



AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
IM. JERZEGO KUKUCZKI W KATOWICACH

ALICJA AFFANASOWICZ

ZASTOSOWANIE MULTIMODALNEJ ANALIZY RUCHÓW
SPONTANICZNYCH (MARS) W OCENIE NOWORODKÓW W DRUGIEJ
LUB TRZECIEJ DOBIE ŻYCIA

Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

Promotor:

dr hab. Andrzej Myśliwiec prof. AWF

Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach

Kopromotor:

dr hab. inż. Dariusz Badura prof. Akademii WSB

Akademia Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej

KATOWICE 2022

MOJEMU PROMOTOROWI

DR HAB. ANDRZEJOWI MYŚLIWCOWI PROF. AWF W KATOWICACH

*SKŁADAM SERDECZNE PODZIĘKOWANIE
ZA UMOŻLIWIENIE NAPISANIA NINIEJSZEJ PRACY,
OPIEKĘ NAUKOWĄ I OKAZANĄ ŻYCZLIWOŚĆ.*

*WYRAZY WDZIĘCZNOŚCI KIERUJĘ RÓWNIEŻ W STRONĘ KOPROMOTORA
DR HAB. INŻ. DARIUSZA BADURY PROF. AKADEMII WSB W DĄBROWIE GÓRNICZEJ.*

*Pracę dedykuję
mojemu mężowi Michałowi
oraz
naszym dzieciom
Hani, Stasiowi i Antosiowi*

SPIS TREŚCI:

Wykaz skrótów	4
1. Wstęp.....	5
1.1. Wprowadzenie.....	5
1.2. Obiektywne metody we wczesnej diagnostyce	6
1.3. Subiektywne metody we wczesnej diagnostyce	7
1.4. Diagnostyka metodą Prechtla	8
1.5. Komputerowe wspomaganie diagnostyki	10
1.6. Multimodalna Analiza Ruchów Spontanicznych-MARS.....	11
2. Cel pracy	13
3. Materiał i metody badawcze	14
3.1. Materiał-uczestnicy badania.....	14
3.2. Opis badania.....	17
3.3. Metody badawcze.....	20
3.3.1. Metoda Prechtla	20
3.3.2. Multimodalna Analiza Ruchów Spontanicznych.....	21
3.3.3. Metody statystyczne.....	27
4. Wyniki.....	28
4.1. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w aspekcie prędkości, przyspieszenia, kierunków i trajektorii.....	28
4.2. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w aspekcie symetrii	30
4.3. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia z podziałem na płeć żeńską i męską	33
4.4. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w odniesieniu do informacji zebranych w wywiadzie ciąży-porodowym: wiek matki, masa urodzeniowa noworodka i rodzaj porodu	36
4.5. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w porównaniu do oceny ruchów spontanicznych wykonanych metodą Prechtla.....	40
5. Dyskusja.....	44
6. Wnioski	55
7. Streszczenie.....	56
8. Summary.....	57
9. Bibliografia	58
10. Załącznik.....	66

Wykaz skrótów

CC - cesarskie cięcie

Ch - (ang. chaotic) ruchy chaotyczne

CMA-h - (ang. Center of movement's area-horizontal) środek pola ruchu w poziomie

CMA-v - (ang. Center of movement's area-vertical) środek pola ruchu w pionie

CS - (ang. cramped-synchronized) zsynchronizowany skurcz

FMs - (ang. fidgety movements) ruchy fidgety

FMA - (ang. Factor of movement's area) współczynnik pola ruchu

FMS - (ang. Factor of movement's shape) współczynnik kształtu ruchu

GMs - (ang. general movements) ruchy globalne

k - płeć żeńska

m - płeć męska

MARS - Multimodalna Analiza Ruchów Spontanicznych

Me - mediana

min-max - wartość minimalna-maksymalna

msc - miesiąc

N - norma

n - liczba

OSESEC - (ang. Objective System of Evaluation and Support in Early Childhood) System Obiektywnego Badania i Wsparcia Wczesnego Rozwoju

p - poziom istotności statystycznej

pkt - punkty

PR - (ang. poor repertoire) ubogi repertuar

Q - odchylenie ćwiartkowe

Q25-Q75 - kwartył dolny i kwartył górny

SD - odchylenie standardowe

SN - poród siłami natury

tc - tydzień ciąży

WMs - (ang. writhing movements) ruchy writhing

1. Wstęp

1.1. Wprowadzenie

Spontaniczna aktywność ruchowa to jeden z pierwszych sposobów, w jaki noworodki doświadczają i wchodzą w interakcję ze środowiskiem. Układ nerwowy noworodka generuje różnorodne wzorce ruchowe, między innymi izolowane ruchy kończyn, drżenia, rozciągania, ruchy głowy z boku na bok czy ruchy globalne (general movements; GMs) [24,28]. Z bogatego repertuaru spontanicznych wzorców ruchowych, które pojawiają się we wczesnym dzieciństwie, GMs są najczęściej występującymi i najbardziej złożonymi.

Liczne badania wskazują, iż zaburzony ruch spontaniczny może być wczesnym wskaźnikiem trudności rozwojowych, takich jak zaburzenia koordynacji, opóźnienia psychoruchowe, zaburzenia nerwowo-mięśniowe, genetyczne, poznawcze, sensoryczne, autyzm czy mózgowo-porażenie dziecięce [2 5,7,8,14,22,23,29,41,52,54,64].

Prawidłowa aktywność spontaniczna noworodka charakteryzuje się różnorodnością oraz wariantowością [59]. Pojęcie różnorodności zawiera się w twierdzeniu o indywidualnym rozwoju każdego ludzkiego organizmu. Natomiast pojęcie wariantowości jest określeniem używanym w języku specjalistycznym i nierozzerwalnie wiąże się z rozwojem zdrowego dziecka. Wariantowość ruchowej aktywności spontanicznej wskazuje zatem na prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego. Uzewnętrznia się u dziecka wykorzystaniem różnorodnego repertuaru ruchowego przy wielu powtórzeniach tego samego zadania [42].

Innymi cechami prawidłowego rozwoju motorycznego małego dziecka jest jego zmienność i dynamika. Pierwszy rok życia jest najbardziej dynamicznym okresem w rozwoju człowieka. Zmienia się w krótkim czasie możliwość przemieszczania od zupełnej niezdolności do wykonania świadomego ruchu, do całkowitej samodzielności w poruszaniu [15]. Wskazane czynniki stanowią ogromne wyzwanie dla skutecznej diagnostyki i programowania szeroko pojętego leczenia, w tym usprawniania neurorozwojowego. Ewentualne zaburzenia wariantowości są trudne do diagnozowania, ponieważ dynamika rozwoju psychoruchowego niemowlęcia sprawia, że wynik badania oraz rokowania w zakresie potencjału rozwojowego mogą ulegać zmianom z tygodnia na tydzień [15,41]. Dodatkowo diagnostyka w okresie noworodkowo-niemowlęcym jest wymagającym zadaniem, jako że współpraca i komunikacja ze strony pacjenta jest ograniczona [15].

Z danych Głównego Urzędu Statystycznego [36] wynika, że w 2020 roku w Polsce urodziło się 355,3 tysięcy dzieci. Odnotowuje się wzrost przedwczesnych urodzeń przed 37 tygodniem ciąży, z masą urodzeniową poniżej 2500g [12,37,73]. Dzięki rozwojowi opieki okołoporodowej przeżywalność noworodków z przedwczesnych porodów jest coraz wyższa.

W Polsce dzieci urodzone przedwcześnie stanowią około 7% wszystkich nowonarodzonych [73], co oznacza, że każdego roku przybywa ich około 25 tysięcy. Przyczyn przedwczesnych porodów upatruje się między innymi w rosnącej średniej wieku kobiet zachodzących w ciążę, wpływie zanieczyszczonego środowiska czy w rozwoju stosowania metod wspomaganego rozrodu [37,79,95]. Wzrasta również liczba porodów z ciąż mnogich [34,35]. Zarówno noworodki urodzone przedwcześnie, jak i z ciąż mnogich, to dzieci z grupy ryzyka zagrożone nieprawidłowym rozwojem [41].

Potrzeba wczesnej diagnostyki neurorozwojowej dzieci z grupy ryzyka jest oczywista. Praktyka kliniczna wskazuje na konieczność stosowania profilaktycznej diagnostyki również dzieci z niepowikłanym wywiadem ciążowo-porodowym. Wczesna diagnostyka rozwoju polega głównie na obserwowaniu i analizie aktywności spontanicznej niemowlęcia. Regularne monitorowanie osiągnięć rozwojowych niemowląt przyczynić się może do wczesnego wskazania dzieci z cechami nieprawidłowego rozwoju i kierowania ich na specjalistyczne badania diagnostyczne, a w razie potrzeby na leczenie lub terapię. Zmiany rozwojowe mózgu w pierwszym roku życia i plastyczność układu nerwowego stwarzają niepowtarzalne możliwości dla wczesnej interwencji [41,42]. Wczesne wykrycie nieprawidłowości w rozwoju psychoruchowym dziecka daje szansę na prawidłowy rozwój oraz osiągnięcie jak najlepszej jakości życia i funkcjonowania [15,41].

Badania w neonatologii koncentrują się na technikach neuroobrazowania mózgu, takich jak metoda rezonansu magnetycznego czy ultrasonografia [47,81]. Wczesne wykrywanie zaburzeń w funkcjonowaniu mózgu jest niezwykle ważne dla kontrolowania i łagodzenia ciężkości tychże stanów [64]. Z kolei do oceny prawidłowości rozwoju psychomotorycznego w zależności od wieku dziecka oraz celu badania stosuje się metody obiektywne wykorzystujące narzędzia pomiarowe, subiektywne metody wsparte wiedzą i doświadczeniem diagnosty oraz obecnie intensywnie rozwijające się metody komputerowo wspartej diagnostyki.

1.2. Obiektywne metody we wczesnej diagnostyce

Metody oceny rozwoju niemowlęcia powszechnie stosowane w praktykach lekarskich to siatki centylowe dotyczące masy i wysokości ciała oraz obwodu głowy i klatki piersiowej. W literaturze przedmiotu odnaleźć można wiele publikacji podejmujących próbę obiektywizacji wczesnej diagnostyki. Proponowane rozwiązania koncentrują się wokół wykorzystania odpowiednich urządzeń pomiarowych. W niektórych praktykach fizjoterapeutycznych zastosowanie znajduje narzędzie PodoBaby bazujące na metodzie

podoskopowej. PodoBaby służy do analizy płaszczyzny przylegania ciała niemowlęcia do powierzchni urządzenia rejestrującego, wykonanego z tworzywa sztucznego, co pozwala według autorów na ocenę asymetrii ułożeniowej [80]. W praktyce klinicznej taka formuła badania jest obciążona stresem dla niemowlęcia, ze względu na niekomfortowe wrażenia dotykowe.

Większość badaczy do oceny aktywności niemowląt wykorzystuje rejestrację ruchów spontanicznych za pomocą czujników rozmieszczonych w różnych punktach ciała. Najczęściej w badaniach wykorzystuje się akcelerometry służące do pomiaru prędkości i przyspieszenia ruchu w przestrzeni trójwymiarowej. Pomiar prędkości i przyspieszenia może dotyczyć kończyn górnych i/lub dolnych [32,33,52,67,68,78,94]. Obok akcelerometrów zastosowanie diagnostyczne znajdują również czujniki magnetyczne. Umożliwiają one odczytanie charakteru ruchu, czyli jego kierunku, obszaru, a także cech takich jak przewidywalność, złożoność i zmienność [71]. Zgodnie z literaturą, akcelerometry i czujniki magnetyczne zapewniają dokładność oceny w czasie rzeczywistym, jednak brakuje im możliwości przetwarzania uzyskanych danych [13,32].

Zaletą stosowania powyższych urządzeń pomiarowych jest ich mierzalna ocena ruchu oraz niezależność od subiektywnych umiejętności obserwatora. Ograniczeniem natomiast jest fakt, iż montaż akcelerometrów lub czujników magnetycznych na ciele dziecka może modyfikować układ posturalny niemowlęcia i wywierać niekorzystny wpływ na jakość wykonywanych przez niego ruchów [53]. Ponadto wykorzystywana do badań specjalistyczna aparatura nie jest powszechnie dostępna, wymaga odpowiednich warunków lokalowych oraz obsługi przez wyszkolony personel.

