólnionego skrócenia kończyny (*micromelia*), przez zaburzenia ograniczone do proksymalnego odcinka (*rizomelia*), części pośredniej (*mezomelia*), po wady dotyczące dystalnych segmentów kończyny (*acromelia*). Diagnostyka tych nieprawidłowości opiera się przede wszystkim na porównywaniu długości kości homologicznych: kości ramiennej z udową, promieniowej z piszczelową oraz łokciowej ze strzałką, co stanowi kluczowy element w wykrywaniu osteochondrodysplazji oraz zaburzeń o podłożu chromosomalnym. Pomiary kości ramiennej i udowej w badaniu ultrasonograficznym są stosunkowo łatwe do wykonania ze względu na ograniczoną ruchomość tych struktur, a wiarygodną ocenę osyfifikacji ich trzonów można przeprowadzić już od około 12 tygodnia ciąży, podczas gdy pierwsze punkty kostnienia pojawiają się około 9 tygodnia życia płodowego.

Wczesne rozpoznanie zaburzeń kostnienia wymaga oceny nie tylko długości kości długich w odniesieniu do wieku ciążowego, lecz także ich morfologii, stopnia mineralizacji, proporcji oraz ewentualnej obecności cech patologicznych, takich jak złamania czy deformacje. Ponieważ diagnostyka zaburzeń rozwojowych kończyny górnej opiera się na jej porównaniu z kończyną dolną, szczególnego znaczenia nabiera równoległa analiza procesów osyfifikacji obręczy miednicznej oraz kości kończyny dolnej. Temu zagadnieniu poświęcono **cykl publikacji 6–11**, stanowiących kolejny etap badań nad prenatalną

morfogenezą układu kostnego.

Spośród trzech składowych kości miedniczej najwcześniej kostnieje kość biodrowa – proces ten rozpoczyna się już około 9 tygodnia życia płodowego. Kostnienie kości kulszowej inicjowane jest później, około 18 tygodnia, natomiast kość łonowa rozpoczyna kostnieć najpóźniej, bo dopiero około 20 tygodnia rozwoju. Pierwotny punkt kostnienia kości biodrowej lokalizuje się powyżej wcięcia kulszowego większego i stamtąd proces przebiega w kierunku grzebienia biodrowego. W kości kulszowej jądro kostnienia pojawia się ku tyłowi i dołowi względem panewki, natomiast w kości łonowej w obrębie gałęzi górnej, ku przodowi względem panewki. Wraz z rozwojem płodu poszczególne punkty kostnienia powiększają się i stopniowo współtworzą elementy panewki stawu biodrowego, która do okresu pokwitania pozostaje podzielona chrząstką w kształcie litery „Y”. Proces kostnienia w obrębie miednicy zachodzi etapowo: najpierw dochodzi do połączenia kości kulszowej i łonowej, przy czym w momencie narodzin elementy te są nadal oddzielone chrząstkozrostem kulszowo-łonowym. Jego osyfikacja postępuje dopiero pomiędzy 4 a 12 rokiem życia, poczynając od zespolenia gałęzi dolnej kości łonowej z gałęzią kości kulszowej. Ostateczna fuzja w obrębie panewki następuje dopiero w okresie dojrzewania.

Rozwój kończyny dolnej przebiega zgodnie z ogólnym schematem osyfikacji kości długich, obejmującym najpierw kostnienie trzonów (pierwotne punkty kostnienia), a następnie nasad i wyrostków kostnych (punkty wtórne). Proces ten rozpoczyna się około 7 tygodnia życia zarodkowego, w pierwszej kolejności w kości udowej, a następnie w piszczelowej i strzałkowej. Kość udowa - po obojczyku druga w kolejności pod względem najwcześniejszego pojawienia się pierwotnego punktu kostnienia. Związkuje się on w części środkowej trzonu, a następnie kostnienie postępuje w kierunku końca bliższego i dalszego. Pierwotne jądro kostnienia trzonu obecne jest już około 7 tygodnia życia zarodkowego, natomiast wtórne ośrodki rozwijają się później: w głowie kości udowej oraz w obrębie krętarza większego i mniejszego (koniec bliższy), a także w końcu dalszym. Kostnienie głowy kości udowej rozpoczyna się między 6 a 12 miesiącem życia, krętarza większego około 4 roku, a krętarza mniejszego około 14 roku życia. Ostateczna fuzja struktur końca bliższego z trzonem zachodzi między 16 a 18 rokiem życia. W odróżnieniu od tego, rozwój wtórnego punktu kostnienia końca dalszego kości udowej inicjowany jest już w życiu płodowym – między 23 a 40 tygodniem. Zbliżony wzorzec obserwuje się w kości piszczelowej i strzałkowej, w których osyfikacja również rozpoczyna się w części środkowej trzonu i stopniowo obejmuje obie nasady.

Uzyskane wyniki wykazały, że w aspekcie morfometrycznym jądra kostnienia

analizowanych kości obręczy i kończyny dolnej nie wykazywały istotnych różnic ani w zależności od płci, ani od strony ciała. Wszystkie opracowane modele wzrostu cechowały się wysoką istotnością statystyczną oraz bardzo dobrym stopniem dopasowania, co potwierdzały wysokie wartości współczynnika determinacji (R^2).

W artykułach dotyczących kości miednicznej (**publikacje 6–8**), pt. „*Quantitative anatomy of the ilium's primary ossification center in the human fetus*”, „*The primary ossification of the human fetal ischium: CT, digital-image analysis, and statistics*” oraz „*Quantitative anatomy of the primary ossification center in the fetal pubis bone*”, przeprowadziliśmy analizę parametrów liniowych, płaszczyznowych i objętościowych pierwotnych jąder kostnienia kości biodrowej, łonowej i kulszowej.

W przypadku kości biodrowej zarówno wymiar pionowy, jak i strzałkowy wzrastały względem długości ciemieniowo-siedzeniowej (CRL) zgodnie z funkcją logarytmiczną: $y = -63,138 + 33,413 \times \ln(\text{CRL}) \pm 1,609$ ($R^2 = 0,96$) oraz $y = -59,220 + 31,353 \times \ln(\text{CRL}) \pm 1,736$ ($R^2 = 0,84$). W odniesieniu do kości kulszowej i łonowej, przyrost wymiarów liniowych (pionowego i strzałkowego) następował wprost proporcjonalnie do wieku płodowego (w tygodniach), co znalazło odzwierciedlenie w równaniach liniowych: $y = -10,045 + 0,742 \times \text{wiek} \pm 0,013$ ($R^2 = 0,97$) i $y = -5,212 + 0,385 \times \text{wiek} \pm 0,008$ ($R^2 = 0,97$) dla kości kulszowej oraz $y = -3,350 + 0,218 \times \text{wiek} \pm 0,159$ ($R^2 = 0,91$) i $y = -13,694 + 0,728 \times \text{wiek} \pm 0,356$ ($R^2 = 0,96$) dla kości łonowej. Pole powierzchni rzutu jądra kostnienia kości biodrowej i łonowej modelowało się odpowiednio liniowo: $y = -105,681 + 1,137 \times \text{CRL} \pm 16,035$ ($R^2 = 0,89$) oraz $y = -61,415 + 2,828 \times \text{wiek} \pm 1,519$ ($R^2 = 0,95$). Odmienny, bardziej dynamiczny przebieg stwierdzono w przypadku kości kulszowej, gdzie pole powierzchni wzrastało zgodnie z funkcją kwadratową: $y = -36,401 + 0,122 \times (\text{wiek})^2 \pm 45,534$ ($R^2 = 0,96$). Z kolei objętość jąder kostnienia kości biodrowej i łonowej zwiększała się liniowo: $y = -478,588 + 4,035 \times \text{CRL} \pm 14,332$ ($R^2 = 0,92$) i $y = -65,801 + 3,173 \times \text{wiek} \pm 2,149$ ($R^2 = 0,92$), podczas gdy w przypadku kości kulszowej proces ten przebiegał zgodnie z modelem logarytmicznym: $y = -1052,840 + 368,470 \times \ln(\text{wiek}) \pm 12,705$ ($R^2 = 0,91$).

W **artykułach 9 i 10** pt. „*Quantitative anatomy of the primary ossification center of the femoral shaft in human fetuses*” oraz „*Three-dimensional growth of tibial shaft ossification in the human fetus: a digital-image and statistical analysis*” przeanalizowano morfometrię pierwotnych jąder kostnienia kości udowej i piszczelowej. Analiza dynamiki rozwojowej kości udowej wykazała, że długość oraz pole powierzchni rzutu jądra kostnienia wzrastały zgodnie z funkcją kwadratową: $y = 5,717 + 0,040 \times (\text{wiek})^2 \pm 2,905$ ($R^2 = 0,86$)

oraz $y = -50,306 + 0,308 \times (\text{wiek})^2 \pm 18,289$ ($R^2 = 0,90$). Wymiary poprzeczne (początkowy, środkowy i końcowy) przyrastały liniowo: $y = -3,579 + 0,368 \times \text{wiek} \pm 0,529$ ($R^2 = 0,88$), $y = -1,105 + 0,187 \times \text{wiek} \pm 0,309$ ($R^2 = 0,84$), $y = -2,321 + 0,323 \times \text{wiek} \pm 0,558$ ($R^2 = 0,83$), natomiast objętość modelowała funkcję sześcienną: $y = -91,458 + 0,390 \times (\text{wiek})^3 \pm 92,146$ ($R^2 = 0,88$). Podobny charakter wzrostu stwierdzono w obrębie kości piszczelowej – długość, pole powierzchni rzutu oraz objętość wzrastały zgodnie z funkcją kwadratową: $y = 5,312 + 0,034 \times (\text{wiek})^2 \pm 0,001$ ($R^2 = 0,89$), $y = -40,263 + 0,258 \times (\text{wiek})^2 \pm 0,007$ ($R^2 = 0,94$) i $y = -287,996 + 1,186 \times (\text{wiek})^2 \pm 0,037$ ($R^2 = 0,92$). Z kolei wymiary poprzeczne – początkowy, środkowy i końcowy – cechowały się liniowym wzrostem wraz z wiekiem: $y = -2,855 + 0,307 \times \text{wiek} \pm 0,009$ ($R^2 = 0,96$), $y = -0,758 + 0,153 \times \text{wiek} \pm 0,005$ ($R^2 = 0,88$) oraz $y = -1,844 + 0,272 \times \text{wiek} \pm 0,09$ ($R^2 = 0,90$).