1.3. Subiektywne metody we wczesnej diagnostyce

Ze względu na utrudniony dostęp do wyżej opisanych obiektywnych metod oceny aktywności spontanicznej w wieku noworodkowo-niemowlęcym, w praktyce klinicznej wykorzystuje się głównie metody subiektywne w formie różnego rodzaju skal i testów diagnostycznych. Bazują one na obserwacji ruchliwości spontanicznej dziecka oraz ocenie odpowiedzi ruchowych na wywołane przez diagnostę próby testowe. Na bezpośredni wybór skali lub testu wpływa przede wszystkim wiek dziecka i kompetencje osoby badającej.

W warunkach oddziału porodowego pierwszą skalą wykorzystywaną do oceny stanu noworodka bezpośrednio po urodzeniu jest skala Apgar. Stosowana jest do oceny noworodka w 1, 3, 5 i 10 minucie życia. Ocenianych jest pięć podstawowych parametrów: zabarwienie skóry, czynność akcji serca, odruchy jako reakcje na bodźce, napięcie mięśni i oddychanie.

Za każdy z tych elementów noworodek może otrzymać 2 pkt, 1 pkt lub 0 pkt, przy czym wynik 2 pkt oznacza stan prawidłowy. Wynik w skali Apgar w przedziale od 7 do 10 pkt uznaje się za prawidłowy, wynik od 4 do 6 pkt jako umiarkowanie nieprawidłowy, a wynik od 0 do 3 pkt jako niski [3]. Niska punktacja w 5 minucie życia może świadczyć o późniejszych problemach neurologicznych lub prawdopodobieństwie pojawienia się innych łagodnych zaburzeń podczas dalszego rozwoju [4].

W praktyce klinicznej wykorzystuje się również między innymi: ocenę globalnych wzorców ruchowych metodą Prechtla [28], diagnostykę neurokinezyjologiczną Wojty [84], Skalę Dubowitz [21], Alberta Infant Motor Scale [51], Test of Infant Motor Performance [65], Harris Infant Neuromotor Test [44] czy też Monachijską Funkcjonalną Diagnostykę Rozwojową [45]. Wymienione skale i testy diagnostyczne są użyteczne w ocenie aktywności spontanicznej, jak i odruchowej, jednakże bazują na umiejętnościach oraz percepcji terapeuty, co sprawia, że uzyskane wyniki są trudne do zmierzenia i porównania [69].

Wszystkie testy stosowane do oceny dziecka powinny charakteryzować się jak najwyższymi parametrami opisującymi efektywność. Wśród wymienionych metod subiektywnych, jedną z najbardziej skutecznych w wykrywaniu zaburzeń neurorozwojowych jest metoda Prechtla, której czułość i swoistość w przewidywaniu mózgowego porażenia dziecięcego wynosi odpowiednio 98% i 91% [7,56,64].

1.4. Diagnostyka metodą Prechtla

W latach 90-tych ubiegłego stulecia austriacki neurolog Heinz Prechtel stworzył nowatorską drogę w badaniu spontanicznych, wolnych od bodźców zewnętrznych ruchów noworodków i niemowląt [9,72]. Wykazał, że to jakość ruchu, a nie ilościowa różnica we wzorcach ruchowych wskazuje na neurologiczne dysfunkcje [29]. Był to punkt wyjścia do opracowania metody, która stała się znana w 1997 roku wraz z pierwszą w tej tematyce publikacją autorstwa Prechtla i wsp. [74]. Dzięki metodzie Prechtla uwaga badaczy i klinicystów przesunęła się z wyłącznego testowania odruchów, w kierunku oceny ruchów spontanicznych.

Metoda ta stanowi obecnie cenione narzędzie stosowane w diagnostyce w celu wykrywania dysfunkcji ośrodkowego układu nerwowego we wczesnym okresie życia oraz ułatwia identyfikację niemowląt narażonych na ryzyko niedoboru neuromotorycznego [63,64]. Jest to metoda bezpieczna i przyjazna dla dziecka, w związku z tym znajduje zastosowanie w warunkach szpitalnych, nawet na oddziałach intensywnej terapii [31,76]. Diagnostyka z wykorzystaniem metody Prechtla powinna być wykonywana przez terapeutów, którzy odbyli

odpowiednie, specjalistyczne szkolenie. Jest to jeden z powodów, dla których metoda ta nie jest jeszcze powszechnie stosowana w codziennej praktyce fizjoterapeutycznej czy lekarskiej [28]. Wprowadzenie diagnostyki Prechtla do codziennej rutyny klinicznej mogłoby się przyczynić do wcześniejszej identyfikacji zaburzeń neurorozwojowych [70].

Metoda Prechtla polega na ocenie ruchów globalnych (general movements; GMs). GMs wchodzi w skład aktywności spontanicznej noworodków i niemowląt. Generowane są przez sieć neuronową, która prawdopodobnie mieści się w pniu mózgu i pełni rolę centralnego generatora wzorców ruchu [22,24]. Ocena ruchów globalnych odbywa się najczęściej na podstawie nagrań video ruchliwości spontanicznej niemowlęcia. Zgodnie z metodyką nagrywanie odbywa się w pozycji supinacyjnej, z odsłoniętymi kończynami górnymi i dolnymi przez około 5-10 minut, przy czym dla doświadczonego diagnosty wystarczająca jest obserwacja trwająca od 1 do 3 minut w stanie aktywnego czuwania niemowlęcia [28,74].

Ruchy globalne są możliwe do zaobserwowania w aktywności spontanicznej już od 9 tygodnia życia płodowego [28]. Prawidłowe GMs to ruchy obejmujące całe ciało, charakteryzujące się różnorodną aktywnością kończyn górnych i dolnych oraz tułowia. Stopniowo przybierają i słabną w odniesieniu do intensywności, siły i prędkości. Cechuje je zmienna sekwencja ruchów prostowania i zginania kończyn z elementami rotacji. Komponenty te czynią ruch płynnym, dając wrażenie kompleksowości [26]. Po narodzinach dziecka, GMs reprezentują najbardziej złożony rodzaj aktywności spontanicznej w okresie noworodkowym [40,75].

Od dnia narodzin, aż do wieku około 6/9 tygodnia życia, prawidłowe GMs nazywane są ruchami writhing (writhing movements; WMs). Charakteryzują się amplitudą ruchu od małej do średniej i prędkością od wolnej do umiarkowanej. Sporadycznie można zaobserwować szybkie i obszerne ruchy prostowania zarówno w kończynach górnych, jak i dolnych. WMs wyróżnia eliptyczny kształt ruchu, co tworzy wrażenie ruchu wijącego [26,28]. Powyżej opisane ruchy writhing są charakterystyczne dla rozwoju prawidłowego. Noworodki i niemowlęta, które rozwijają się prawidłowo, cechują się różnorodnością wzorców ruchowych, podczas gdy wzorce nieprawidłowe mają stereotypową jakość.

Dokonując oceny według metody Prechtla obserwuje się dziecko globalnie, stosując wizualną percepcję Gestalt, interpretując cały wzorzec ruchu niemowlęcia jednocześnie, bez podkreślania ruchów izolowanych części ciała [96]. W pierwszym kroku ocena ruchów dziecka powinna koncentrować się na identyfikacji, czy obserwowane ruchy są prawidłowe czy nieprawidłowe. W drugim kroku, w przypadku stwierdzenia ruchów nieprawidłowych, na określeniu ich rodzaju [26,74].

Nieprawidłowe ruchy globalne obserwowane w przedziale od dnia urodzenia do 6/9 tygodnia życia to: ubogi repertuar (poor repertoire; PR), ruchy chaotyczne (chaotic; Ch) oraz zsynchronizowany skurcz (cramped-synchronized; CS). Ubogi repertuar charakteryzują takie sekwencje ruchowe, gdzie ruchy poszczególnych części ciała nie wykazują odpowiedniej złożoności, jak również zmniejszone jest zróżnicowanie prędkości i amplitudy ruchu [25,28,50]. Ruchy chaotyczne to ruchy wszystkich kończyn o dużej amplitudzie, nieskoordynowane i pojawiające się nagle [28,74]. Występują rzadko i stanowią zazwyczaj początek wystąpienia zsynchronizowanego skurczu [27]. CS to ruchy rwane i pozbawione płynności. Charakteryzują się jednoczesnym kurczeniem i rozluźnianiem wszystkich mięśni kończyn i tułowia [28,74]. Jeśli CS obserwowane są u niemowlęcia przez kilka tygodni, mają wysoką wartość predykcyjną w kierunku rozwinięcia się zaburzeń neurorozwojowych, w tym mózgowego porażenia dziecięcego [30,64,75].

Jednym z kluczowych parametrów jakościowej oceny GMs jest zmienność czasowa [43]. Pomiędzy 6 a 9 tygodniem życia w rozwoju prawidłowym ruchy writhing stopniowo zanikają. Pojawiają się natomiast ruchy o nazwie fidgety (fidgety movements; FMs), które najczęściej trwają do 15, a nawet 20 tygodnia życia. Obecność FMs wskazuje z dużym prawdopodobieństwem na prawidłowy rozwój neurologiczny, podczas gdy ich brak jest wysoce czułym wskaźnikiem późniejszych zaburzeń neurorozwojowych [7,22,28,56].

Kliniczna wartość metody Prechtl'a jest uznana w świecie. W chwili obecnej można wskazać na potrzebę rozwoju uzupełniających ścieżek technologicznych, aby zwiększyć skalę wykorzystania tego cennego narzędzia, w którym nowoczesna komputeryzacja będzie odgrywać istotną, wspomagającą rolę. W różnych pracach badawczych równolegle wykorzystuje się metodę Prechtl'a wraz z szeroko pojętą komputerową analizą obrazu [90,92,48].

1.5. Komputerowe wspomaganie diagnostyki

Komputerowa analiza ruchu niemowląt jest dziedziną intensywnie rozwijającą się w ostatniej dekadzie. Różne zespoły badawcze na całym świecie dokonują prób komputerowego wykrycia nieprawidłowości. Punktem odniesienia do przeprowadzanych badań jest najczęściej diagnostyka metodą Prechtl'a, ze względu na łatwość wykonania i brak konieczności bezpośredniej interakcji osoby przeprowadzającej badanie z dzieckiem [90,92,48].

Zaawansowana technologia umożliwia zautomatyzowaną analizę spontanicznych ruchów niemowlęcia. Innowacyjne rozwiązania techniczne, w tym narzędzia informatyczne,

wspomagają diagnostę zarówno w zakresie ilości uzyskiwanych danych, jak i możliwości ich przetwarzania, porównywania i prognoz. Tak zobjektywizowane informacje na temat ruchu nie są możliwe do uchwycenia wyłącznie podczas obserwacji z wykorzystaniem percepcji wzrokowej. Ze względu na rosnące możliwości komputerowego przetwarzania danych, obecnie proponowane są nowoczesne rozwiązania służące wykrywaniu, śledzeniu i klasyfikacji ruchów spontanicznych w oparciu o widzenie komputerowe [18,48].

W ostatnich latach w badaniach wykorzystuje się metody technologicznego rejestrowania i analizowania ruchów niemowląt poprzez zastosowanie kamer 2D, 3D w połączeniu z metodami uczenia maszynowego (machine learning), uczenia głębokiego (deep learning) czy estymacji pozy (OpenPose) [9,10,11,32,46,48,58,60,61,82,83,87,91,92]. Najnowsze postępy w rozwoju powyższych metod umożliwiły rozwój algorytmów automatycznej klasyfikacji ruchów przy wykorzystaniu metody Prechtla [20,39,50,87]. Wydaje się dobrym kierunkiem, że obecnie badacze zajmujący się komputerowo wspartą diagnostyką niemowląt nie koncentrują się wyłącznie na identyfikacji mózgowego porażenia dziecięcego. Podejmowane są też próby klasyfikacji ruchów prawidłowych, jako bazy do rozróżnienia i detekcji nawet niewielkich nieprawidłowości, które mogą świadczyć o wczesnej dezintegracji rozwijającego się układu nerwowego [20,87].

1.6. Multimodalna Analiza Ruchów Spontanicznych-MARS

Wychodząc naprzeciw potrzebie udoskonalania metod we wczesnej diagnostyce i dynamicznemu rozwojowi komputerowo wspomaganey diagnostyki, zaproponowano w niniejszej pracy wielokierunkową i funkcjonalną obserwację noworodków z prawidłowym wywiadem ciążywo-porodowym przy wykorzystaniu autorskiego narzędzia pod roboczą nazwą Multimodalnej Analizy Ruchów Spontanicznych-MARS, jako część większego projektu badawczego OSESEC (Objective System of Evaluation and Support in Early Childhood). Ze względu na złożoność projektu i konieczność posiadania interdyscyplinarnej wiedzy z zakresu medycyny oraz inżynierii biomedycznej, zespół badawczy składał się z fizjoterapeutów, w tym autorki rozprawy, inżynierów, lekarza pediatri-neonatologa oraz pielęgniarek. Zadania projektowe realizowane były w Instytucie Fizjoterapii i Nauk o Zdrowiu Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach oraz na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Fizjoterapeuci uczestniczący w projekcie posiadali wieloletnie doświadczenie w terapii neurorozwojowej niemowląt oraz uprawnienia w zakresie diagnostyki według metody Prechtla. Zespół inżynierów miał doświadczenie

w zakresie metod przetwarzania obrazu, mechatroniki oraz analiz informatycznych, matematycznych i statystycznych.