W artykule nr 11 pt. „*Morphometric study of the primary ossification center of the fibular shaft in the human fetus*” przeprowadzono szczegółową analizę morfometryczną pierwotnego jądra kostnienia trzonu kości strzałkowej. Analiza jądra kostnienia kości strzałkowej wykazała przewagę modeli liniowych. Wzrost długości, wymiaru poprzecznego początkowego, pola powierzchni rzutu oraz objętości przebiegał wprost proporcjonalnie do wieku płodowego: $y = -13,241 + 1,567 \times \text{wiek} \pm 1,556$ ($R^2 = 0,94$), $y = -0,091 + 0,063 \times \text{wiek} \pm 0,073$ ($R^2 = 0,92$), $y = -69,038 + 4,699 \times \text{wiek} \pm 4,055$ ($R^2 = 0,95$) oraz $y = -126,374 + 9,462 \times \text{wiek} \pm 8,845$ ($R^2 = 0,94$). Natomiast dla wymiarów poprzecznych środkowego i końcowego wykazano wzrost logarytmiczny: $y = -1,201 + 0,717 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,054$ ($R^2 = 0,83$) oraz $y = -2,956 + 1,532 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,090$ ($R^2 = 0,89$).

4.5.2. Badania nad morfometrią mięśni szkieletowych u płodów człowieka

Celem realizowanego cyklu badań było uzupełnienie luki w dostępnych danych ilościowych dotyczących mięśni szkieletowych u płodu człowieka (**publikacje 1–11**) oraz przestrzeni topograficznych, których granice wyznaczają mięśnie (**publikacje 12 i 13**). Łączny Impact Factor prac oryginalnych z tego zakresu wynosi **15.34 (715 pkt MNiSW)**, w tym **10.54 IF** przypada na prace, w których pełniłam rolę pierwszego lub drugiego autora.

Ocena rozwoju płodu oraz wczesne wykrywanie wad wrodzonych stanowią kluczowy element współczesnej medycyny prenatalnej. Dynamiczny postęp nieinwazyjnych metod obrazowania, w tym ultrasonografii dwu- i trójwymiarowej, tomografii komputerowej oraz rezonansu magnetycznego umożliwił znacznie dokładniejszą analizę struktur anatomicznych rozwijającego się płodu. Zaawansowane techniki obrazowania pozwalają na precyzyjne monitorowanie kształtowania się układu mięśniowo-szkieletowego, co istotnie zwiększa możliwości wczesnego rozpoznawania nieprawidłowości jego budowy i funkcji.

Wrodzone wady narządu ruchu mogą występować zarówno jako izolowane defekty, jak i element złożonych zespołów wad wrodzonych, wymagających pogłębionej diagnostyki różnicowej. Prenatalna analiza morfometryczna mięśni szkieletowych dostarcza cennych danych wspierających poradnictwo genetyczne, planowanie dalszego monitorowania ciąży oraz podejmowanie decyzji terapeutycznych – niekiedy możliwych już w okresie życia wewnątrzmacicznego. Ocena parametrów morfometrycznych mięśni pozwala także lepiej scharakteryzować rozwój narządu ruchu i ma szczególne znaczenie w kontekście kwalifikacji do leczenia chirurgicznego oraz prognozowania dalszego rozwoju postnatalnego.

Cykl prac, które wchodzą w skład kierunku badań poszerzających wiedzę z zakresu anatomii rozwojowej:

1. **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Lisiecki Jakub, Szpinda Michał, Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin: *Growth dynamics of the triceps brachii muscle in the human fetus*, Advances in Clinical and Experimental Medicine, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, vol. 23, nr 2, 2014, s. 177-184, (IF=1.095; MNiSW=15.000).
2. Badura Mateusz, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the trapezius muscle in the human fetus*, Advances in Clinical and Experimental Medicine, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, vol. 24, nr 4, 2016, s. 605-609, DOI:10.17219/acem/61899, (IF=1.179; MNiSW=15.000).
3. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Dombek Małgorzata, Wiśniewski Marcin, Paruszevska-Achtel Monika, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the growing quadratus lumborum in the human foetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 40, nr 1, 2018, s. 91-98, DOI:10.1007/s00276-017-1901-4, (IF=1.039; MNiSW=20.000).
4. Biernacki Maciej, Badura Mateusz, **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Dąbrowska Maria, Paruszevska-Achtel Monika, Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the growing supraspinatus muscle in the human fetus*, Folia Morphologica, vol. 82, nr 4, 2023, s. 862-868, DOI:10.5603/FM.a2022.0110, (IF=1.2; MNiSW=140.000).
5. Biernacki Maciej, Szpinda Michał, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Bogacz Katarzyna, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the infraspinatus muscle in the human foetus*, Folia Morphologica, vol. 84, nr 2, 2025, s. 418-425,

DOI:10.5603/fm.102413, (IF=1.2; MNiSW=70.000).

6. Biernacki Maciej, **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Bereza Tomasz, Baumgart Mariusz: *Digital image analysis of the rotator cuff muscle in the human fetus based on the subscapularis muscle*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.105836, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
7. Biernacki Maciej, **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Szulc Alicja, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the rotator cuff muscle in the human fetus based on the teres minor muscle*, Translational Research in Anatomy, Elsevier GmbH, vol. 41, 2025, Numer artykułu: 100435, s. 1-6, DOI:10.1016/j.tria.2025.100435, (MNiSW=20.000).
8. Badura Mateusz, Badura Anna, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Paruszevska-Achtel Monika, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the extensor digiti minimi muscle in the growing human fetus*, Folia Morphologica, vol. 84, nr 1, 2025, s. 176-187, DOI:10.5603/fm.99127, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
9. **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Kułakowski Michał, Hankiewicz Bartłomiej, Elster Karol, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the growing psoas major muscle in the human fetus — an anatomical, digital and statistical study*, Folia Morphologica, 2025, DOI:10.5603/fm.104111, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
10. **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Kułakowski Michał, Elster Karol, Rogalska Agnieszka, Błaszczyk Jakub, Baumgart Mariusz: *Prevalence and morphometric characteristics of the psoas minor muscle in human fetuses: an anatomical study*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.106716, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
11. **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Kułakowski Michał, Rogalska Agnieszka, Hankiewicz Bartłomiej, Elster Karol, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the growing iliacus muscle in the human fetus — an anatomical, digital and statistical study*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.104994, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
12. Badura Mateusz, Dąbrowska Maria, Badura Anna, Paruszevska-Achtel Monika, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Szpinda Michał: *Quantitative study of the popliteal fossa in the human foetus*, Folia Morphologica, vol. 83, nr 4, 2024, s. 845-857, DOI:10.5603/fm.98232, (IF=1.2; MNiSW=70.000).
13. **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Baumgart Mariusz, Wiczołek Anna, Lisiecki Jakub, Biernacki Maciej, Szpinda Michał: *Morphometric study*

of the triangle of Petit in human fetuses, Advances in Clinical and Experimental Medicine, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, vol. 27, nr 2, 2018, s. 201-206, DOI:10.17219/acem/63403, (IF=1.227; MNiSW=15.000).

W skład analizowanego materiału badawczego wchodzi prace dotyczące rozwoju mięśni: trójkłowego ramienia, czworobocznego grzbietu, czworobocznego lędźwi, mięśni stożka rotatorów (nadgrzebieniowego, podgrzebieniowego, podłopatkowego i obłego mniejszego), mięśnia prostownika małego palca oraz mięśnia biodrowo-lędźwiowego, a także badania odnoszące się do struktur topograficznych – trójkąta lędźwiowego dolnego oraz dołu podkolanowego. Analizy wykonano z wykorzystaniem klasycznej dysekcji anatomicznej, cyfrowej analizy obrazu (NIS Elements AR 3.0) oraz odpowiednich metod statystycznych. Dla każdego z badanych mięśni określono parametry liniowe i płaszczyznowe, natomiast w przypadku mięśnia prostownika palca małego oraz mięśnia lędźwiowego większego dodatkowo obliczono ich objętość.

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnych różnic morfometrycznych w zależności od płci ani strony ciała. Wszystkie opracowane modele wzrostu charakteryzowały się wysoką istotnością statystyczną oraz bardzo dobrym dopasowaniem do danych empirycznych, co potwierdzały wysokie wartości współczynnika determinacji (R^2).

W artykule nr 1 pt. „*Growth dynamics of the triceps brachii muscle in the human fetus*” przeanalizowano rozwój mięśnia trójkłowego ramienia w okresie od 18 do 30 tygodnia życia płodowego. Wszystkie badane parametry morfometryczne wykazywały liniowy, wprost proporcjonalny przyrost wraz z wiekiem płodu. Dotyczyło to zarówno długości i szerokości poszczególnych głów mięśnia, jak i parametrów odnoszących się do ich przyczepów.

Długość głowy długiej wzrastała zgodnie z równaniem $y = 6,797 + 2,079 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,89$), natomiast jej szerokość opisywało równanie $y = -0,041 + 0,215 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,79$). Długość i szerokość ścięgna przyczepu początkowego głowy długiej przyrastały według: $y = 1,889 + 0,174 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,80$) oraz $y = 0,158 + 0,052 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,86$).

W odniesieniu do głowy bocznej odnotowano przyrost długości zgodny z równaniem $y = 5,270 + 1,809 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,85$), a szerokości – $y = 0,348 + 0,284 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,83$). Z kolei głowa przyśrodkowa charakteryzowała się przyrostem długości zgodnym z $y = 0,942 + 1,837 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,84$) oraz szerokości zgodnym z $y = 0,314 + 0,234 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,85$).

Parametry ścięgna przyczepu końcowego również wzrastały liniowo, co opisują równania: $y = -3,119 + 0,984 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,93$) dla jego długości oraz $y = -0,478 + 0,123 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,93$) dla szerokości.

W publikacjach nr 2 i 3 pt. „*Quantitative anatomy of the trapezius muscle in the human fetus*” oraz „*Quantitative anatomy of the growing quadratus lumborum in the human foetus*” przeprowadzono ilościową analizę mięśnia czworobocznego grzbietu oraz mięśnia czworobocznego lędźwi.