Zaproponowana przez wyżej wymieniony zespół [18,19,20] komputerowa analiza obrazu daje możliwość obserwacji noworodka przy wykorzystaniu elementów optycznych, statystycznych, informatycznych, matematycznych i inżynierii biomedycznej. Zapis parametrów ruchu wraz z utworzoną bazą danych stanowi podstawę do oceny ilościowej aktywności spontanicznej dziecka. Analizowana jest prędkość ruchu, jego przyspieszenie oraz parametry opisujące kierunek i trajektorię ruchu. W zaproponowanej multimodalnej analizie występują równocześnie komplementarne składniki, a ich łączne zastosowanie daje szansę obiektywizacji we wczesnej diagnostyce, aby całościowo i na wiele sposobów ocenić aktywność spontaniczną badanego dziecka [57].

Podsumowując, zastosowanie narzędzia MARS otwiera możliwość nieinwazyjnego i przyjaznego sposobu oceny ruchów dziecka w najwcześniejszym okresie życia, co wymiennie przyczyni się do optymalizacji trudności diagnostycznych. Wykorzystanie rejestracji video, a następnie omówienie i zinterpretowanie obrazu jest spójne z diagnostyką metodą Prechtla. Komputerowe przetworzenie obrazu przy zastosowaniu Multimodalnej Analizy Ruchów Spontanicznych umożliwi próbę obiektywizacji oceny ruchów, poprzez wprowadzenie ilościowych wskaźników czasowo-przestrzennych i uzyskanie cyfrowego zapisu ruchu ciała w przestrzeni. W momencie badania funkcjonalnego obiektywizacja zapisu ruchów pozwoli zebrać informacje konieczne do ich porównania w kolejnych etapach diagnostyki, w celu prawidłowego programowania, modyfikowania i prognozowania procesu leczenia [18,19,20].

2. Cel pracy

Celem pracy jest próba oceny ruchów spontanicznych noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia na podstawie analizy matematyczno-informatycznej nagrań video z wykorzystaniem multimodalnej analizy ruchów.

Pytania badawcze:

- jaka jest ruchliwość spontaniczna noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w obrazie video w aspekcie prędkości, przyśpieszenia, kierunków i trajektorii?
- czy można dostrzec różnice w symetrii w ruchliwości spontanicznej noworodków?
- czy istnieje różnica pomiędzy ruchami spontanicznymi noworodków płci żeńskiej i męskiej?
- czy można wyodrębnić zależności pomiędzy ruchami spontanicznymi dziecka w odniesieniu do informacji zebranych w wywiadzie ciążowo-porodowym?
- czy istnieje zależność pomiędzy oceną ruchów spontanicznych wykonaną metodą Prechtla a Multimodalną Analizą Ruchów Spontanicznych (MARS)?
- czy komputerowa analiza video noworodka jest szansą na wspomaganie diagnostyki i obiektywizację dokumentacji medycznej w zakresie ruchliwości spontanicznej?

3. Materiał i metody badawcze

Badania zostały pozytywnie zaopiniowane przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach (Uchwała Nr 5/2018 z dnia 19 kwietnia 2018r.) oraz były zgodne z postanowieniami nowelizacji Deklaracji Helsińskiej z 2013 roku. Objęte były Ubezpieczeniem Odpowiedzialności Cywilnej Compensa Polisa typ 1306 nr 001042291.

Rodzice/opiekunowie prawni uczestników badania wyrazili świadomą, pisemną zgodę na udział dziecka w badaniach. Obraz dziecka był wykorzystywany do celów obróbki badawczej, opartej na analizie aktywności spontanicznej noworodka.

Dane osobowe oraz wizerunek uczestników badania zostały zgromadzone i przetworzone w bazie zgodnej z RODO. Wszystkie uzyskane w badaniach informacje są przechowywane w systemie umożliwiającym ich zabezpieczenie, zgodnie z przepisami obowiązującego prawa.

3.1. Materiał-uczestnicy badania

Do badań zakwalifikowano 125 noworodków spełniających następujące kryteria włączenia:

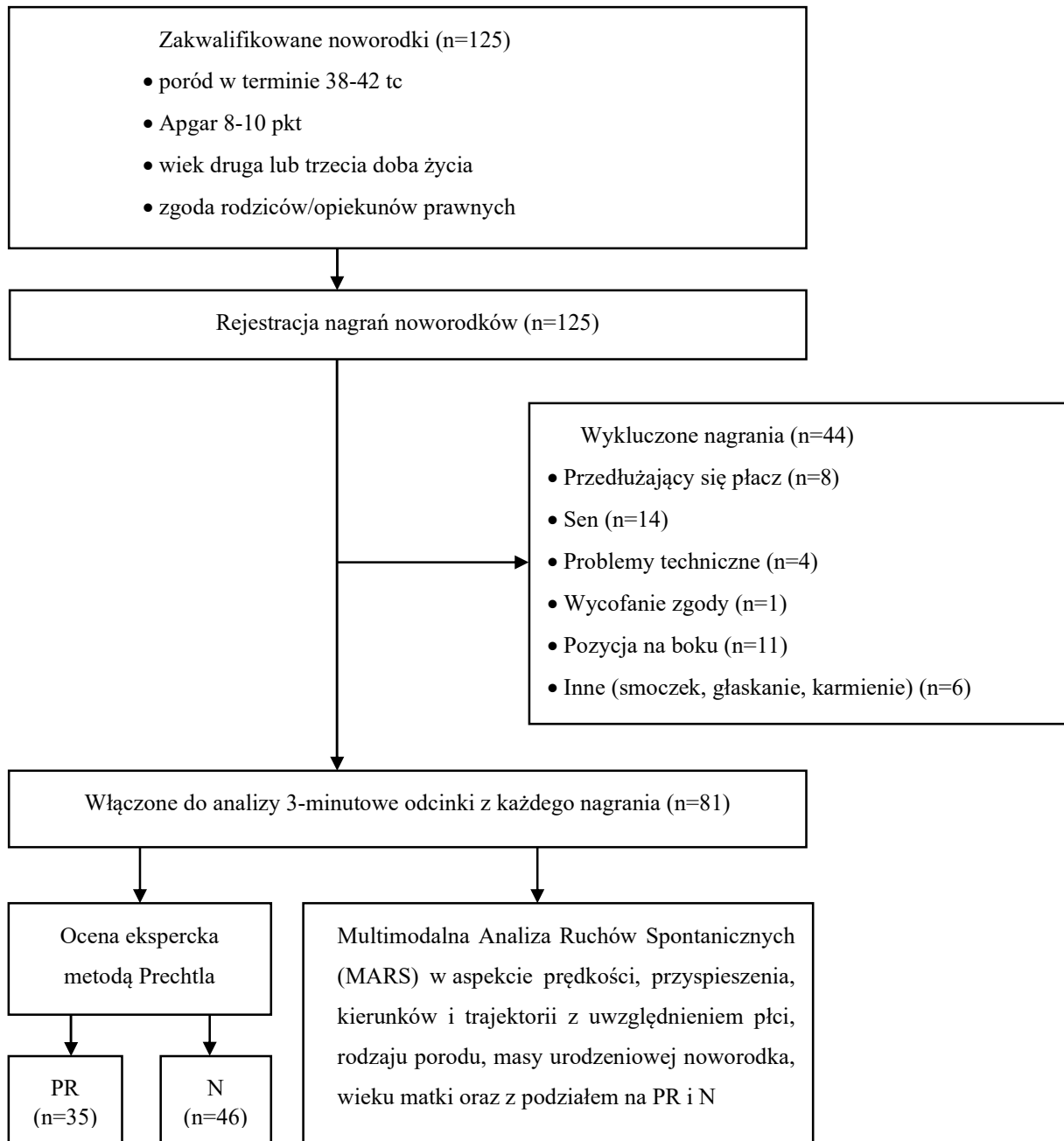
- noworodki donoszone, urodzone pomiędzy 38-42 tygodniem ciąży,
- noworodki, które po porodzie otrzymały co najmniej 8 pkt w skali Apgar,
- noworodki w drugiej lub trzeciej dobie życia,
- noworodki, których rodzice/opiekunowie prawni wyrazili zgodę na badanie.

Według wskazań WHO-Światowej Organizacji Zdrowia noworodki donoszone to również te urodzone między 37 a 38 tygodniem ciąży [62]. W związku z tym postanowiono dodatkowo do badań włączyć 4 noworodki urodzone w 37 tygodniu ciąży, ocenione przez ordynatora jako donoszone.

Kryteria wyłączenia z badań były następujące:

- stan zdrowotny noworodka uniemożliwiający przeprowadzenie badania,
- zbyt krótkie okresy czuwania noworodka,
- przedłużający się płacz noworodka,
- pozycja leżenia na boku,
- wycofanie zgody rodzica/opiekuna prawnego,
- problemy techniczne,
- inne (np.: smoczek, głaskanie, karmienie).

Na rycinie 1 zaprezentowano diagram zawierający kryteria włączenia i wyłączenia, a także procedurę oceny noworodków na podstawie metody Prechtl'a oraz Multimodalnej Analizy Ruchów Spontanicznych.



Rycina 1. Diagram zawierający kryteria włączenia do badań i wyłączenia z dalszej analizy oraz podział noworodków na podstawie oceny ruchów spontanicznych metodą Prechtl'a i narzędziem MARS (n-liczba obserwacji, PR-poor repertoire, N-norma, tc-tydzień ciąży, pkt-punkty)

Ostatecznie grupę badawczą stanowiło 81 noworodków, w tym 43 (53%) płci żeńskiej i 38 (47%) płci męskiej, w drugiej lub trzeciej dobie życia. Średnia masa urodzeniowa wynosiła 3435g (± 450), a zakres mieścił się w przedziale 2300g-4380g. Wszystkie dzieci urodziły się z ciąży pojedynczej pomiędzy 37-42 tygodniem ciąży, w tym 60 (74,07%) siłami natury, a 21 (25,93%) przez cesarskie cięcie. Po porodzie noworodki zostały ocenione skalą Apgar i uzyskały następującą punktację: 10pkt w 77 (95,06%) przypadkach, 9 pkt w 3 (3,70%) przypadkach i 8 pkt w 1 (1,24%) przypadku. Dodatkowo dla celów tej pracy noworodki zostały poddane diagnostyce metodą Prechtl'a. W 46 (56,79%) przypadkach noworodków oceniono jako norma, gdzie stwierdzono obecność ruchów writhing, a ubogi repertuar (poor repertoire; PR) w 35 (43,21%) przypadkach. Podano również wiek matek noworodków, najmłodsza miała 20 lat, a najstarsza 42 lata, przy czym średnia wieku matek to $30,3 \pm 4,78$. Dokładną charakterystykę uczestników badania przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka grupy badawczej z podziałem na płeć (k-płeć żeńska, m-płeć męska) z uwzględnieniem masy urodzeniowej w gramach (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-wartość minimalna, max-wartość maksymalna, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny), punktacji w skali Apgar, tygodnia ciąży, w którym nastąpił poród, wieku noworodka w dobach, rodzaju porodu (SN-siłami natury, CC-cesarskie cięcie), wieku matki w latach oraz oceny wg metody Prechtl'a (N-norma, PR-poor repertoire)

Ilość	Cała grupa n=81	k n=43	m n=38
Masa urodzeniowa (gramy)			
Średnia \pm SD	3435 \pm 450	3366 \pm 514	3513 \pm 356
Min-Max	2300-4380	2300-4380	2780-4200
Mediana	3400	3300	3565
Q25-Q75	3160-3790	3020-3770	3200-3795
Apgar (punkty)			
8	1 (1,24%)	0 (0,00%)	1 (2,63%)
9	3 (3,70%)	1 (2,33%)	2 (5,26%)
10	77 (95,06%)	42 (97,67%)	35 (92,11%)
Tydzień ciąży			
37	4 (4,94%)	2 (4,65%)	2 (5,26%)
38	17 (20,99%)	10 (23,26%)	7 (18,42%)
39	21 (25,93%)	9 (20,93%)	12 (31,58%)
40	22 (27,16%)	10 (23,26%)	12 (31,58%)
41	16 (19,75%)	11 (25,58%)	5 (13,16%)
42	1 (1,23%)	1 (2,32%)	0 (0,00%)
Wiek noworodka (doby życia)			
2	53 (65,43%)	29 (67,44%)	24 (63,16%)
3	28 (34,57%)	14 (32,56%)	14 (36,84%)
Rodzaj porodu			
SN	60 (74,07%)	31 (72,09%)	29 (76,32%)
CC	21 (25,93%)	12 (27,91%)	9 (23,68%)
Wiek matki (lata)			
Średnia \pm SD	30,3 \pm 4,78	30,42 \pm 4,87	30,16 \pm 4,77
Min-Max	20-42	21-42	20-40
Mediana	30	30	30
Q25-Q75	27-33	27-33,5	27-33
Ocena wg Prechtl'a			
N	46 (56,79%)	26 (60,47%)	20 (52,63%)
PR	35 (43,21%)	17 (39,53%)	18 (47,37%)