Wprost proporcjonalny wzrost wraz z wiekiem płodu wykazywał mięsień czworoboczny grzbietu. Jego wymiary wzrastały modelując następujące funkcje: $y = -103,288 + 10,514 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,96$) dla długości całkowitej, $y = -67,439 + 6,689 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,86$) dla długości części zstępującej, $y = -8,493 + 1,033 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,53$) dla długości części poprzecznej, $y = -27,545 + 2,802 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,79$) dla długości części wstępującej, $y = -19,970 + 2,505 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,87$) dla szerokości oraz $y = -2670,458 + 212,029 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,92$) dla pola powierzchni.

Z kolei mięsień czworoboczny lędźwi w aspekcie wymiarów liniowych wzrastał logarytmicznie, a powierzchniowych wprost proporcjonalnie do wieku płodu. Dla tego mięśnia opracowano następujące modele wzrostu: $y = -70,397 + 68,501 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,170$ ($R^2 = 0,93$) dla długości, $y = -20,435 + 8,815 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,703$ ($R^2 = 0,76$) dla szerokości oraz $y = -196,035 + 14,838 \times \text{wiek} \pm 13,745$ ($R^2 = 0,91$) dla jego pola powierzchni rzutu.

W publikacjach nr 4–7 pt. „*Quantitative anatomy of the growing supraspinatus muscle in the human fetus*”, „*Quantitative anatomy of the infraspinatus muscle in the human foetus*”, „*Digital image analysis of the rotator cuff muscle in the human fetus based on the subscapularis muscle*” oraz „*Quantitative anatomy of the rotator cuff muscle in the human fetus based on the teres minor muscle*” przeprowadzono kompleksową analizę morfometryczną mięśni stożka rotatorów: nadgrzebieniowego, podgrzebieniowego, podłopatkowego oraz obłego mniejszego.

Wartości długości i pola powierzchni rzutu mięśnia nadgrzebieniowego wzrastały logarytmicznie, a szerokości i obwodu proporcjonalnie wraz z wiekiem. Opracowano następujące modele wzrostu mięśnia nadgrzebieniowego: $y = -71,382 + 30,972 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,565$ ($R^2=0,98$) dla długości, $y = -2,988 + 0,386 \times \text{wiek} \pm 0,168$ ($R^2=0,99$) dla szerokości w okolicy kąta górnego łopatki, $y = -1,899 + 0,240 \times \text{wiek} \pm 0,078$ ($R^2=0,98$) dla szerokości w okolicy wcięcia górnego łopatki, $y = -19,7016 + 3,381 \times \text{wiek} \pm 2,036$ dla obwodu ($R^2=0,97$) i $y = -721,769 + 266,141 \times \ln(\text{wiek}) \pm 6,170$ ($R^2=0,98$) dla pola powierzchni rzutu.

Wszystkie badane parametry mięśnia podgrzebieniowego wzrastały w sposób liniowy: $y = -4,024 + 0,903 \times \text{wiek} \pm 0,621$ ($R^2 = 0,96$) dla wymiaru poprzecznego, $y = -3,089 + 1,321 \times \text{wiek} \pm 0,897$ ($R^2 = 0,97$) dla wymiaru pionowego, $y = -1,161 + 0,632 \times \text{wiek} \pm 0,444$ ($R^2 = 0,97$) dla wymiaru skośnego, $y = -13,575 + 3,851 \times \text{wiek} \pm 1,938$ ($R^2 = 0,98$) dla obwodu i $y = -293,512$

+ 23,228 × wiek ± 19,650 ($R^2 = 0,95$) dla pola powierzchni rzutu.

Wymiary poprzeczny, pionowy przyśrodkowy, pośredni i boczny, obwód i pole powierzchni rzutu mięśnia podłopatkowego w badanym przedziale wieku od 18 do 30 tyg. życia płodowego wzrastały w sposób liniowy, odpowiednio: wzrastała zgodnie z modelem liniowym: $y = -4,305 + 1,301 \times \text{wiek} \pm 0,122$, $R^2 = 0,98$, $y = -5,502 + 1,182 \times \text{wiek} \pm 0,621$, $R^2 = 0,96$, $y = -1,382 + 0,903 \times \text{wiek} \pm 0,621$, $R^2 = 0,95$, $y = -2,898 + 0,493 \times \text{wiek} \pm 0,221$, $R^2 = 0,97$, $y = -18,137 + 4,086 \times \text{wiek} \pm 0,932$, $R^2 = 0,98$, $y = -477,184 + 35,898 \times \text{wiek} \pm 0,223$, $R^2 = 0,99$.

W odniesieniu do mięśnia obłego mniejszego, jego długość wzrastała logarytmicznie wraz z wiekiem ciążowym ($y = -54,461 + 24,109 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,578$, $R^2 = 0,97$), natomiast szerokość ($y = -2,430 + 0,299 \times \text{wiek} \pm 0,551$, $R^2 = 0,97$), obwód ($y = -7,484 + 2,268 \times \text{wiek} \pm 0,004$, $R^2 = 0,97$) i pole powierzchni rzutu ($y = -72,939 + 5,698 \times \text{wiek} \pm 0,114$, $R^2 = 0,98$) podlegały liniowym wzorcom wzrostu.

W artykule nr 8 pt. „*Quantitative anatomy of the extensor digiti minimi muscle in the growing human fetus*” przeprowadzono szczegółową analizę morfometryczną mięśnia prostownika palca małego, obejmującą pomiary długości, szerokości, pól powierzchni rzutu oraz objętości.

Całkowita długość, długość brzuśca oraz trzy długości ścięgien mięśnia prostownika palca małego mierzone w trzech punktach: proksymalnym, położonym bezpośrednio pod troczkiem prostowników nadgarstka oraz dystalnym wzrastały zgodnie z modelami logarytmicznymi, odpowiednio: $y = -142,406 + 61,876 \times \ln(\text{wiek}) \pm 3,371$ ($R^2 = 0,85$), $y = -71,593 + 30,303 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,976$ ($R^2 = 0,80$), $y = -70,812 + 31,573 \times \ln(\text{wiek}) \pm 2,452$ ($R^2 = 0,74$), $y = -5,592 + 2,376 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,297$ ($R^2 = 0,52$), $y = -12,888 + 5,618 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,658$ ($R^2 = 0,55$), $y = -53,113 + 22,309 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,574$ ($R^2 = 0,77$). Podobnie szerokość brzuśca mierzona w miejscu jego początku oraz szerokość ścięgna dystalnie od troczka prostowników nadgarstka zwiększały się zgodnie z funkcjami logarytmicznymi: $y = -3,336 + 1,010 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,245$ ($R^2 = 0,62$) i $y = -2,223 + 0,652 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,155$ ($R^2 = 0,63$). Szerokość brzuśca mierzona w połowie jego długości oraz szerokość ścięgna proksymalnie od troczka prostowników nadgarstka zwiększały się zgodnie z funkcjami pierwiastkowymi: $y = -3,336 + 1,010 \times \sqrt{\text{wiek}} \pm 0,245$ ($R^2 = 0,62$) i $y = -2,223 + 0,652 \times \sqrt{\text{wiek}} \pm 0,155$ ($R^2 = 0,63$). Trzy pola powierzchni rzutów całego mięśnia, jego brzuśca oraz ścięgna zwiększały się zgodnie z funkcjami logarytmicznymi: $y = -334,068 + 125,288 \times \ln(\text{wiek}) \pm 4,665$ ($R^2 = 0,92$), $y = -216,594 + 82,738 \times \ln(\text{wiek}) \pm 4,799$ ($R^2 = 0,82$) and $y = -104,887 + 39,062 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,624$ ($R^2 = 0,91$). Z kolei objętość przebiegała zgodnie z modelem liniowym: $y = -0,178 + 0,010 \times \text{wiek} \pm 0,007$

($R^2 = 0,95$).

W publikacjach nr 9–11 pt. „*Quantitative anatomy of the growing psoas major muscle in the human fetus – an anatomical, digital and statistical study*”, „*Prevalence and morphometric characteristics of the psoas minor muscle in human fetuses: an anatomical study*”, „*Quantitative anatomy of the growing iliacus muscle in the human fetus – an anatomical, digital and statistical study*” podjęto się kompleksowej analizy rozwojowej mięśnia biodrowo-lędźwiowego, obejmującą jego trzy składowe: mięsień lędźwiowy większy, lędźwiowy mniejszy oraz biodrowy.

W odniesieniu do mięśnia lędźwiowego większego zarówno całkowita długość mięśnia, jak i długość ścięgna wzrastały logarytmicznie: $y = -170,757 + 72,676 \times \ln(\text{wiek}) \pm 2,320$ ($R^2 = 0,95$) i $y = -52,490 + 22,924 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,818$ ($R^2 = 0,76$). Długość brzuśca podążała za funkcją wielomianową trzeciego stopnia – $y = 15,830 + 0,002 \times (\text{wiek})^3 \pm 2,141$ ($R^2 = 0,91$), natomiast maksymalna szerokość brzuśca oraz szerokość ścięgna w połowie jego długości podążały za funkcjami odwrotnymi: $y = 14,562 - 163,731/(\text{wiek}) \pm 0,626$ ($R^2 = 0,76$) i $y = 5,033 - 72,604/(\text{wiek}) \pm 0,215$ ($R^2 = 0,84$). Z kolei odległość od początku mięśnia do najszerszej części brzuśca, trzy pola powierzchni rzutów (mięśnia, brzuśca i ścięgna) oraz objętość zwiększały się proporcjonalnie do wieku płodowego: $y = -4,752 + 0,984 \times \text{wiek} \pm 2,467$ ($R^2 = 0,58$), $y = -312,843 + 23,285 \times \text{wiek} \pm 15,504$ ($R^2 = 0,95$), $y = -264,233 + 19,761 \times \text{wiek} \pm 14,192$ ($R^2 = 0,94$), $y = -53,611 + 3,781 \times \text{wiek} \pm 5,217$ ($R^2 = 0,83$) oraz $y = -1,603 + 0,104 \times \text{wiek} \pm 0,105$ ($R^2 = 0,89$).

Analiza regresji wykazała, że całkowita długość, pole powierzchni rzutu i objętość mięśnia biodrowego zwiększały się zgodnie z modelem liniowym: $y = -12,388 + 2,003 \times \text{wiek} \pm 1,655$ ($R^2 = 0,93$), $y = -389,00 + 29,603 \times \text{wiek} \pm 23,689$ ($R^2 = 0,93$) oraz $y = -1,181 + 0,775 \times \text{wiek} \pm 0,091$ ($R^2 = 0,87$). Szerokość mięśnia mierzona w $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ i $\frac{3}{4}$ długości wzrastała logarytmicznie, odpowiednio: $y = -37,134 + 15,879 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,937$ ($R^2 = 0,85$), $y = -28,891 + 28,893 \times \ln(\text{wiek}) \pm 1,086$ ($R^2 = 0,72$), $y = 21,420 + 9,043 \times \ln(\text{wiek}) \pm 0,829$ ($R^2 = 0,71$).

Z kolei obecność mięśnia lędźwiowego mniejszego potwierdzono w 29,9% przypadków, przy porównywalnej częstości u płodów płci męskiej (32,3%) i żeńskiej (27,8%). Obustronne występowanie stwierdzono w 60% przypadków, u których występował. Oceniono pięć parametrów morfometrycznych: całkowitą długość, długość i szerokość brzuśca mięśnia oraz długość i szerokość ścięgna. W podgrupie płodów z obustronną obecnością mięśnia nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy stroną prawą i lewą. Ze względu na niewielką liczebność próby odstąpiono od modelowania dynamiki wzrostu

oraz od oceny ewentualnych zależności pomiędzy obecnością mięśnia a wiekiem ciążowym lub płcią.

W publikacji nr 12 pt. „*Quantitative study of the popliteal fossa in the human foetus*” przeanalizowano parametry morfometryczne dołu podkolanowego, obejmującego struktury mięśniowe i przestrzenne kluczowe dla topografii tylnej części stawu kolanowego. Znajomość rozwoju oraz zmienności anatomicznej tej okolicy ma istotne znaczenie w diagnostyce i leczeniu patologii regionu podkolanowego. Urazy dotyczące tylnobocznej powierzchni kolana są stosunkowo rzadkie i stanowią około 2% wszystkich interwencji chirurgicznych w tym obszarze, jednak ich rozpoznanie i leczenie wymagają szczegółowego zrozumienia relacji anatomicznych. Morfometryczna ocena mięśni tworzących dół podkolanowy u płodów może dostarczać wartościowych informacji wspierających planowanie zabiegów chirurgicznych, proces dydaktyczny z zakresu anatomii topograficznej oraz interpretację badań obrazowych w praktyce klinicznej.

Parametry morfometryczne dołu podkolanowego zwiększały się logarytmicznie wraz z wiekiem płodowym: $y = -44,4215 + 24,3006 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,90$) dla długości granicy górno-przyśrodkowej, $y = -39,0193 + 20,9808 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,91$) dla długości granicy dolno-przyśrodkowej, $y = -41,3786 + 22,7769 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,86$) dla długości granicy górno-bocznej, $y = -37,5471 + 20,3195 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,86$) dla długości granicy dolno-bocznej, $y = -69,7905 + 38,73 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,90$) dla wysokości, $y = -28,915 + 15,8224 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,78$) dla szerokości, $y = -485,6306 + 240,8439 \times \ln(\text{wiek})$ ($R^2 = 0,94$) dla pola powierzchni rzutu.

Spośród czterech kątów dołu podkolanowego największy był kąt przyśrodkowy, najmniejszy dolny, natomiast kąt boczny był nieco mniejszy od przyśrodkowego, ale około trzykrotnie większy od górnego. Nie stwierdzono zależności tych wartości od wieku płodowego.

W artykule nr 13 pt. „*Morphometric study of the triangle of Petit in human fetuses*” przeanalizowano wymiary trójkąta Petita, będącego obszarem zmniejszonej oporności tylnej ściany jamy brzusznej i miejscem potencjalnego występowania przepukliny lędźwiowej dolnej. Najslabszym punktem tej struktury jest szczelina Hartmanna, zlokalizowana w obrębie wierzchołka trójkąta. Przepuklina lędźwiowa dolna może mieć charakter wrodzony (około 20% przypadków) lub nabyty (około 80%), a u dzieci najczęściej wiąże się z zaburzeniami rozwoju tylnej ściany brzucha. Z tego względu poznanie prawidłowych proporcji trójkąta lędźwiowego dolnego oraz jego zmian wraz z wiekiem płodowym ma istotne znaczenie zarówno diagnostyczne, jak i kliniczne.

Dokładne dane morfometryczne dotyczące trójkąta Petita mogą okazać się szczególnie

użyteczne w anestezjologii, zwłaszcza w kontekście technik znieczuleń przestrzeni poprzecznej brzucha, gdzie obszar ten stanowi naturalne, pozbawione struktur naczyniowo-nerwowych dojskie. Mogą one znaleźć zastosowanie również w chirurgii prenatalnej oraz w ocenie potencjalnych wad tylnej ściany brzucha. W ramach pracy dokonano pomiarów długości poszczególnych boków trójkąta Petita oraz pola jego powierzchni rzutu, co umożliwiło ocenę dynamiki jego wzrostu w badanym okresie rozwoju płodowego.

Badania nie wykazały różnic płciowych ani bilateralnych. Wszystkie badane parametry wzrastały proporcjonalnie do wieku płodu, odpowiednio: $y = -0,427 + 0,302 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,84$) – dla podstawy, $y = 1,386 + 0,288 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,70$) – dla brzegu przyśrodkowego, $y = 0,871 + 0,233 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,74$) – dla brzegu bocznego oraz $y = -13,230 + 1,590 \times \text{wiek}$ ($R^2 = 0,86$) dla pola powierzchni trójkąta Petita.

5. Informacje o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej

W ramach prowadzonej działalności naukowej wykazywałam się istotną i systematyczną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni oraz instytucji naukowej. Aktywność ta obejmowała odbycie staży naukowych w krajowych ośrodkach akademickich, nawiązanie i rozwój współpracy wieloośrodkowej, realizację projektów badawczych o charakterze interdyscyplinarnym, a także pozyskiwanie zewnętrznych źródeł finansowania na prowadzenie badań naukowych. Działania te przyczyniły się do poszerzenia zakresu prowadzonych badań, transferu wiedzy i kompetencji pomiędzy ośrodkami akademickimi oraz wzmocnienia samodzielności naukowej i organizacyjnej.

5.1. Staże naukowe

W latach 2024–2025 odbyłam cztery staże naukowe w krajowych ośrodkach uniwersyteckich, których efektem było powstanie czterech oryginalnych prac naukowych oraz dwóch monografii. Dorobek uzyskany w wyniku realizacji staży obejmuje publikacje **o łącznym IF wynoszącym 8.0 oraz punktacji MNiSW – 500.000 punktów**. Staże te zostały zrealizowane w renomowanych ośrodkach akademickich, w tym w Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (**dwa staże**), Społecznej Akademii Nauk w Łodzi (**jeden staż**) oraz na Uniwersytecie Medycznym w Białymstoku (**jeden staż**).

Zrealizowane staże naukowe:

W Katedrze Anatomii Uniwersytetu Jagiellońskiego – Collegium Medicum w Krakowie:

- w okresie od 09 do 27 września 2024 r.,
- oraz od 03 do 14 lutego 2025 r.

W latach 2024/2025 staże realizowane były w formie stacjonarnej i obejmowały codzienne spotkania, umożliwiające prowadzenie efektywnej pracy badawczej oraz opracowanie i publikację jej wyników. Celem staży było prowadzenie badań naukowych oraz wymiana doświadczeń i wiedzy w zakresie anatomii płodów i osób dorosłych. Efektem współpracy są następujące publikacje:

1. Szczepanek Elżbieta, Ostrowski Patryk, Bonczar Michał, Michalczak Mateusz, Szczepanek Małgorzata, Dzięcioł Martyna, **Grzonkowska Magdalena**, Kot Aleksandra, Gładysz Tomasz, Niemczyk Kazimierz: *Temporal bone pneumatization: meta-analysis of its characteristics with implications for head and neck surgery*, Folia Morphologica, 2025, DOI:10.5603/fm.104377, (IF=1,2; MNiSW=70.000).
2. Biernacki Maciej, **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Bereza Tomasz, Baumgart Mariusz: *Digital image analysis of the rotator cuff muscle in the human fetus based on the subscapularis muscle*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.105836, (IF=1,2; MNiSW=70.000).

Z kolei w okresie od 21 lipca do 1 sierpnia 2025 r. odbyłam staż naukowy w Klinice Rehabilitacji, Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Celem odbywanego stażu było poszerzenie wiedzy i umiejętności z zakresu fizjoterapii klinicznej, pogłębienie kompetencji badawczych oraz wzmacnianie współpracy naukowej między jednostkami akademickimi. Efektem tej współpracy jest współautorstwo w monografiach:

1. Kunda Łukasz, Dzięcioł-Anikiej Zofia, Kostro Amanda, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Bogacz Katarzyna, Sozańska Agnieszka: *Ocena poziomu siły mięśniowej kończyn górnych u funkcjonariuszy służb mundurowych*, 2025, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, ISBN 978-83-68761-00-9, 43 s., (MNiSW= 80.000).
2. Lenczewska Karolina, Kostro Amanda, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Chilińska-Kopko Ewelina, Bogacz Katarzyna, Dzięcioł-Anikiej Zofia: *Analiza zależności między szerokością kąta podmostkowego (ISA) a poziomem sprawności lokomotorycznej w populacji osób młodych*, 2025, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, ISBN 978-83-978350-9-2, 51 s., (MNiSW= 80.000).

Ponadto, w okresie od 11 do 26 września 2025 odbyłam staż w Zakładzie Anatomii Prawidłowej i Klinicznej, Katedrze Nauk Morfologicznych i Podstaw Medycyny w Społecznej Akademii Nauk w Łodzi. Jego głównym celem była wymiana doświadczeń i wiedzy w zakresie anatomii rozwojowej płodów. Udział w stażu przyczynił się również do pogłębienia kompetencji badawczych poprzez współpracę z zespołem naukowym Zakładu. Ważnym aspektem odbywanego stażu była także wymiana doświadczeń w obszarze metodologii badań oraz doskonalenie umiejętności redagowania i opracowywania prac naukowych. Efektem tej współpracy są publikacje poświęcone analizie rozwojowej kręgów Th12 i L5 u płodów człowieka:

1. **Magdalena Grzonkowska**, Michał Kułakowski, Karol Elster, Zofia Dziecioł-Anikiej, Agnieszka Rogalska, Beata Zwierko, Sara Kierońska – Siwak, Karol Elster, Stanisław Orkisz, Mariusz Baumgart: *CT Morphometric Analysis of Ossification Centres in the Fetal Th12 Vertebra*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 11, 2025, Numer artykułu: 1138; s. 1-14, DOI:10.3390/brainsci15111138, **(IF=2.8; MNiSW=100.000)**.
2. **Magdalena Grzonkowska**, Michał Kułakowski, Karol Elster, Zofia Dziecioł-Anikiej, Beata Zwierko, Sara Kierońska-Siwiak, Magdalena Konieczna-Brazis, Michał Banasiak, Stanisław Orkisz, Mariusz Baumgart: *Three-Dimensional, Image-Based Evaluation of the L5 Vertebral Body and Its Ossification Center in Human Fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 11, 2025, Numer artykułu: 1229, s. 1-12. DOI: 10.3390/brainsci15111229, **(IF=2.8; MNiSW=100.000)**.