3.2. Opis badania

Badanie noworodków odbyło się w Piekarskim Centrum Medycznym na oddziale noworodkowym w Piekarach Śląskich przy ulicy Szpitalnej 11, po uzyskaniu zgody ordynatora oddziału noworodkowego i przy obecności personelu medycznego. Nagrania noworodków rozpoczęto w styczniu 2019 roku, a zakończono w lutym 2020. Do udziału w badaniu zapraszani byli rodzice/opiekunowie prawni rodzających się na oddziale dzieci, które spełniały kryteria włączenia. Rodzice/opiekunowie prawni zostali poinformowani o celu badania i sposobie jego realizacji oraz możliwości rezygnacji z uczestnictwa na każdym etapie. Po wyrażeniu zgody na udział w badaniu rodzice/opiekunowie prawni otrzymywali broszurę informacyjną dotyczącą badań, a na dodatkowe pytania były im udzielane wyczerpujące odpowiedzi. Ponadto dla każdego noworodka wypełniano kwestionariusz w formie książeczki z danymi, uzupełnianymi na podstawie dokumentacji medycznej oraz wywiadu przeprowadzanego z rodzicami/opiekunami prawnymi (Załącznik nr 1).

Badania polegały na rejestracji video spontanicznych ruchów noworodków przy użyciu kamery Sony HDR-AS200V, umożliwiającej nagrywanie z rozdzielczością FullHD 1080 (1920×1080) na karcie pamięci SDXC o pojemności 64GB (Rycina 2.).



Rycina 2. Kamera używana do rejestracji nagrań noworodków

Noworodki zdrowe wypisywano z oddziału noworodkowego w Piekarach Śląskich w trzeciej dobie życia. Ustalono z ordynatorem oddziału noworodkowego, że badania w formie nagrań video będą wykonane w drugiej lub trzeciej dobie życia noworodka. Pierwsza doba życia dziecka została wyłączona z badań ze względu na procesy adaptacyjne i regulacyjne zachodzące u noworodka w związku z przyjściem na świat i rozpoczęciem samodzielnego życia.

Stanowisko pomiarowe używane do rejestracji nagrań noworodków przedstawiono na rycinie 3. Składało się z blatu o wymiarach 1 x 1 m oraz stelaża z zamontowanym systemem mocowania kamery, umieszczonej na wysokości 1 m nad powierzchnią blatu.



Rycina 3. Stanowisko pomiarowe używane do rejestracji nagrań noworodków

Łóżeczko szpitalne (jego górna część) wraz z noworodkiem było umieszczane na stanowisku pomiarowym, uwzględniając odpowiedni kierunek:

- niebieska taśma na blacie stanowiska oznaczała kierunek położenia głowy noworodka,
- różowa taśma na blacie stanowiska oznaczała kierunek położenia kończyn dolnych noworodka (Rycina 4.).



Rycina 4. Obraz widoczny podczas nagrywania z zachowaniem kierunku położenia noworodka (niebieska taśma-położenie głowy, różowa taśma-położenie kończyn dolnych) w łóżeczku na stanowisku pomiarowym

W trakcie rejestracji noworodek leżał w łóżeczku szpitalnym w pozycji supinacyjnej na stanowisku pomiarowym. Stanowisko było umieszczone w wyznaczonym miejscu na terenie oddziału noworodkowego przez cały okres badań. Noworodek był rozbierany do pieluchy i mógł leżeć bezpośrednio na materacu lub na swoim kocyku. Rogi kocyka były wywijane pod materac łóżeczka szpitalnego, w którym dziecko leżało tak, aby nic nie ograniczało jego ruchów. Podczas badania noworodek znajdował się pod nadzorem osoby badającej. Noworodek był nagrywany po przebudzeniu i po posiłku. Podczas rejestracji video dołożono wszelkich starań, aby dziecko nie płakało, nie ssało smoczka i nie było głaskane przez badacza czy rodzica/opiekuna prawnego.

Warunki takie jak temperatura, oświetlenie czy poziom hałasu w pokoju badań były zgodne z panującymi na oddziale noworodkowym. Badania były nieinwazyjne i nie niosły ze sobą żadnego rozpoznanego do tej pory ryzyka. W czasie rejestracji noworodek miał

zapewniony komfort fizyczny i psychiczny. Badania odbywały się z poszanowaniem godności oraz intymności badanego noworodka.

Ustalono, że czas nagrania potrzebny do analizy zgodnie z metodą Prechtla będzie wynosił 3 minuty niezakłóconej obserwacji noworodka w stanie aktywnego czuwania (oczy otwarte, brak płaczu-poziom 3 i 4 według klasyfikacji stanów zachowania noworodka Prechtla) [28,77]. Spodziewając się, że spełnienie powyższych warunków może być trudne w przypadku wybranej grupy badawczej zdecydowano, że nagranie będzie trwało dziesięć minut, aby potem wskazać odpowiedni 3-minutowy odcinek do dalszej analizy. Podczas niektórych nagrań widoczna była ingerencja badacza lub rodzica/opiekuna mająca na celu uspokojenie dziecka poprzez kołysanie, głaskanie, karmienie czy podanie smoczka. W przypadku wystąpienia przedłużającego się płaczu nagranie przerywano i, jeśli było to możliwe, powtarzano w późniejszym czasie. Z grupy 125 noworodków z powodu snu, płaczu, leżenia na boku, wycofania zgody na badanie, używania smoczka, głaskania, karmienia czy problemów technicznych, wykluczono 44 noworodki. Do dalszej analizy włączono 81 nagrań. Wskazano 3-minutowe odcinki niezakłóconej aktywności spontanicznej noworodków, które następnie oceniono zgodnie z metodą Prechtla oraz poddano ocenie MARS.

3.3. Metody badawcze

3.3.1. Metoda Prechtla

Do jakościowej oceny aktywności spontanicznej noworodków wykorzystano metodę Prechtla. W skład zespołu badawczego wchodziło 5 fizjoterapeutów doświadczonych w diagnostyce metodą Prechtla, w tym autorka rozprawy. Każdy wyznaczony 3-minutowy fragment z 81 nagrań noworodków został niezależnie oceniony przez 3 z 5 fizjoterapeutów, którym losowo przydzielano kolejne filmy. Każdy fizjoterapeuta samodzielnie dokonywał analizy nagrania i oceniał ruchy spontaniczne noworodka pod kątem obecności ruchów writhing lub ubogiego repertuaru. W żadnym z nagrań nie zaobserwowano ruchów chaotycznych czy zsynchronizowanego skurczu. W przypadku pojedynczych różnic zdań w ocenie nagrania, film analizowany był ponownie i oceniany wspólnie przez tych samych 3 ekspertów. Finalnie podejmowano jednomyślną ocenę. Ostatecznie uczestnicy badania zostali podzieleni na dwie grupy:

- PR (poor repertoire) (n=35), gdzie stwierdzono ubogi repertuar,
- N (norma) (n=46), gdzie stwierdzono obecność ruchów writhing (Rycina 1.).

W następnym etapie ocenione przez fizjoterapeutów nagrania z grupy PR i N zostały poddane analizie matematyczno-informatycznej obrazu przy wykorzystaniu MARS.

3.3.2. Multimodalna Analiza Ruchów Spontanicznych

Wskazane odcinki nagrań zostały poddane multimodalnej analizie ruchów spontanicznych-MARS przez zaangażowany w projekt zespół inżynierów z Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

W analizie matematyczno-informatycznej wykorzystano dotychczasowe prace zespołu [18,19,20]. Obliczono prędkość i przyspieszenie dla kończyn górnych i dolnych oraz podjęto próbę uzyskania ilościowego opisu zakresu ruchu, jego położenia oraz ukierunkowania poprzez parametry elipsy opisanej na trajektorii wskazanego 3-minutowego fragmentu każdego filmu.

Na początku zebrane nagrania poddano procedurze usunięcia zniekształceń wynikających z charakteru układu optycznego kamery w oparciu o wyniki kalibracji z wykorzystaniem wzorca szachownicy. Następnie z każdego nagrania wykadrowany został obszar zawierający łóżeczko szpitalne z noworodkiem. W badaniu uwzględniono ruch niemowlęcia w płaszczyźnie czołowej. Uzyskane 3-minutowe odcinki stanowiły dane wejściowe dla algorytmu automatycznej detekcji punktów przy wykorzystaniu oprogramowania OpenPose [10,85]. W efekcie uzyskano lokalizację charakterystycznych punktów odpowiadających położeniu stawów kończyn górnych i dolnych. Lokalizacje punktów poddano dodatkowemu przetwarzaniu, mającemu na celu zredukowanie wpływu ewentualnej nieprawidłowej detekcji i filtracji szumów przez użycie filtru Savitzky-Golay (Rycina 5.) [86].



Rycina 5. Wizualizacja charakterystycznych punktów na ciele noworodka z wykorzystaniem oprogramowania OpenPose

Dodatkowo zastosowano przetwarzanie mające na celu zredukowanie wpływu ułożenia dziecka względem kamery oraz zmiany jego położenia w trakcie nagrania. Przetwarzanie to polegało na przesunięciu i rotacji uzyskanych lokalizacji punktów w taki sposób, aby punkt określający położenie szyi pozostał nieruchomy. W ten sposób oś ciała, rozumiana jako linia łącząca wyznaczony środek szyi i środek linii łączącej stawy biodrowe, była ustawiona równoległe do osi obrazu przez cały czas nagrania [58].

W następnym etapie na podstawie lokalizacji poszczególnych punktów ciała noworodka wyznaczono dwie grupy numerycznych wartości wskaźników ruchu dla nadgarstków i kostek.

Pierwszą grupę numerycznych wskaźników ruchu tworzą wielkości kinematyczne, takie jak prędkość i przyspieszenie, wyrażone odpowiednio w mm/s oraz mm/s^2 . Szacowanie rzeczywistych wartości prędkości i przyspieszeń wymagało określenia rzeczywistego rozmiaru piksela na nagraniu, w odległości odpowiadającej położeniu noworodka. W tym celu

wykorzystano rzeczywisty wymiar łóżeczka szpitalnego, w którym leżało dziecko. Wyznaczono przebieg prędkości i przyspieszenia w czasie dla lewego i prawego nadgarstka oraz kostek. Następnie wyliczone zostały miary statystyczne pozwalające na uzyskanie wartości charakteryzujących ruch w analizowanym 3-minutowym odcinku nagrania: wartość średnia, odchylenie standardowe, wartość minimalna, wartość maksymalna, mediana, pierwszy i trzeci kwartył oraz odchylenie ćwiartkowe.

Druga grupa numerycznych wskaźników ruchu to autorska propozycja zespołu [19]. Zaproponowane wskaźniki bazują na trajektorii ruchu powstałej z analizy położenia punktów na nadgarstkach i kostkach w wyznaczonym odcinku czasu. W celu dokonania parametryzacji trajektorii podjęto próbę dopasowania elipsy do współrzędnych lokalizacji punktów trajektorii zgodnie z podejściem zaproponowanym w badaniach zespołu [19,20]. Uśredniona pozycja koncentracji ruchu określa położenie środka elipsy. Położenie środka elipsy opisano za pomocą układu współrzędnych związanego z odpowiednim barkiem dla kończyn górnych i biodrem dla kończyn dolnych. Środek elipsy został wyznaczony poprzez obliczenie wartości średniej dla poszczególnych współrzędnych trajektorii punktu. W wyniku zastosowania opisanej metody otrzymano lokalizację środka elipsy oraz długość osi długiej i krótkiej.