5.2. Współpraca wieloośrodkowa:

Moja współpraca z różnymi specjalistami przyczyniła się do powstania wartościowych, wieloośrodkowych prac badawczych. Dotychczas współpracowałam z licznymi ośrodkami naukowymi z różnych regionów Polski, w tym również z jednostkami wchodzącymi w skład Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Współpraca obejmowała m.in. następujące jednostki:

- Katedrę i Zakład Anatomii, Uniwersytetu Jagiellońskiego – Collegium Medicum w Krakowie (**5 publikacji**),
- Katedrę Fizjoterapii, Politechniki Opolskiej (**3 publikacje**),
- Pracownię Neuroanatomii, Zakładu Anatomii Prawidłowej i Klinicznej, Katedry

- Anatomii i Histologii, Uniwersytetu Medycznego w Łodzi (**4 publikacje**),
- Wydział Nauk o Zdrowiu, Powiślańskiej Akademii Nauk Stosowanych w Kwidzynie (**2 publikacje**),
 - Wydział Medyczny, Politechniki Bydgoskiej (**3 publikacje**),
 - Samodzielną Pracownię Ergonomii i Monitoringu Biomedycznego, Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu (**1 publikacja**),
 - Zakład Anatomii Prawidłowej i Klinicznej, Katedry Nauk Morfologicznych i Podstaw Medycyny w Społecznej Akademii Nauk w Łodzi (**5 publikacji**),
 - Klinikę Rehabilitacji, Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (**4 publikacje**),
 - Laboratorium Badań Aktywności Fizycznej, Centrum Badań Klinicznych (CBK), Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (**4 publikacje**),
 - Katedrę i Klinikę Otorynolaryngologii, Chirurgii Głowy i Szyi, Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego (**1 publikacja**),
 - Wydział Nauk o Zdrowiu i Psychologii, Collegium Medicum, Uniwersytetu Rzeszowskiego (**1 publikacja**),
 - Oddział Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Szpitala Uniwersyteckiego nr 2 w Bydgoszczy, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**14 publikacji**),
 - Katedrę Elektroradiologii, Wydziału Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (**2 publikacje**),
 - Katedrę Patomorfologii Klinicznej, Wydziału Lekarskiego, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (**4 publikacje**),
 - Katedrę i Klinikę Neurologii oraz Neurofizjologii Klinicznej, Szpitala Uniwersyteckiego nr 2 im. Jana Bizuela, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (**2 publikacje**),
 - Katedrę Neurochirurgii, Neurochirurgii Czynnościowej i Stereotaktycznej, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**2 publikacje**),
 - Katedrę Farmakologii i Terapii, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**1 publikacja**),
 - Katedrę Biofarmacji, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**3 publikacje**),
 - Zakład Medycyny Nuklearnej, Centrum Onkologii w Bydgoszczy, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**6 publikacji**),
 - Klinikę Neurochirurgii, Neurotraumatologii i Neurochirurgii Dziecięcej, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**5 publikacji**),
 - Zakład Patofizjologii Narządu Słuchu i Układu Równowagi, Katedrę Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**7 publikacji**),

- Katedrę Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**1 publikacja**),
- Katedrę Stomatologii Zachowawczej, Collegium Medicum UMK w Toruniu (**1 publikacja**).

Publikacje, które powstały dzięki współpracy wielośrodkowej:

1. **Magdalena Grzonkowska**, Michał Kułakowski, Karol Elster, Zofia Dzięcioł–Anikiej, Agnieszka Rogalska, Beata Zwierko, Sara Kierońska – Siwak, Karol Elster, Stanisław Orkisz, Mariusz Baumgart: *CT Morphometric Analysis of Ossification Centres in the Fetal Th12 Vertebra*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 11, 2025, Numer artykułu: 1138; s. 1-14, DOI:10.3390/brainsci15111138, (**IF=2.8; MNiSW=100.000**).
2. **Magdalena Grzonkowska**, Michał Kułakowski, Karol Elster, Zofia Dzięcioł–Anikiej, Beata Zwierko, Sara Kierońska-Siwiak, Magdalena Konieczna-Brazis, Michał Banasiak, Stanisław Orkisz, Mariusz Baumgart: *Three-Dimensional, Image-Based Evaluation of the L5 Vertebral Body and Its Ossification Center in Human Fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 11, 2025, Numer artykułu: 1229, s. 1-12. DOI: 10.3390/brainsci15111229, (**IF=2.8; MNiSW=100.000**).
3. Biernacki Maciej, **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Bereza Tomasz, Baumgart Mariusz: *Digital image analysis of the rotator cuff muscle in the human fetus based on the subscapularis muscle*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.105836, (**IF=1.2; MNiSW=70.000**).
4. Szczepanek Elżbieta, Ostrowski Patryk, Bonczar Michał, Michalczak Mateusz, Szczepanek Małgorzata, Dziedzic Martyna, **Grzonkowska Magdalena**, Kot Aleksandra, Gładysz Tomasz, Niemczyk Kazimierz: *Temporal bone pneumatization: meta-analysis of its characteristics with implications for head and neck surgery*, Folia Morphologica, 2025, DOI:10.5603/fm.104377, (**IF=1.2; MNiSW=70.000**).
5. Wysiadecki Grzegorz, Dubrowski Andrzej, Dysput Natalia, Sypeń Julia, Bonczar Michał, Ostrowski Patryk, Dębski Jakub, Wysocki Piotr, **Grzonkowska Magdalena**, Kierońska-Siwak Sara: *Leonardo da Vinci: in search of the seat of the soul – reflections on the anatomical and neuroanatomical explorations of a great master*, Translational Research in Anatomy, Elsevier GmbH, vol. 41, 2025, Numer artykułu: 100433, s. 1-4, DOI:10.1016/j.tria.2025.100433, (**MNiSW=20.000**).

6. Wysiadecki Grzegorz, Snow Ethan, Wysocki Piotr, Przybycień Wojciech, Haładaj Nikola, Haładaj Roksana, **Grzonkowska Magdalena**, Żytkowski Andrzej: *A neuroanatomical analysis of the link between muscle variants and innervation patterns: The accessory head of the biceps brachii muscle as a case example*, Translational Research in Anatomy, Elsevier GmbH, vol. 41, 2025, Numer artykułu: 100446, s. 1-5, DOI:10.1016/j.tria.2025.100446, (MNiSW=20.000).
7. **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Elster Karol, Hankiewicz Bartłomiej, Janiak Michał, Rogalska Agnieszka, Świtońska Milena, Żytkowski Andrzej, Baumgart Mariusz: *CT-based quantitative analysis of ossification centres in the C7 vertebra of human fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 9, 2025, Numer artykułu: 1018, s. 1-12, DOI:10.3390/brainsci15091018, (IF=2.8; MNiSW=100.000).
8. **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Baumgart Mariusz: *Computed tomography-based morphometric analysis of ossification centers of lesser wings of sphenoid bone in human fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 6, 2025, Numer artykułu: 558, s. 1-13, DOI:10.3390/brainsci15060558, (IF=2.8; MNiSW=100.000).
9. **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Kułakowski Michał, Elster Karol, Rogalska Agnieszka, Błaszczak Jakub, Baumgart Mariusz: *Prevalence and morphometric characteristics of the psoas minor muscle in human fetuses: an anatomical study*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.106716, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
10. **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Kułakowski Michał, Rogalska Agnieszka, Hankiewicz Bartłomiej, Elster Karol, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the growing iliacus muscle in the human fetus — an anatomical, digital and statistical study*, Folia Morphologica, Grupa Via Medica, 2025, DOI:10.5603/fm.104994, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
11. **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Kułakowski Michał, Hankiewicz Bartłomiej, Elster Karol, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the growing psoas major muscle in the human fetus — an anatomical, digital and statistical study*, Folia Morphologica, 2025, DOI:10.5603/fm.104111, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
12. Kułakowski Michał, Elster Karol, Janiak Michał, Kułakowska Julia, Żuchowski Paweł, Wojciechowski Rafał, Dura Marta, Lech Marcin, **Grzonkowska**

- Magdalena**, Baumgart Mariusz: *CT-based evaluation of volumetric posterior pelvic bone density with implications for the percutaneous screw fixation of the sacroiliac joint*, Journal of Clinical Medicine, MDPI, vol. 13, nr 20, 2024, Numer artykułu: 6063, s. 1-9, DOI:10.3390/jcm13206063, (IF=2.9; MNiSW= 140.000).
13. Kułakowski Michał, Elster Karol, Reichert Paweł, Królikowska Aleksandra, Jerominko Joanna, Ślęczka Paweł, **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Baumgart Mariusz: *Anatomy of the sacroiliac joint with relation to the lumbosacral trunk: Is there sufficient space for a two-hole plate?*, PLoS ONE, vol. 18, nr 10, 2023, Numer artykułu: e0292620, s. 1-11, DOI:10.1371/journal.pone.0292620, (IF=2.9; MNiSW= 140.000).
 14. **Grzonkowska Magdalena**, Bogacz Katarzyna, Żytkowski Andrzej, Szkultecka-Dębek Monika, Kułakowski Michał, Janiak Michał, Rogalska Agnieszka, Baumgart Mariusz: *Digital image analysis of vertebral body S1 and its ossification center in the human fetus*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 1, 2025, Numer artykułu: 74, s. 1-14, DOI:10.3390/brainsci15010074, (IF=2.8; MNiSW= 100.000).
 15. Biernacki Maciej, Szpinda Michał, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Bogacz Katarzyna, Baumgart Mariusz: *Quantitative anatomy of the infraspinal muscle in the human foetus*, Folia Morphologica, vol. 84, nr 2, 2025, s. 418-425, DOI:10.5603/fm.102413, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
 16. Bonczar Michał, Możdżeń Kamil, Murawska Agnieszka, Toppich Julia, Ostrowski Patryk, Elsaftawy Ahmed, Yevstifeieva Anna, Koziej Mateusz, **Grzonkowska Magdalena**, Orkisz Stanisław: *Anatomical Variations and Morphometric Features of the Anterior Cerebral Artery: A Systematic Review and Meta-Analysis of 24,015 Cases*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 12, 2025, Numer artykułu: 1277, s. 1-19, DOI:10.3390/brainsci15121277, (IF=2.8; MNiSW= 100.000).
 17. Kunda Łukasz, Dziecioł-Anikiej Zofia, Kostro Amanda, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Bogacz Katarzyna, Sozańska Agnieszka: *Ocena poziomu siły mięśniowej kończyn górnych u funkcjonariuszy służb mundurowych*, 2025, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, ISBN 978-83-68761-00-9, 43 s., (MNiSW= 80.000).
 18. Lenczewska Karolina, Kostro Amanda, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Chilińska-Kopko Ewelina, Bogacz Katarzyna, Dziecioł-Anikiej Zofia:

Analiza zależności między szerokością kąta podmostkowego (ISA) a poziomem sprawności lokomotorycznej w populacji osób młodych, 2025, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, ISBN 978-83-978350-9-2, 51 s., (MNiSW= 80.000).

Publikacje, które powstały dzięki współpracy z ośrodkami wchodzącymi w skład struktury Collegium Medicum w Bydgoszczy, UMK w Toruniu:

1. Badura Mateusz, Badura Anna, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Paruszevska-Achtel Monika, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the extensor digiti minimi muscle in the growing human fetus*, Folia Morphologica, vol. 84, nr 1, 2025, s. 176-187, DOI:10.5603/fm.99127, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
2. Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał: *Digital image analysis of vertebral body L4 and its ossification centre in the human foetus*, Folia Morphologica, vol. 84, nr 2, 2025, s. 406-417, DOI:10.5603/fm.101420, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
3. Broda Maciej, Flak Milena, **Grzonkowska Magdalena**: *The Carpal tunnel syndrome - CTS - primary and secondary prevention - review of literature*, Journal of Education, Health and Sport, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, vol. 77, 2025, Numer artykułu: 56481, s. 1-14, DOI:10.12775/JEHS.2025.77.56481, (MNiSW= 40.000).
4. Badura Anna, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Janiewicz Piotr, Szpinda Michał, Buciński Adam: *Application of artificial neural networks to evaluate femur development in the human fetus*, PLoS ONE, vol. 19, nr 3, 2024, Numer artykułu: e0299062, s. 1-11, DOI:10.1371/journal.pone.0299062, (IF=2.6; MNiSW= 100.000).
5. Badura Mateusz, Dąbrowska Maria, Badura Anna, Paruszevska-Achtel Monika, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Szpinda Michał: *Quantitative study of the popliteal fossa in the human foetus*, Folia Morphologica, vol. 83, nr 4, 2024, s. 845-857, DOI:10.5603/fm.98232, (IF=1.2; MNiSW= 70.000).
6. **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Kułakowski Michał, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the squamous part of temporal bone in the human fetus*, PLoS ONE, vol. 18, nr 12, 2023, Numer artykułu: e0295590, s. 1-14, DOI:10.1371/journal.pone.0295590, (IF=2.9; MNiSW= 140.000).

7. Siedlecki Zygmunt, Nowak Karol, Śniegocki Maciej, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: *Morphometric study of the bilateral middle cerebral arteries in patients with a unilateral aneurysm*, European Journal of Translational and Clinical Medicine, Gdański Uniwersytet Medyczny, vol. 4, nr 1, 2021, s. 29-34, DOI:10.31373/ejtcmm/130440, (MNiSW= 40.000).
8. Siedlecki Zygmunt, Nowak Karol, Grzyb Sebastian, Gromadzki Bartłomiej*, **Grzonkowska Magdalena**, Szostak Mateusz, Wiciński Michał, Śniegocki Maciej: *Ventriculus terminalis cyst : case report and literature review*, European Journal of Molecular and Clinical Medicine, vol. 7, nr 10, 2020, s. 1027-1031, (MNiSW= 20.000).
9. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Morphometric study of the primary ossification center of the fibular shaft in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 3, 2019, s. 297-305, DOI:10.1007/s00276-018-2147-5, (IF=1.092; MNiSW= 70.000).
10. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the primary ossification center in the fetal pubis bone*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 7, 2019, s. 755-761, DOI:10.1007/s00276-019-02229-4, (IF=1.092; MNiSW= 70.000).
11. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *The primary ossification of the human fetal ischium : CT, digital-image analysis, and statistics*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 3, 2019, s. 327-333, DOI:10.1007/s00276-018-2171-5, (IF=1.092; MNiSW= 70.000).
12. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Three-dimensional growth of tibial shaft ossification in the human fetus : a digital-image and statistical analysis*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 1, 2019, s. 87-95, DOI:10.1007/s00276-018-2138-6, (IF=1.092; MNiSW= 70.000).
13. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Siedlecki Zygmunt, Piec Maciej, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the radial shaft in human fetuses*,

- Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 8, 2019, s. 901-909, DOI:10.1007/s00276-019-02247-2, (IF=1.092; MNiSW= 70.000).
14. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the ulna's shaft primary ossification center in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 41, nr 4, 2019, s. 431-439, DOI:10.1007/s00276-018-2121-2, (IF=1.092; MNiSW= 70.000).
 15. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Biernacki Maciej, Siedlecki Zygmunt, Szpinda Aleksandra, Szpinda Michał, Pawlak-Osińska Katarzyna: *Quantitative anatomy of the ilium's primary ossification center in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 40, nr 9, 2018, s. 1047-1054, DOI:10.1007/s00276-018-2018-0, (IF=1.039; MNiSW= 20.000).
 16. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Małkowski Bogdan, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the primary ossification center of the femoral shaft in human fetuses*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 39, nr 11, 2017, s. 1235-1242, DOI:10.1007/s00276-017-1861-8, (IF=1.003; MNiSW= 20.000).
 17. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Wilińska-Jankowska Arnika, Siedlecki Zygmunt, Szpinda Michał: *Ossification center of the humeral shaft in the human fetus: a CT, digital, and statistical study*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 39, nr 10, 2017, s. 1107-1116, DOI:10.1007/s00276-017-1849-4, (IF=1.003; MNiSW= 20.000).
 18. Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Flisiński Piotr, Dombek Małgorzata, Szpinda Michał: *Quantitative anatomy of the growing clavicle in the human fetus: CT, digital image analysis, and statistical study*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 39, nr 8, 2017, s. 827-835, DOI:10.1007/s00276-017-1821-3, (IF=1.003; MNiSW= 20.000).
 19. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Badura Mateusz, Dąbrowska Maria, Szpinda Michał: *Digital image analysis of ossification centers in the axial dens and body in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 38, nr 10, 2016, s. 1195-1203, DOI:10.1007/s00276-016-1679-9, (IF=1.051; MNiSW= 20.000).
 20. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Małkowski Bogdan, Badura Mateusz, Szpinda Michał: *Morphometric study of the neural ossification centers of the atlas and axis in the human fetus*, Surgical and Radiologic

Anatomy, vol. 38, nr 10, 2016, s. 1205-1215, DOI:10.1007/s00276-016-1681-2, (IF=1.051; MNiSW= 20.000).

21. Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Dombek Małgorzata, Małkowski Bogdan, Szpinda Michał: *Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus*, Surgical and Radiologic Anatomy, vol. 38, nr 8, 2016, s. 937-945, DOI:10.1007/s00276-016-1640-y, (IF=1.051; MNiSW= 20.000).
22. Kierońska-Siwak Sara, Meder Grzegorz, Rulewska Natalia, Świtońska Milena, Nowaczewska Magdalena, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Sokal Paweł: *Assessment of the effectiveness of sphenopalatine ganglion blockade in the treatment of migraine*, Neurologia i Neurochirurgia Polska, 2025, DOI:10.5603/pjnns.105917, (IF=2.6; MNiSW= 100.000).

5.3. Realizowane projekty badawcze i pozyskiwanie zewnętrznych źródeł finansowania

W ramach prowadzonej działalności naukowej w latach 2013–2025 byłam kierownikiem lub członkiem projektów badawczych realizowanych w ramach **podstawowej działalności badawczej Katedry Anatomii**, dotyczących zagadnień z zakresu anatomii rozwojowej człowieka.

Projekty te obejmowały badania nad rozwojem kręgosłupa, które przyczyniły się do powstania 7 prac oryginalnych i w których pełniłam funkcję kierownika projektu, a także badania nad rozwojem kończyny górnej (5 prac oryginalnych), kończyny dolnej (6 prac oryginalnych) oraz mięśni (13 prac oryginalnych), w których uczestniczyłam jako członek zespołu badawczego.

Ponadto w 2025 roku pozyskałam zewnętrzne finansowanie w ramach konkursu grantowego **Powiślańskiej Akademii Nauk Stosowanych**. W tym okresie realizowałam dwa projekty badawcze finansowane ze środków konkursowych: projekt pt. „*Nowoczesna przestrzenna analiza punktów kostnienia czaszki u płodów człowieka w oparciu o tomografię komputerową*” (nr 03/2025), w którym pełniłam funkcję **kierownika projektu**, oraz projekt pt. „*Trójwymiarowa ocena punktów kostnienia kręgów z wykorzystaniem tomografii komputerowej u płodów człowieka*” (nr 01/2025), w którym uczestniczyłam jako **członek zespołu badawczego**. Oba projekty były realizowane we współpracy z Powiślańską Akademią Nauk Stosowanych.

Do konkursu zgłoszono łącznie 10 projektów, spośród których komisja konkursowa zakwalifikowała do finansowania pięć najwyższej ocenionych. Celem konkursu było wspieranie

rozwoju naukowego kadry akademickiej oraz promowanie innowacyjnych działań badawczych, mogących przyczynić się do wzbogacenia dorobku naukowego uczelni oraz podniesienia jakości kształcenia.