Ze względu na prowadzenie analizy w dziedzinie obrazu, uzyskane parametry wyrażone zostały w pikselach. Uniezależnienie wyników od rozdzielczości obrazu uzyskano poprzez opracowanie procedury normalizacji względem numerycznie wyznaczonej długości analizowanej kończyny na obrazie. Długość kończyn noworodków w domenie obrazu była automatycznie szacowana dla każdej klatki. Poprawne działanie zaproponowanej metody wyznaczenia długości kończyny na podstawie klatek nagrania wymagało, aby w dowolnym momencie analizowanego fragmentu kończyna była ustawiona równolegle do płaszczyzny obrazu. Potwierdzono spełnienie tego warunku poprzez ręczną weryfikację otrzymanych wyników.

Uzyskane wartości parametrów elipsy pozwoliły na zaproponowanie następujących autorskich, bezwymiarowych, względnych wskaźników numerycznych opisujących zakres, lokalizację i charakter ruchu:

A. FMS (Factor of movement's shape) współczynnik kształtu ruchu - jest to iloraz długości osi krótkiej elipsy do długości osi długiej. Wartości FMS mieszczą się w przedziale od 0 do 1. FMS określa kształt powierzchni, w której odbywa się ruch i pozwala na opisanie jego globalnego charakteru. Wyodrębniono dwa rodzaje kształtu powierzchni ruchu: koło i elipsę. Wartości bliższe 1 oznaczają kształt zbliżony do koła, natomiast wynik bliższy 0 oznacza, że kształt ruchu jest bardziej eliptyczny (wydłużony) (Rycina 6A. i 7A.).

- B. FMA** (Factor of movement's area) współczynnik pola ruchu - jest to iloraz powierzchni elipsy opisanej na trajektorii do powierzchni koła o promieniu równym długości analizowanej kończyny (odległość między barkiem a nadgarstkiem dla kończyny górnej oraz biodrem a kostką dla kończyny dolnej), zdefiniowanego jako maksymalny zakres ruchu kończyny. Wartości FMA mieszczą się w zakresie od 0 do 1. Im wartość jest bliższa 1, tym większy jest zakres ruchu dla danej kończyny (Rycina 6B. i 7B.).
- C. CMA** (Center of movement's area) środek pola ruchu - określa położenie środka elipsy opisanej na trajektorii w układzie współrzędnych, związanym z odpowiednim barkiem dla kończyny górnej i biodrem w przypadku kończyny dolnej. Wartości współczynnika CMA mieszczą się w zakresie od -1 do 1. Wartość bezwzględna 1 oznacza długość kończyny górnej (od osi barku do nadgarstka) lub dolnej (od osi biodra do kostki), w zależności od układu współrzędnych. Współczynnik CMA zawiera dwie składowe określające położenie względem barku lub biodra: poziomą (CMA-h) oraz pionową (CMA-v) (Rycina 6C. i 7C.).
- CMA-h** - (CMA-horizontal) określa kierunek ruchu w poziomie. Im wartość bliższa 1, tym ruchy kończyn można określić, jako ruchy „od siebie”. Natomiast im wartość bliższa -1, tym ruchy kończyn można określić, jako ruchy „do siebie”.
- CMA-v** - (CMA-vertical) określa kierunek ruchu w pionie (górze-dół). Wartość 1 to maksymalna wartość uniesienia kończyny związana z jej prostowaniem ku górze (w kierunku dogłowowym), wartość -1 to maksymalne obniżenie kończyny związane z jej prostowaniem ku dołowi (w kierunku doogonowym).



A. FMS

B. FMA

C. CMA

Rycina 6. Wizualizacja FMA, FMA, CMA dla kończyny górnej:

- A. Wartość FMS uzyskano poprzez podzielenie długości osi krótkiej elipsy przez długość osi długiej.
- B. Wartość FMA uzyskano przez podzielenie pola elipsy opisującej trajektorię przez pole okręgu określającego maksymalny zakres ruchu kończyny górnej. Maksymalny zakres ruchu dla kończyny górnej (niebieskie koło) oraz elipsa opisana na przykładowej trajektorii (kolor pomarańczowy);
- C. Współczynnik CMA zawiera dwie składowe określające położenie względem barku – pionową (v) oraz poziomą (h). Wizualizacja położenia środka elipsy w układzie współrzędnych związanym z położeniem barku znormalizowanym względem długości kończyny górnej.



A. FMS

B. FMA

C. CMA

Rycina 7. Wizualizacja FMA, FMS, CMA dla kończyny dolnej:

- A. Wartość FMS uzyskano poprzez podzielenie długości osi krótkiej elipsy przez długość osi długiej;
- B. Wartość FMA uzyskano przez podzielenie pola elipsy opisującej trajektorię przez pole okręgu określającego maksymalny zakres ruchu kończyny dolnej. Maksymalny zakres ruchu dla kończyny dolnej (niebieskie koło) oraz elipsa opisana na przykładowej trajektorii (kolor pomarańczowy);
- C. Współczynnik CMA zawiera dwie składowe określające położenie względem biodra – pionową (v) oraz poziomą (h). Wizualizacja położenia środka elipsy w układzie współrzędnych związanym z położeniem biodra znormalizowanym względem długości kończyny dolnej.

3.3.3. Metody statystyczne

Analiza statystyczna została przeprowadzona z wykorzystaniem języka R ver. 4.1.2 w środowisku RStudio. W przeprowadzonych analizach przyjęto poziom istotności statystycznej 0,05 i stosowano testy dwustronne.

Dla zmiennych ciągłych w statystykach opisowych podawano liczbę obserwacji, średnią z odchyleniem standardowym (SD), medianę (Me) z wartością kwantyli rzędu 25% (Q25) i 75% (Q75) oraz zakres minimum-maksimum (min-max). W przypadku zmiennych nominalnych podawano liczbę i odsetek wystąpień danej kategorii. By zobrazować rozkład wartości parametrów oceny ruchliwości noworodków w badanej grupie, przedstawiono wartości percentyli rzędu 3%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 97% dla poszczególnych parametrów określających ruchliwość.

W porównaniach rozkładu wartości parametrów określających ruchliwość pomiędzy podgrupami ze względu na płeć, rodzaj porodu (siłami natury lub cięcie cesarskie) i ocenę w skali Prechtla (PR lub N) zastosowano test U Manna-Whitney'a. W przypadku porównywania zmiennych rozkładu wartości pomiędzy wynikami dla lewej i prawej kończyny stosowano test Wilcoxa. Dodatkowo normalność rozkładu zmiennych ciągłych testowano z wykorzystaniem testu Shapiro-Wilka (*rozkład zbliżony do normalnego, **rozkład odmienny od normalnego). W wybranych przypadkach rozkład wartości parametrów określających ruchliwość w podgrupach przedstawiono z wykorzystaniem wykresów pudełkowych, na których poziomą, grubą linią oznaczono wartość mediany, dolna i górna krawędź pudełka odpowiadają odpowiednio wartościom kwantyla 25% i 75%, a dolna i górna granica wąsów odpowiada wartości minimalnej i maksymalnej. Zależność pomiędzy wartościami parametrów określających ruchliwość spontaniczną, a wiekiem matki oraz masą urodzeniową noworodka oceniano z wykorzystaniem korelacji rang Spearmana, raportowano współczynnik korelacji oraz p-wartość testu istotności.

4. Wyniki

4.1. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w aspekcie prędkości, przyspieszenia, kierunków i trajektorii

W analizie statystycznej ruchliwości spontanicznej noworodków zauważono zbliżone do siebie wartości wszystkich badanych parametrów między lewym i prawym nadgarstkiem oraz między lewą i prawą kostką. Wartości średniej prędkości były wyższe dla kostek w porównaniu do nadgarstków, natomiast średnie przyspieszenie było porównywalne pomiędzy nadgarstkami i kostkami. Wartości CMA-v dla kostek przyjmowały wyłącznie wartości ujemne, natomiast dla nadgarstków były dość symetrycznie rozłożone wokół wartości 0. Jednocześnie w badanej grupie wartości CMA-v były znacznie bardziej zróżnicowane dla nadgarstków niż dla kostek. W przypadku CMA-h było odwrotnie, parametr przyjmował wyłącznie wartości dodatnie dla nadgarstków, a dla kostek wartości były dość symetrycznie rozłożone wokół wartości 0. Obserwowane w badanej grupie zróżnicowanie wyników było znacznie wyższe dla kostek niż dla nadgarstków. Parametry FMA i FMS zarówno dla nadgarstków, jak i dla kostek osiągały bardzo podobne wartości (Tabela 2.).

Tabela 2. Charakterystyka ruchliwości spontanicznej nadgarstków i kostek noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w obrazie video w aspekcie prędkości (mm/s), przyspieszenia (mm/s²), FMS-współczynnik kształtu ruchu, FMA-współczynnik pola ruchu, CMA-v-środek pola ruchu w pionie, CMA-h-środek pola ruchu w poziomie (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny)

Parametr	Statystyka	lewy nadgarstek	prawy nadgarstek	lewa kostka	prawa kostka
Średnia prędkość	n	81**	81**	81**	81**
	średnia±SD	44,21±18,04	40,90±16,46	57,31±26,67	49,88±26,41
	min-max	16,36-108,64	15,20-92,25	17,23-181,55	20,15-209,64
	Me	42,21	37,79	54,18	45,16
	Q25-Q75	30,02-52,77	29,09-51,19	39,54-69,38	32,47-61,29
Średnie przyspieszenie	n	81**	81**	81**	81**
	średnia±SD	0,35±0,47	0,37±0,47	0,40±0,64	0,39±0,57
	min-max	0,00-2,67	-0,01-3,04	-0,29-3,93	-0,03-3,41
	Me	0,18	0,23	0,22	0,20
	Q25-Q75	0,09-0,37	0,07-0,44	0,09-0,41	0,10-0,42
FMS	n	81*	81*	81*	81*
	średnia±SD	0,62±0,15	0,68±0,16	0,64±0,15	0,63±0,15
	min-max	0,27-0,93	0,30-0,98	0,29-0,95	0,32-0,95
	Me	0,61	0,69	0,65	0,63
	Q25-Q75	0,51-0,73	0,61-0,79	0,53-0,75	0,51-0,74
FMA	n	81**	81**	81**	81**
	średnia±SD	0,08±0,08	0,08±0,07	0,07±0,05	0,08±0,05
	min-max	0,00-0,40	0,00-0,26	0,00-0,24	0,01-0,22
	Me	0,06	0,06	0,08	0,07
	Q25-Q75	0,03-0,12	0,03-0,13	0,03-0,10	0,03-0,11
CMA-v	n	81**	81**	81*	81**
	średnia±SD	0,01±0,20	0,00±0,22	-0,59±0,12	-0,63±0,12
	min-max	-0,64-0,50	-0,79-0,72	-0,90-(-0,40)	-1,00-(-0,39)
	Me	0,02	0,01	-0,58	-0,62
	Q25-Q75	-0,06-0,13	-0,06-0,07	-0,68-(-0,50)	-0,71-(-0,57)
CMA-h	n	81**	81*	81*	81**
	średnia±SD	0,28±0,09	0,33±0,10	-0,03±0,19	-0,03±0,19
	min-max	0,02-0,49	0,01-0,58	-0,68-0,44	-0,71-0,46
	Me	0,27	0,31	-0,01	-0,03
	Q25-Q75	0,23-0,33	0,28-0,39	-0,15-0,10	-0,14-0,09

* rozkład zbliżony do normalnego; ** rozkład odmienny od normalnego

Dodatkowo dla zobrazowania rozkładu wartości parametrów oceny ruchliwości spontanicznej w analizowanej populacji noworodków w tabeli 3 przedstawiono wartości percentyli rzędu 3%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 97% dla poszczególnych parametrów. Ze względu na zbyt małą liczebność grupy objętej badaniem nie przeprowadzono formalnej kalkulacji zakresów referencyjnych dla poszczególnych parametrów. Wartości percentyli 3% i 97% mogą jednak stanowić przybliżenie odpowiednio dolnej i górnej granicy normy ocenianych parametrów (Tabela 3.) [49,38].

Tabela 3. Wartość percentyli rzędu 3%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 97% dla parametrów oceniających ruchliwość noworodków w badanej grupie (FMS-współczynnik kształtu ruchu, FMA-współczynnik pola ruchu, CMA-v-środek pola ruchu w pionie, CMA-h-środek powierzchni ruchu w poziomie)

parametr	Percentyl						
	3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
Średnia prędkość-lewy nadgarstek	20,43	24,59	30,20	42,21	52,77	65,43	81,36
Średnia prędkość-prawy nadgarstek	18,77	23,34	29,09	37,79	51,19	62,85	73,31
Średnia prędkość-lewa kostka	21,46	29,21	39,54	54,18	69,38	83,38	117,55
Średnia prędkość-prawa kostka	21,58	23,60	32,47	45,16	61,29	74,26	94,15
Średnie przyspieszenie-lewy nadgarstek	-0,00	0,02	0,09	0,18	0,37	0,89	1,67
Średnie przyspieszenie-prawy nadgarstek	-0,00	0,00	0,10	0,23	0,44	0,86	1,48
Średnie przyspieszenie-lewa kostka	-0,01	0,00	0,09	0,22	0,41	0,78	2,36
Średnie przyspieszenie-prawa kostka	-0,00	0,00	0,10	0,20	0,42	1,03	1,66
FMS-lewy nadgarstek	0,35	0,45	0,51	0,61	0,73	0,84	0,93
FMS-prawy nadgarstek	0,39	0,43	0,61	0,69	0,79	0,88	0,96
FMS-lewa kostka	0,37	0,41	0,53	0,65	0,75	0,83	0,89
FMS-prawa kostka	0,39	0,44	0,51	0,63	0,74	0,84	0,92
FMA-lewy nadgarstek	0,01	0,01	0,03	0,06	0,12	0,19	0,29
FMA-prawy nadgarstek	0,01	0,01	0,03	0,06	0,13	0,18	0,23
FMA-lewa kostka	0,01	0,01	0,03	0,08	0,10	0,14	0,18
FMA-prawa kostka	0,01	0,02	0,03	0,07	0,11	0,14	0,20
CMA-v-lewy nadgarstek	-0,51	-0,18	-0,06	0,02	0,13	0,22	0,31
CMA-v-prawy nadgarstek	-0,42	-0,21	-0,06	0,01	0,07	0,18	0,36
CMA-v-lewa kostka	-0,79	-0,75	-0,68	-0,58	-0,50	3-0,45	-0,41
CMA-v-prawa kostka	-0,82	-0,76	-0,71	-0,62	-0,57	-0,48	-0,42
CMA-h-lewy nadgarstek	0,14	0,18	0,23	0,27	0,33	0,40	0,46
CMA-h-prawy nadgarstek	0,18	0,23	0,28	0,31	0,39	0,46	0,52
CMA-h-lewa kostka	-0,40	-0,29	-0,15	-0,01	0,10	0,19	0,25
CMA-h-prawa kostka	-0,44	-0,20	-0,14	-0,03	0,09	0,16	0,29

4.2. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w aspekcie symetrii

By ocenić symetrię ruchów spontanicznych noworodków, porównano wyniki MARS uzyskane dla poszczególnych parametrów pomiędzy lewym i prawym nadgarstkiem oraz kostką. Statystycznie istotne różnice w ruchliwości spontanicznej noworodków pomiędzy lewą i prawą kończyną zaobserwowano w przypadku średniej prędkości nadgarstków i kostek, CMA-h i FMS nadgarstków oraz CMA-v kostek. Średnia prędkość nadgarstków i kostek była

istotnie wyższa dla lewych niż dla prawych kończyn, natomiast w przypadku CMA-h i FMS dla nadgarstków istotnie wyższe wartości obserwowano dla strony prawej niż lewej, a CMA-v dla kostek było istotnie większe w wartościach bezwzględnych dla strony prawej niż lewej. Wyższe CMA-h nadgarstka i CMA-v kostki po stronie prawej, przekładają się na niższe CMA-h nadgarstka i CMA-v kostki po stronie lewej. W przypadku pozostałych parametrów opisujących ruch spontaniczny noworodków nie było istotnych statystycznie różnic pomiędzy lewym i prawym nadgarstkiem oraz lewą i prawą kostką. Wyniki przedstawiono w tabeli 4-9.

Tabela 4. Porównanie wyników MARS dla lewych i prawych nadgarstków oraz lewych i prawych kostek u noworodków w aspekcie prędkości (mm/s) (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	Średnia prędkość lewy nadgarstek	Średnia prędkość prawy nadgarstek	Średnia prędkość lewa kostka	Średnia prędkość prawa kostka
Grupa	całość	całość	całość	całość
n	81**	81**	81**	81**
średnia±SD	44,21±18,04	40,9±16,46	57,31±26,67	49,88±26,41
min-max	16,36-108,64	15,20-92,25	17,23-181,55	20,15-209,64
Me	42,21	37,79	54,18	45,16
Q25-Q75	30,20-52,77	29,09-51,19	39,54-69,38	32,47-61,29
p – wartość testu Wilcoxon	0,001		<0,001	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 5. Porównanie wyników MARS lewych i prawych nadgarstków oraz lewych i prawych kostek u noworodków w aspekcie przyspieszenia (mm/s²) (n-liczba obserwacji, ±SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	Średnie przyspieszenie lewy nadgarstek	Średnie przyspieszenie prawy nadgarstek	Średnie przyspieszenie lewa kostka	Średnie przyspieszenie prawa kostka
Grupa	całość	całość	całość	całość
n	81**	81**	81**	81**
średnia±SD	0,35±0,47	0,37±0,47	0,40±0,64	0,39±0,57
min-max	-0,01-2,67	-0,01-3,04	-0,29-3,93	-0,03-3,41
Me	0,18	0,23	0,22	0,20
Q25-Q75	0,09-0,37	0,10-0,44	0,09-0,41	0,10-0,42
p-wartość testu Wilcoxon	0,440		0,974	

*rozkład zbliżony do normalny; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 6. Porównanie wyników MARS lewych i prawych nadgarstków oraz lewych i prawych kostek u noworodków dla parametru FMS-współczynnik kształtu ruchu (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartyl dolny, Q75-kwartyl górny, p-wartość testu)

Wartość	FMS lewy nadgarstek	FMS prawy nadgarstek	FMS lewa kostka	FMS prawa kostka
Grupa	całość	całość	całość	całość
n	81*	81*	81*	81*
średnia±SD	0,62±0,15	0,68±0,16	0,64±0,15	0,63±0,15
min-max	0,27-0,93	0,30-0,98	0,29-0,95	0,32-0,95
Me	0,61	0,69	0,65	0,63
Q25-Q75	0,51-0,73	0,61-0,79	0,53-0,75	0,51-0,74
p-wartość testu Wilcoxona	0,008		0,492	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 7. Porównanie wyników MARS lewych i prawych nadgarstków oraz lewych i prawych kostek u noworodków dla parametru FMA-współczynnik pola ruchu (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartyl dolny, Q75-kwartyl górny, p-wartość testu)

Wartość	FMA lewy nadgarstek	FMA prawy nadgarstek	FMA lewa kostka	FMA prawa kostka
Grupa	całość	całość	całość	całość
n	81**	81**	81**	81**
średnia±SD	0,08±0,08	0,08±0,07	0,07±0,05	0,08±0,05
min-max	0,00-0,40	0,00-0,26	0,00-0,24	0,01-0,22
Me	0,06	0,06	0,08	0,07
Q25-Q75	0,03-0,12	0,03-0,13	0,03-0,10	0,03-0,11
p-wartość testu Wilcoxona	0,778		0,628	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 8. Porównanie wyników MARS lewych i prawych nadgarstków oraz lewych i prawych kostek u noworodków dla parametru CMA-v-środek pola ruchu w pionie (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartyl dolny, Q75-kwartyl górny, p-wartość testu)

Wartość	CMA-v lewy nadgarstek	CMA-v prawy nadgarstek	CMA-v lewa kostka	CMA-v prawa kostka
Grupa	całość	całość	całość	całość
n	81**	81**	81*	81**
średnia±SD	0,01±0,20	0,00±0,22	-0,59±0,12	-0,63±0,12
min-max	-0,64-0,50	-0,79-0,72	-0,90-(-0,40)	-1,00-(-0,39)
Me	0,02	0,01	-0,58	-0,62
Q25-Q75	-0,06-0,13	-0,06-0,07	-0,68-(-0,50)	-0,71-(-0,57)
p-wartość testu Wilcoxona	0,537		0,006	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 9. Porównanie wyników MARS lewych i prawych nadgarstków oraz lewych i prawych kostek u noworodków dla parametru CMA-h-środek pola ruchu w poziomie (n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	CMA-h lewy nadgarstek	CMA-h prawy nadgarstek	CMA-h lewa kostka	CMA-h prawa kostka
Grupa	całość	całość	całość	całość
n	81**	81*	81**	81**
średnia±SD	0,28±0,09	0,33±0,10	-0,03±0,19	-0,03±0,19
min-max	0,02-0,49	0,01-0,58	-0,68-0,44	-0,71-0,46
Me	0,27	0,31	-0,01	-0,03
Q25-Q75	0,23-0,33	0,28-0,39	-0,15-0,10	-0,14-0,09
p-wartość testu Wilcoxon	<0,001		0,738	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

4.3. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia z podziałem na płeć żeńską i męską

W tabelach 10-15. przedstawiono wyniki porównania badanych parametrów w podziale na płeć żeńska i męską. Wartości ocenianych parametrów były podobne pomiędzy noworodkami płci żeńskiej i męskiej. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic w wynikach pomiędzy grupami w podziale ze względu na płeć.

Tabela 10. Porównanie wyników MARS nadgarstków oraz kostek u noworodków dla parametru średnia prędkość (mm/s) z podziałem na płeć żeńską i męską (k-noworodki płci żeńskiej, m-noworodki płci męskiej, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	Średnia prędkość lewy nadgarstek		Średnia prędkość prawy nadgarstek		Średnia prędkość lewa kostka		Średnia prędkość prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81**		81**	
n	81**		81**		81**		81**	
średnia±SD	44,21±18,04		40,9±16,46		57,31±26,67		49,88±26,41	
min-max	16,36-108,64		15,20-92,25		17,23-181,55		20,15-209,64	
Me	42,21		37,79		54,18		45,16	
Q25-Q75	30,20-52,77		29,09-51,19		39,54-69,38		32,47-61,29	
Grupa	k	m	k	m	k	m	k	m
n	43**	38*	43**	38**	43**	38**	43*	38**
średnia±SD	42,23±15,94	46,45±20,15	39,80±16,41	42,13±16,64	58,57±24,73	55,87±28,99	51,79±30,80	47,71±20,56
min-max	18,86-79,30	16,36-108,64	15,20-92,25	18,92-73,99	19,54-122,98	17,23-181,55	20,15-209,64	21,39-110,41
Me	41,10	44,15	35,79	38,21	54,24	52,99	45,78	43,83
Q25-Q75	31,82-53,39	31,82-53,39	29,48-47,19	26,92-56,30	37,86-72,31	42,62-65,49	32,74-61,97	30,93-59,75
p-wartość testu U Manna- Whitney'a	0,363		0,489		0,394		0,615	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 11. Porównanie wyników MARS nadgarstków oraz kostek u noworodków dla parametru średnie przyspieszenie (mm/s^2) z podziałem na płeć żeńską i męską (k-noworodki płci żeńskiej, m-noworodki płci męskiej, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	Średnie przyspieszenie lewy nadgarstek		Średnie przyspieszenie prawy nadgarstek		Średnie przyspieszenie lewa kostka		Średnie przyspieszenie prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81**		81**	
średnia±SD	0,35±0,47		0,37±0,47		0,40±0,64		0,39±0,57	
min-max	-0,01-2,67		-0,01-3,04		-0,29-3,93		-0,03-3,41	
Me	0,18		0,23		0,22		0,20	
Q25-Q75	0,09-0,37		0,10-0,44		0,09-0,41		0,10-0,42	
Grupa	k	m	k	m	k	m	k	m
n	43**	38**	43**	38**	43**	38**	43**	38**
średnia±SD	0,42±0,57	0,27±0,31	0,38±0,39	0,36±0,55	0,44±0,73	0,34±0,53	0,40±0,55	0,38±0,59
min-max	-0,01-2,67	0,00-1,36	0,00-1,57	-0,01-3,04	-0,29-3,93	0,00-2,84	-0,01-2,75	-0,03-3,41
Me	0,20	0,17	0,24	0,22	0,27	0,19	0,19	0,23
Q25-Q75	0,11-0,44	0,09-0,29	0,13-0,49	0,07-0,43	0,04-0,48	0,10-0,38	0,11-0,40	0,09-0,42
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,306		0,437		0,753		0,914	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 12. Porównanie wyników MARS nadgarstków oraz kostek u noworodków dla parametru FMS z podziałem na płeć żeńską i męską (FMS-współczynnik kształtu ruchu, k-noworodki płci żeńskiej, m-noworodki płci męskiej, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	FMS lewy nadgarstek		FMS prawy nadgarstek		FMS lewa kostka		FMS prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81*		81*		81*		81*	
średnia±SD	0,62±0,15		0,68±0,16		0,64±0,15		0,63±0,15	
min-max	0,27-0,93		0,30-0,98		0,29-0,95		0,32-0,95	
Me	0,61		0,69		0,65		0,63	
Q25-Q75	0,51-0,73		0,61-0,79		0,53-0,75		0,51-0,74	
Grupa	k	m	k	m	k	m	k	m
n	43**	38**	43**	38**	43**	38**	43**	38**
średnia±SD	0,62±0,16	0,63±0,14	0,67±0,16	0,69±0,16	0,65±0,16	0,62±0,15	0,61±0,16	0,65±0,15
min-max	0,27-0,93	0,29-0,93	0,30-0,97	0,34-0,98	0,29-0,95	0,33-0,89	0,32-0,95	0,39-0,94
Me	0,60	0,63	0,69	0,69	0,67	0,64	0,61	0,64
Q25-Q75	0,51-0,75	0,52-0,72	0,57-0,78	0,62-0,80	0,56-0,77	0,52-0,72	0,48-0,69	0,52-0,78
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,818		0,796		0,394		0,211	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 13. Porównanie wyników MARS nadgarstków oraz kostek u noworodków dla parametru FMA z podziałem na płeć żeńską i męską (FMA-współczynnik pola ruchu, k-noworodki płci żeńskiej, m-noworodki płci męskiej, n- liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartyl dolny, Q75-kwartyl górny, p-wartość testu)