Zakres merytoryczny realizowanych projektów obejmował morfometryczne analizy jąder kostnienia skrzydeł mniejszych kości klinowej oraz kręgu C7 u płodów człowieka, przeprowadzone z wykorzystaniem technik trójwymiarowego obrazowania opartych na tomografii komputerowej. W ramach realizacji projektów uzyskano wyniki badań, które zostały opracowane i przygotowane do publikacji naukowych:

1. **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Baumgart Mariusz: *Computed tomography-based morphometric analysis of ossification centers of lesser wings of sphenoid bone in human fetuses*. Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2025; Vol. 15, nr 6, numer artykułu: 558, s. 1-13, DOI:10.3390/brainsci15060558 (IF=2.8; MNiSW=100.000).
2. **Grzonkowska Magdalena**, Kułakowski Michał, Elster Karol, Hankiewicz Bartłomiej, Janiak Michał, Rogalska Agnieszka, Świtońska Milena, Żytkowski Andrzej, Baumgart Mariusz: *CT-based quantitative analysis of ossification centres in the C7 vertebra of human fetuses*, Brain Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), vol. 15, nr 9, 2025, Numer artykułu: 1018, s. 1-12, DOI:10.3390/brainsci15091018, (IF=2.8; MNiSW=100.000).

6. Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Od wielu lat prowadzę działalność dydaktyczną skierowaną do studentów kierunków medycznych, przedstawicieli środowiska medycznego oraz pacjentów. Obejmuje ona zarówno zajęcia teoretyczne, jak i warsztaty praktyczne, ukierunkowane na pogłębianie wiedzy z zakresu medycyny konwencjonalnej oraz wybranych metod komplementarnych.

Byłam współorganizatorką licznych wydarzeń naukowych i edukacyjnych poświęconych anatomii człowieka oraz akupunkturze i jej potencjalnym zastosowaniom klinicznym. Działania te sprzyjały upowszechnianiu wiedzy dotyczącej podejścia integrującego tradycyjne i nowoczesne metody terapeutyczne, wspierając rozwój kompetencji zarówno studentów, jak i praktyków medycyny.

6.1. Działalność dydaktyczna

Działalność dydaktyczna w CM UMK

- Od 2011 roku prowadzę zajęcia dydaktyczne w Collegium Medicum Uniwersytetu Mikołaja Kopernika na kierunkach: lekarskim, ratownictwa medycznego, położnictwa, pielęgniarstwa, elektroradiologii, dietetyki, farmacji, analityki medycznej oraz fizjoterapii. Zajęcia te obejmowały zagadnienia z zakresu anatomii człowieka i były realizowane początkowo w roli asystenta, a następnie adiunkta w Katedrze Anatomii Prawidłowej (dawniej: Katedrze i Zakładzie Anatomii Prawidłowej) CM UMK.
- Obecnie prowadzę zajęcia dydaktyczne na kierunku lekarskim oraz lekarsko-dentystycznym.

Udział w projekcie dydaktycznym współfinansowanym ze środków Unii Europejskiej

- Od lipca 2017 r. do 2018 r. pełniłam funkcję wykładowcy w projekcie „*Doskonalenie kompetencji przyszłego lekarza*”, współfinansowanym przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego **Wiedza Edukacja Rozwój 2014–2020**. Projekt był adresowany do studentów V i VI roku kierunku lekarskiego Collegium Medicum Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W jego ramach prowadziłam warsztaty dotyczące **nowoczesnych metod fizjoterapeutycznych**, ukierunkowane na podnoszenie kompetencji praktycznych przyszłych lekarzy w pracy z pacjentem.

Działalność dydaktyczna w Szkole Akupunktury Tradycyjnej im. Michała Boyma w Bydgoszczy

- W latach 2013–2023 byłam związana umową ze Szkołą Akupunktury Tradycyjnej im. Michała Boyma w Bydgoszczy, gdzie pełniłam funkcję nauczyciela przedmiotów zawodowych oraz zastępcy dyrektora szkoły. Do moich obowiązków należało prowadzenie zajęć dydaktycznych z zakresu akupunktury, a także współtworzenie programu nauczania i nadzór merytoryczny nad procesem kształcenia. Efektem tej współpracy było również opracowanie publikacji:
 1. Dyczek Henryk, **Grzonkowska Magdalena**: *Anatomiczna lokalizacja punktów akupunktury*, 2014, Szkoła Akupunktury Tradycyjnej, ISBN 9788393737628, 928 s., (MNiSW=20.000).
 2. **Grzonkowska Magdalena**, Zerbst Małgorzata: *Punkty Akupunktury – Tom 1*, 2021, Zerbst & Partners Publishing, ISBN 978-83-961548-1-1.

3. **Grzonkowska Magdalena**, Zerbst Małgorzata: *Punkty Akupunktury – Tom 2*, 2023, Zerbst & Partners Publishing, ISBN 978-83-961548-2-8.

W ramach współpracy ze Szkołą Akupunktury Tradycyjnej im. Michała Boyma w Bydgoszczy prowadziłam specjalistyczne szkolenia z zakresu akupunktury kosmetycznej, skierowane do środowiska medycznego oraz studentów tej szkoły. Po zakończeniu współpracy kontynuowałam tę działalność, rozwijając autorski program szkoleniowy „Akupunktura kosmetyczna”.

Program ten został rozbudowany z pierwotnego dwudniowego kursu do cyklu 2 × 2 dni, obejmującego moduł podstawowy oraz zaawansowany — poświęcone teoretycznym i praktycznym zagadnieniom zastosowania akupunktury w kosmetologii. Zwieńczeniem tej działalności dydaktycznej oraz wieloletniego doświadczenia w obszarze akupunktury było opracowanie i wydanie autorskiej publikacji:

1. **Grzonkowska Magdalena**: *Akupunktura kosmetyczna*, 2025, Studio Akupunktury i Medycyny Naturalnej, ISBN 978-83-975568-0-5.

Wystąpienie popularyzujące wiedzę medyczną

- W dniu 11 czerwca 2022 r. zostałam zaproszona przez redakcję czasopisma „**Naturopatia w Praktyce**” do wygłoszenia wykładu pt. „*Skuteczność akupunktury w leczeniu chorób metabolicznych*” podczas **VIII Narodowego Kongresu Naturopatii** w Warszawie. Wydarzenie było skierowane zarówno do przedstawicieli środowiska medycznego, jak i pacjentów zainteresowanych metodami wspierającymi leczenie chorób metabolicznych. Wystąpienie miało charakter popularyzujący wiedzę naukową, służący przedstawieniu aktualnej wiedzy naukowej oraz omówieniu praktycznych aspektów stosowania akupunktury w kontekście współczesnej medycyny komplementarnej. W ramach współpracy z czasopismem przygotowałam również artykuły:

1. **Magdalena Grzonkowska**: „*Akupunktura w łagodzeniu objawów po chemioterapii*” - <https://www.naturopatiawpraktyce.pl/artukul/akupunktura-w-lagodzeniu-objawow-po-chemioterapii>
2. **Magdalena Grzonkowska**: „*Akupunktura w kręczy karku i bólu szyi*” - <https://www.naturopatiawpraktyce.pl/artukul/akupunktura-w-kreczu-karku-i-bolu-szyi>
3. **Magdalena Grzonkowska**: „*Akupunktura w migrenowych bólach głowy*”

- <https://www.naturoterapiawpraktyce.pl/arttykul/akupunktura-w-migrenowych-bolach-glowy>

6.2. Udział w konferencjach, kursach i szkoleniach

Członkostwo i aktywność naukowa w ramach Polskiego Towarzystwa Anatomicznego

Od 2013 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Anatomicznego (PTA). Wyniki prowadzonych przeze mnie badań z zakresu anatomii prawidłowej i rozwojowej były wielokrotnie prezentowane podczas krajowych zjazdów Towarzystwa. Podczas konferencji przedstawiałam doniesienia w formie wystąpień ustnych oraz posterów, obejmujące tematy związane m.in. z morfometrią punktów kostnienia, rozwojem struktur układu mięśniowo-szkieletowego u płodów człowieka oraz analizą ilościową wybranych elementów anatomicznych. Aktywność ta przyczyniła się do popularyzacji wyników moich badań oraz stanowiła platformę wymiany doświadczeń z przedstawicielami krajowych ośrodków naukowych zajmujących się anatomią

- **Grzonkowska Magdalena**, Sobczak Mateusz, Biernacki Maciej, Lipiec-Borowicz Anna, Zwierko Beata, Baumgart Mariusz: Fetal Femoral Metaphyseal Cartilage on MRI: Insights from a Pilot Study with Implications for Skeletal Development Assessment, 44-45 s., XXXV Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2025, poster
- **Grzonkowska Magdalena**, Stojak Łukasz, Dąbrowska Maria, Paczkowska Aleksandra, Rogalska Agnieszka, Baumgart Mariusz: Fetal Humeral Metaphyseal Cartilage on MRI: Insights from a Pilot Study with Implications for Skeletal Development Assessment, 45-46 s., XXXV Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2025, poster
- Lipiec-Borowicz Anna, Podemski Jonasz, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Antosik Paulina, Grzonak Dariusz, Haene Aleksandra, Bloch-Bogusławska Elżbieta, Wiśniewski Marcin: Speksyna (SPX) w przedmurzu mózgowia ludzkiego – immunohistochemiczna analiza - doniesienie wstępne, 84-85 s., XXXV Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2025, poster
- Lipiec-Borowicz Anna, Podemski Jonasz, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Antosik Paulina, Grzonak Dariusz, Haene Aleksandra, Bloch-Bogusławska Elżbieta, Wiśniewski Marcin Ekspresja nesfatyny-1 (NSF-1) w przedmurzu mózgowia ludzkiego – doniesienie wstępne, 85-86 s., XXXV Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2025, poster
- Badura Mateusz, Szpinda Michał, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz,

- Wiśniewski Marcin, Flisiński Piotr: Morphometric study of the extensor digiti minimi muscle in the human fetus, 147-148 s., 2022, 34. Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, poster
- Badura Mateusz, Szpinda Michał, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Paruszevska-Achtel Monika, Biernacki Maciej: Morphometric study of the extensor digitorum muscle in the human fetus, 149-149 s., 2022, 34. Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, poster
 - Biernacki Maciej, Szpinda Michał, **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Paruszevska-Achtel Monika: Growth dynamics of the supraspinatus muscle in the human fetus, 150-150 s., 2022, 34. Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, poster
 - **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Lisiecki Jakub, Szpinda Michał: Morphometric study of the primary ossification centers of the occipital bone in the human fetus, 103-103 s., 2022, 34. Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, poster
 - **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Biernacki Maciej, Szpinda Michał: Morphometric study of the primary ossification centers of the sphenoid body in the human fetus, 102-102 s., 2022, 34. Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, poster
 - Wiśniewski Marcin, Baumgart Mariusz, **Grzonkowska Magdalena**, Szpinda Michał: Pozyskiwanie materiału kostnego do ćwiczeń z Anatomii Prawidłowej: doświadczenia własne, 129-129 s., 2022, 34. Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, poster
 - Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin, **Grzonkowska Magdalena**, Badura Mateusz, Szpinda Michał: Quantitative anatomy of the ossification center of the iliac bone in human fetus, 178 s., 2017, XXXIII Zjazd Polskiego Towarzystwa Anatomicznego, streszczenie
 - **Grzonkowska Magdalena**, Baumgart Mariusz, Badura Mateusz, Wiśniewski Marcin, Szpinda Michał: Quantitative anatomy of the iliacus in the human fetus, 172 s., 2017, XXXIII Zjazd Polskiego Towarzystwa Anatomicznego, streszczenie
 - Badura Mateusz, **Grzonkowska Magdalena**, Lisiecki Jakub, Szpinda Michał, Baumgart Mariusz, Wiśniewski Marcin: Morphometric study of the triceps brachii muscle in the human fetus aged 12-29 weeks, 132-133 s., 2013, XXXI Zjazd Polskiego Towarzystwa Anatomicznego, Dolina Charlotty, poster

Udział w konferencjach naukowych

- I Międzynarodowa Konferencja Akupunktury Tradycyjnej 2013, Bydgoszcz
- III Międzynarodowy Kongres Medycyny Chińskiej 2017, Kraków
- Wystąpienie pt. „*Skuteczność akupunktury w leczeniu chorób metabolicznych*”
– wykład na zaproszenie redakcji czasopisma „*Naturoterapia w Praktyce*”,
Warszawa 2022
- XXXIV Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2022, Szczecin
- XXXV Ogólnopolski Kongres Polskiego Towarzystwa Anatomicznego 2025, Kielce

Od początku swojej drogi zawodowej poszerzałam wiedzę i kompetencje w ramach ustawicznego kształcenia podyplomowego poprzez udział w kursach i szkoleniach.

Odbyte kursy i szkolenia:

- Dostępy operacyjne, 23-24.06.2023 w ramach projektu „Doskonałość dydaktyczna uczelni”,
- Alloplastyka stawów, 23, 25.06.2023 w ramach projektu „Doskonałość dydaktyczna uczelni”,
- USG układu ruchu, 21-22.04.2023 oraz 26-27.05.2025 w ramach projektu „Doskonałość dydaktyczna uczelni”,
- Akupunktura czaszki dr Yamamoto kurs podstawowy oraz zaawansowany (25-27.02.2022),
- Połączenie zachodniego ziołolecznictwa, medycyny chińskiej i fitofarmakologii – kurs podstawowy (2021-2022),
- Leczenie zaburzeń depresyjnych – kurs ziołolecznictwa (2.10.2022),
- Zaburzenia psychiczne, psychoemocjonalne i duchowe wg TCM (8-9.02.2022),
- Akupunktura brzucha stopień zaawansowany (27-28.04.2019),
- Unified acupuncture theory – interakcje meridianowe – leczenie przeciwbólowe (16-17.02.2019),
- Motor point acupuncture kurs kończyzna górna i dolna, tułów, głowa (29-30.06.2019 oraz 6-7.11.2021),
- Unified acupuncture theory – leczenie chorób wewnętrznych (26-27.10.2019),
- Unified acupuncture theory – I Ching (10-11.10.2020),
- Ba Guan Fa – kurs podstawowy oraz zaawansowany (26-27.02.2019 oraz

19-20.09.2020),

- Płaszcz ścięgnisto-mięśniowy (29-30.06.2019),
- Akupunktura brzucha stopień podstawowy (10-11.02.2018),
- Akupunktura w systemie balansowania dr Tana stopień zaawansowany (22-23.09.2018),
- Akupunktura czaszki w leczeniu schorzeń neurologicznych (25-26.11.2017),
- Akupunktura w systemie balansowania dr Tana stopień podstawowy (23-24.09.2017),
- Akupunktura kosmetyczna (3-4.07.2015),
- Metoda leczenia McKenzie (17-20.03.2011 oraz 19-22.05.2011),
- Teoretyczne i praktyczne podstawy stymulacji funkcjonalnej oraz zastosowania EMG-biofeedback'u i powierzchniowej elektromiografii w terapii pacjentów z zaburzeniami aktywności mięśni oraz pacjentów z nietrzymaniem moczu (12.12.2009),
- Kinesiology Taping, stopień zaawansowany (19-20.09.2009),
- Integrated Soft Tissue Techniques Trigger Points, Pain and Muscle Tone (13-14.06.2009),
- Kinesiology Taping, stopień podstawowy (9-10.05.2009),
- Masaż leczniczy stopień podstawowy oraz stopień zaawansowany, wzbogacony o techniki manualne (4.03-26.06. 2008),
- Stymulacja rozwoju dzieci z wykorzystaniem metody Weroniki Sherborne (2007/2008).

6.3. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych

Recenzowałam artykuły w następujących czasopismach naukowych:

- Journal of Orthopaedic Surgery and Research (IF 2.8; MNiSzW 70.000),
- BMC Medical Imaging (IF 3.2; MNiSzW 70.000),
- Surgical and Radiologic Anatomy (IF 1.2; MNiSzW 70.000),
- Quantitative Imaging in Medicine and Surgery (IF 2.4; MNiSzW 70.000),

oraz

- monografię *“Ocena funkcjonalna i personalizowany trening zawodników rugby”* Mazurek Weronika Wiktoria, Wójcik Kacper, Dziecioł-Anikiej Zofia, Kostro Amanda Maria, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Białystok 2025.

6.4. Przynależność do towarzystw naukowych

Od 2013 roku jestem aktywnym członkiem Polskiego Towarzystwa Anatomicznego. W latach 2019–2020 pełniłam funkcję sekretarza w Bydgoskim Oddziale Polskiego Towarzystwa Anatomicznego. Z kolei od 2021 roku pełnię zaszczytną funkcję zastępcy przewodniczącego Bydgoskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Anatomicznego.

6.5. Działalność organizacyjna

- W 2015 roku brałam udział w organizacji Międzyuczelnianego Konkursu Wiedzy Anatomicznej Scapula Aurea i Golden Scapula, który odbył się w Bydgoszczy w dniach 29–31 maja 2015 r.
- W latach 2015–2022, we współpracy z Dyrektorem Szkoły Akupunktury Tradycyjnej w Bydgoszczy, oraz w latach 2017–2022 z Polskim Stowarzyszeniem Akupunkturzystów Zawodowych (PSAZ), współorganizowałam liczne kursy i szkolenia z zakresu akupunktury, skierowane zarówno do środowiska medycznego, jak i terapeutów medycyny komplementarnej.
- Byłam współorganizatorką Polskiego Stowarzyszenia Akupunkturzystów Zawodowych, które powstało w 2017 roku. W latach 2017–2023 pełniłam funkcję członka Zarządu, a od 2020 roku – Prezesa Stowarzyszenia. Głównym celem działalności Stowarzyszenia jest szeroko rozumiana ochrona i promocja zdrowia, a także edukacja, działalność naukowa oraz wsparcie osób niepełnosprawnych. Do kluczowych obszarów aktywności PSAZ należą: propagowanie akupunktury oraz upowszechnianie osiągnięć naukowych w tej dziedzinie; podnoszenie kwalifikacji zawodowych akupunkturzystów poprzez szkolenia, doskonalenie i wspieranie działalności badawczej; współpraca z systemem ochrony zdrowia, w tym działania na rzecz integracji metod komplementarnych z praktyką kliniczną; opracowywanie opinii i rekomendacji dotyczących akupunktury oraz terapii pokrewnych, kierowanych do odpowiednich instytucji i organów państwowych.

6.6. Nagrody i wyróżnienia

- W 2024 r. otrzymałam **Nagrodę Zespołową Rektora UMK** za osiągnięcia uzyskane w dziedzinie naukowej.
- W 2025 r. zostałam laureatką Grantu Naukowego Powiślańskiej Akademii Nauk Stosowanych; projekt pt. „*Nowoczesna przestrzenna analiza punktów kostnienia czaszki u płodów człowieka w oparciu o tomografię komputerową*” (nr 03/2025),

w którym pełniłam funkcję **kierownika grantu**. Byłam również członkiem zespołów realizujących projekty badawcze nr 01/2025 - „Trójwymiarowa ocena punktów kostnienia kręgosłupa z użyciem tomografii komputerowej u płodów człowieka” oraz 02/2025 - „Ocena częstości występowania złamań obręczy tylnej miednicy u osób ze złamaniami osteoporotycznymi kości łonowych”.

- W 2024 r. otrzymałam **Nagrodę Rektora UMK** dla zespołu za wysoko punktowaną publikację pt. „*Quantitative study of the ossification centers of the body of sphenoid bone in the human fetus*”, opublikowaną w **Scientific Reports** (2024, vol. 14, nr 1, art. 13522).
- W 2023 r. zostałam uhonorowana **zespołową Nagrodą Rektora UMK III stopnia** za osiągnięcia uzyskane w dziedzinie dydaktycznej.
- W 2015 r. otrzymałam **zespołową Nagrodę Rektora UMK I stopnia** za osiągnięcie uzyskane w dziedzinie dydaktyczno-wychowawczej.

7. Podsumowanie danych nauko-metrycznych

- Łączna wartość punktacji KBN/MEiN: 3582.000
- Łączna wartość wskaźnika IF: 75.526

Składowe punktacji:

Przed uzyskaniem stopnia doktora		
	Wskaźnik IF	Punktacja KBN/MNiSzW
Jako pierwszy autor/ równorzędny pierwszy autor	1.095	35
Jako autor drugi i/lub kolejny	7.341	135
Łącznie	8.436	170
Po uzyskaniu stopnia doktora		
	Wskaźnik IF	Punktacja KBN/MNiSzW
Jako pierwszy autor/ równorzędny pierwszy autor	34.059 (w tym IF=16.993 przypada na główne osiągnięcie naukowe)	1475 (w tym 760 przypada na główne osiągnięcie naukowe)
Jako autor drugi i/lub kolejny	33.031	1937
Łącznie	67.090	3412

Index H:

Index H=9 (Scopus)	Cytowania: 202
Index H=8 (Web of Science Core Collection)	Cytowania: 152

podpis wnioskodawcy