Wartość	FMA lewy nadgarstek		FMA prawy nadgarstek		FMA lewa kostka		FMA prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81**		81**	
średnia±SD	0,08±0,08		0,08±0,07		0,07±0,05		0,08±0,05	
min-max	0,00-0,40		0,00-0,26		0,00-0,24		0,01-0,22	
Me	0,06		0,06		0,08		0,07	
Q25-Q75	0,03-0,12		0,03-0,13		0,03-0,10		0,03-0,11	
Grupa	k	m	k	m	k	m	k	m
n	43**	38**	43**	38**	43*	38**	43*	38**
średnia±SD	0,08±0,07	0,09±0,09	0,08±0,06	0,08±0,08	0,08±0,05	0,07±0,06	0,08±0,05	0,07±0,05
min-max	0,01-0,30	0,00-0,40	0,01-0,24	0,00-0,26	0,00-0,19	0,00-0,24	0,01-0,21	0,01-0,22
Me	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,07	0,07	0,07
Q25-Q75	0,03-0,11	0,03-0,12	0,03-0,12	0,02-0,14	0,04-0,10	0,02-0,10	0,05-0,12	0,02-0,09
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,862		0,738		0,448		0,276	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 14. Porównanie wyników MARS nadgarstków oraz kostek u noworodków dla parametru CMA-v z podziałem na płeć żeńską i męską (CMA-v-środek pola ruchu w pionie, k-noworodki płci żeńskiej, m-noworodki płci męskiej, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartyl dolny, Q75-kwartyl górny, p-wartość testu)

Wartość	CMA-v lewy nadgarstek		CMA-v prawy nadgarstek		CMA-v lewa kostka		CMA-v prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81*		81**	
średnia±SD	0,01±0,20		0,00±0,22		-0,59±0,12		-0,63±0,12	
min-max	-0,64-0,50		-0,79-0,72		-0,90-(-0,40)		-1,00-(-0,39)	
Me	0,02		0,01		-0,58		-0,62	
Q25-Q75	-0,06-0,13		-0,06-0,07		-0,68-(-0,50)		-0,71-(-0,57)	
Grupa	k	m	k	m	k	m	k	m
n	43**	38**	43*	38**	43*	38*	43**	38*
średnia±SD	0,02±0,21	0,01±0,19	-0,02±0,26	0,02±0,17	-0,59±0,11	-0,60±0,12	-0,64±0,13	-0,62±0,1
min-max	-0,64-0,45	-0,63-0,50	-0,79-0,72	-0,42-0,39	-0,80-(-0,39)	-0,90-(-0,40)	-1,00-(-0,38)	-0,83-(-0,39)
Me	0,02	0,02	0,00	0,03	-0,58	-0,60	-0,64	-0,61
Q25-Q75	-0,04-0,13	-0,06-0,12	-0,08-0,06	-0,05-0,08	-0,68-(-0,51)	-0,68-(-0,49)	-0,71-(-0,58)	-0,71-(-0,55)
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,668		0,225		0,996		0,415	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 15. Porównanie wyników MARS nadgarstków oraz kostek u noworodków dla parametru CMA-h z podziałem na płeć żeńską i męską (CMA-h-środek pola ruchu w poziomie, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, k-noworodki płci żeńskiej, m-noworodki płci męskiej, p-wartość testu)

Wartość	CMA-h		CMA-h		CMA-h		CMA-h	
	lewy nadgarstek		prawy nadgarstek		lewa kostka		prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81*		81**		81**	
średnia±SD	0,28±0,09		0,33±0,10		-0,03±0,19		-0,03±0,19	
min-max	0,02-0,49		0,01-0,58		-0,68-0,44		-0,71-0,46	
Me	0,27		0,31		-0,01		-0,03	
Q25-Q75	0,23-0,33		0,28-0,39		-0,15-0,10		-0,14-0,09	
Grupa	k	m	k	m	k	m	k	m
n	43*	38*	43*	38**	43**	38**	43**	38**
średnia±SD	0,30±0,10	0,26±0,08	0,33±0,10	0,33±0,09	-0,04±0,19	-0,01±0,19	-0,02±0,22	-0,05±0,15
min-max	0,02-0,49	0,03-0,39	0,01-0,52	0,22-0,58	-0,04-0,44	-0,68-0,32	-0,71-0,40	-0,34-0,46
Me	0,27	0,26	0,32	0,30	-0,03	0,00	0,03	-0,08
Q25-Q75	0,25-0,36	0,21-0,30	0,28-0,40	0,28-0,37	-0,20-0,09	-0,10-0,10	-0,14-0,11	-0,14-0,04
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,068		0,525		0,348		0,116	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

4.4. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w odniesieniu do informacji zebranych w wywiadzie ciąży-porodowym: wiek matki, masa urodzeniowa noworodka i rodzaj porodu

W tabeli 16. przedstawiono korelację wyników oceny ruchliwości noworodków z wiekiem matek. Przedstawiono jedynie słabą dodatnią korelację średniej prędkości dla lewej kostki z wiekiem matki. W przypadku pozostałych wyników (CMA-h, CMA-v, FMA i FMS, średnie przyspieszenie dla nadgarstków i kostek, średnia prędkość dla nadgarstków i prawych kostek) wartość parametru nie była istotnie skorelowana z wiekiem matki. Ponadto nie stwierdzono żadnej korelacji wyników ruchliwości noworodków z ich masą urodzeniową.

Tabela 16. Ocena korelacji wyników MARS z wiekiem matki w latach (p-poziom istotności)

	Korelacja Spearmana	
	wsp. korelacji	p-wartość
Średnia prędkość-lewa kostka	0,34	0,002

Analogiczną analizę przeprowadzono w celu oceny zależności pomiędzy wynikami oceny ruchliwości noworodków, a masą urodzeniową. Żaden z badanych parametrów nie był istotnie skorelowany z masą urodzeniową.

By ocenić zależność pomiędzy rodzajem porodu, a wartościami badanych parametrów oceny ruchliwości noworodków, wyniki oceny ruchliwości porównano pomiędzy grupą noworodków urodzonych siłami natury (SN) lub przez cięcie cesarskie (CC). W przeprowadzonej analizie nie stwierdzono istotnych różnic w wartościach parametrów

oceniających ruchliwość noworodków pomiędzy grupami SN i CC, z wyjątkiem CMA-h dla lewej kostki. CMA-h dla lewej kostki było istotnie bardziej dodatnie w grupie noworodków urodzonych CC, natomiast w przypadku prawej kostki nie obserwowano podobnej zależności. Brak istotnych różnic dla CMA-h dla prawej kostki obniża wiarygodność wyniku uzyskanego dla kostki lewej, dlatego w dalszym wnioskowaniu wynik uzyskany dla lewej kostki nie będzie brany pod uwagę (Tabela 17-22.).

Tabela 17. Porównanie wyników MARS w aspekcie średniej prędkości (mm/s) z podziałem na noworodki urodzone SN i CC (SN-poród siłami natury, CC-poród przez cesarskie cięcie, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	Średnia prędkość lewy nadgarstek		Średnia prędkość prawy nadgarstek		Średnia prędkość lewa kostka		Średnia prędkość prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81**		81**	
średnia±SD	44,21±18,04		40,9±16,46		57,31±26,67		49,88±26,41	
min-max	16,36-108,64		15,20-92,25		17,23-181,55		20,15-209,64	
Me	42,21		37,79		54,18		45,16	
Q25-Q75	30,20-52,77		29,09-51,19		39,54-69,38		32,47-61,29	
Grupa	SN	CC	SN	CC	SN	CC	SN	CC
n	60**	21*	60**	21*	60**	21**	60**	21*
średnia±SD	45,61±19,06	40,2±14,41	42,09±17,35	37,5±13,37	55,74±27	61,77±25,83	50,27±29,16	48,74±16,75
min-max	18,86-108,64	16,36-72,82	15,20-92,25	18,92-65,87	17,23-181,55	24,42-123,20	20,15-209,64	21,50-83,39
Me	42,7	36,64	38,08	34,56	53,09	61,85	44,96	45,16
Q25-Q75	30,51-54,01	28,86-49,42	29,13-52,59	24,69-45,87	34,49-69,36	42,99-71,67	31,39-61,26	39,69-61,29
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,351		0,386		0,346		0,694	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 18. Porównanie wyników MARS w aspekcie średniego przyspieszenia (mm/s^2) z podziałem na noworodki urodzone SN i CC (SN-poród siłami natury, CC-poród przez cesarskie cięcie, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	Średnie przyspieszenie lewy nadgarstek		Średnie przyspieszenie prawy nadgarstek		Średnie przyspieszenie lewa kostka		Średnie przyspieszenie prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81**		81**	
średnia±SD	0,35±0,47		0,37±0,47		0,40±0,64		0,39±0,57	
min-max	-0,01-2,67		-0,01-3,04		-0,29-3,93		-0,03-3,41	
Me	0,18		0,23		0,22		0,20	
Q25-Q75	0,09-0,37		0,10-0,44		0,09-0,41		0,10-0,42	
Grupa	SN	CC	SN	CC	SN	CC	SN	CC
n	60**	21**	60**	21**	60**	21**	60**	21**
średnia±SD	0,37±0,5	0,28±0,40	0,36±0,38	0,40±0,67	0,44±0,72	0,27±0,26	0,41±0,63	0,32±0,32
min-max	-0,01-2,67	0,00-1,87	-0,01-1,77	0,00-3,04	-0,29-3,93	-0,01-1,04	-0,03-3,41	0,00-1,12
Me	0,18	0,17	0,24	0,21	0,23	0,21	0,19	0,30
Q25-Q75	0,10-0,41	0,08-0,29	0,10-0,47	0,11-0,35	0,10-0,46	0,09-0,34	0,12-0,42	0,06-0,40
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,460		0,710		0,521		0,876	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 19. Porównanie wyników MARS w aspekcie parametru FMS z podziałem na noworodki urodzone SN i CC (SN-poród siłami natury, CC-poród przez cesarskie cięcie, FMS-współczynnik kształtu ruchu, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25-kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	FMS lewy nadgarstek		FMS prawy nadgarstek		FMS lewa kostka		FMS prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81*		81*		81*		81*	
średnia±SD	0,62±0,15		0,68±0,16		0,64±0,15		0,63±0,15	
min-max	0,27-0,93		0,30-0,98		0,29-0,95		0,32-0,95	
Me	0,61		0,69		0,65		0,63	
Q25-Q75	0,51-0,73		0,61-0,79		0,53-0,75		0,51-0,74	
Grupa	SN	CC	SN	CC	SN	CC	SN	CC
n	60*	21*	60*	21*	60*	21*	60*	21**
średnia±SD	0,63±0,15	0,60±0,17	0,68±0,15	0,68±0,18	0,65±0,15	0,61±0,16	0,63±0,16	0,62±0,15
min-max	0,27-0,93	0,29-0,92	0,34-0,98	0,30-0,97	0,33-0,95	0,29-0,89	0,32-0,93	0,44-0,95
Me	0,63	0,59	0,69	0,69	0,66	0,64	0,63	0,62
Q25-Q75	0,55-0,73	0,50-0,73	0,62-0,78	0,55-0,81	0,54-0,75	0,50-0,72	0,51-0,76	0,51-0,64
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,508		0,867		0,380		0,718	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 20. Porównanie wyników MARS w aspekcie parametru FMA z podziałem na noworodki urodzone SN i CC (SN-poród siłami natury, CC-poród przez cesarskie cięcie, FMA-współczynnik pola ruchu, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25- kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	FMA lewy nadgarstek		FMA prawy nadgarstek		FMA lewa kostka		FMA prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81**		81**	
średnia±SD	0,08±0,08		0,08±0,07		0,07±0,05		0,08±0,05	
min-max	0,00-0,40		0,00-0,26		0,00-0,24		0,01-0,22	
Me	0,06		0,06		0,08		0,07	
Q25-Q75	0,03-0,12		0,03-0,13		0,03-0,10		0,03-0,11	
Grupa	SN	CC	SN	CC	SN	CC	SN	CC
n	60**	21**	60*	21**	60**	21*	60**	21*
średnia±SD	0,08±0,07	0,09±0,11	0,08±0,07	0,09±0,06	0,08±0,05	0,07±0,05	0,08±0,05	0,08±0,05
min-max	0,01-0,35	0,00-0,40	0,00-0,25	0,00-0,26	0,00-0,24	0,00-0,18	0,01-0,22	0,01-0,20
Me	0,06	0,04	0,05	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08
Q25-Q75	0,03-0,12	0,04-0,09	0,02-0,12	0,04-0,13	0,03-0,11	0,04-0,10	0,03-0,11	0,04-0,10
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,800		0,474		0,910		0,800	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

Tabela 21. Porównanie wyników MARS w aspekcie parametru CMA-v z podziałem na noworodki urodzone SN i CC (SN-poród siłami natury, CC-poród przez cesarskie cięcie, CMA-v-środek pola ruchu w pionie, n-liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me-mediana, Q25- kwartył dolny, Q75-kwartył górny, p-wartość testu)

Wartość	CMA-v lewy nadgarstek		CMA-v prawy nadgarstek		CMA-v lewa kostka		CMA-v prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81**		81*		81**	
średnia±SD	0,01±0,20		0,00±0,22		-0,59±0,12		-0,63±0,12	
min-max	-0,64-0,50		-0,79-0,72		-0,90-(-0,40)		-1,00-(-0,39)	
Me	0,02		0,01		-0,58		-0,62	
Q25-Q75	-0,06-0,13		-0,06-0,07		-0,68-(-0,50)		-0,71-(-0,57)	
Grupa	SN	CC	SN	CC	SN	CC	SN	CC
n	60*	21**	60**	21**	60*	21*	60**	21*
średnia±SD	-0,01±0,21	0,08±0,14	-0,03±0,22	0,08±0,19	-0,60±0,12	-0,58±0,10	-0,63±0,12	-0,63±0,11
Min-max	-0,64-0,50	-0,16-0,32	-0,79-0,62	-0,23-0,72	-0,90-(-0,40)	-0,75-(-0,41)	-1,00-(-0,39)	-0,83-(-0,44)
Me	0,00	0,06	-0,01	0,03	-0,59	-0,57	-0,62	-0,61
Q25-Q75	-0,07-0,10	-0,02-0,16	-0,07-0,06	-0,01-0,13	-0,68-(-0,50)	-0,64-(-0,48)	-0,69-(-0,57)	-0,72-(-0,57)
p-wartość testu U Manna-Whitney'a	0,078		0,078		0,487		0,876	

*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

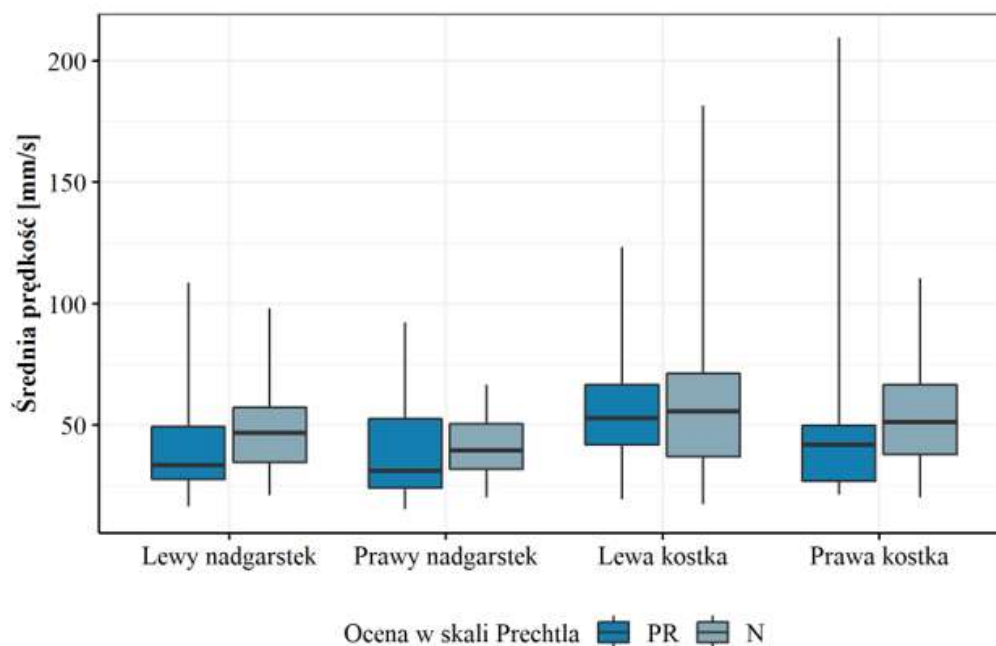
Tabela 22. Porównanie wyników MARS w aspekcie parametru CMA-h z podziałem na noworodki urodzone SN i CC (SN-poród siłami natury, CC-poród przez cesarskie cięcie, CMA-h-środek pola ruchu w poziomie, n- liczba obserwacji, SD-odchylenie standardowe, min-max-wartość minimalna i maksymalna, Me- mediana, Q25-kwartyl dolny, Q75-kwartyl górny, p-wartość testu)

Wartość	CMA-h lewy nadgarstek		CMA-h prawy nadgarstek		CMA-h lewa kostka		CMA-h prawa kostka	
Grupa	całość		całość		całość		całość	
n	81**		81*		81**		81**	
średnia±SD	0,28±0,09		0,33±0,10		-0,03±0,19		-0,03±0,19	
min-max	0,02-0,49		0,01-0,58		-0,68-0,44		-0,71-0,46	
Me	0,27		0,31		-0,01		-0,03	
Q25-Q75	0,23-0,33		0,28-0,39		-0,15-0,10		-0,14-0,09	
Grupa	SN	CC	SN	CC	SN	CC	SN	CC
n	60*	21*	60**	21**	60**	21**	60**	21*
średnia±SD	0,28±0,09	0,27±0,10	0,33±0,09	0,33±0,11	-0,05±0,16	0,04±0,24	-0,01±0,16	-0,08±0,25
min-max	0,02-0,49	0,03-0,49	0,16-0,58	0,01-0,49	-0,41-0,25	-0,68-0,44	-0,51-0,40	-0,71-0,46
Me	0,27	0,26	0,31	0,36	-0,03	0,09	-0,02	-0,11
Q25-Q75	0,24-0,32	0,21-0,33	0,28-0,38	0,28-0,39	-0,16-0,06	-0,03-0,14	-0,14-0,09	-0,17-0,06
p-wartość testu U Manna- Whitney'a	0,564		0,702		0,021		0,340	

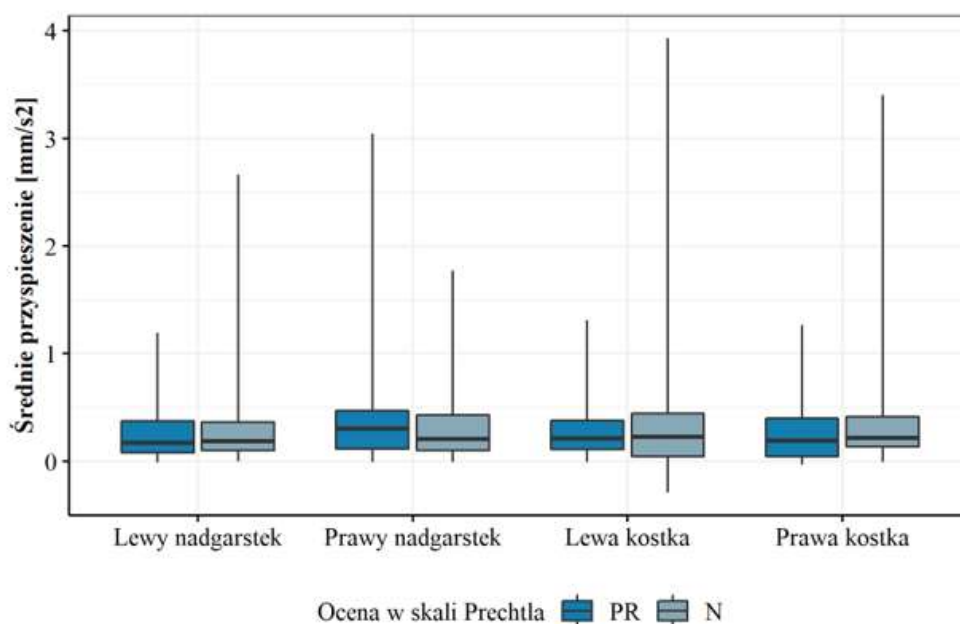
*rozkład zbliżony do normalnego; **rozkład odmienny od normalnego

4.5. Wyniki MARS u noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w porównaniu do oceny ruchów spontanicznych wykonanych metodą Prechtla

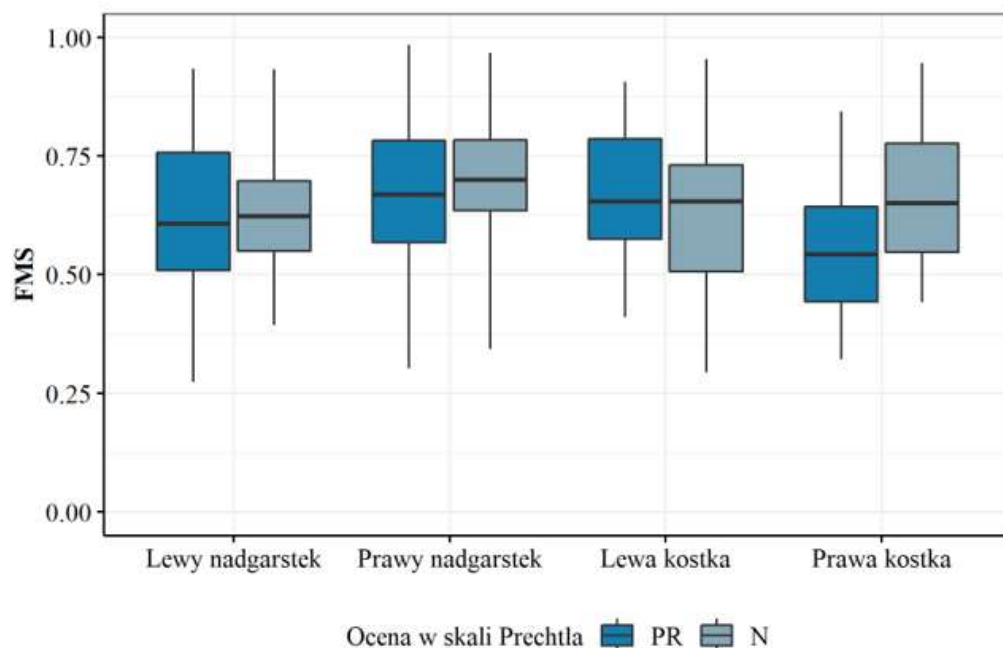
Porównanie wartości parametrów oceny ruchliwości noworodków pomiędzy grupami dzieci z ubogim repertuarem (PR) oraz w normie (N) wykazało istotne różnice w wartościach parametru FMA dla nadgarstków i kostek pomiędzy grupami PR i N. W grupie N wartości parametru FMA były istotnie wyższe niż w grupie PR zarówno dla nadgarstków, jak i dla kostek. Świadczy to o dobrej zdolności parametru FMA do wykrywania dyskretnych różnic w ruchliwości spontanicznej noworodków. Istotne różnice pomiędzy grupą PR i N zaobserwowano też dla parametrów FMS dla prawych kostek, średniej prędkości lewych nadgarstków i średniej prędkości prawych kostek. Jednak w przypadku porównania wartości powyższych parametrów dla przeciwnej strony pomiędzy grupami PR i N (tj. FMS dla lewych kostek, średniej prędkości prawych nadgarstków i średniej prędkości lewych kostek) nie wykryto istotnych różnic. W przypadku parametrów CMA-h i CMA-v dla nadgarstków i kostek, FMS dla nadgarstków oraz średniego przyspieszenia dla kończyn górnych i dolnych nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy grupą PR i N. Wyniki przedstawiono w formie wykresów pudełkowych (Rycina 8-13.).



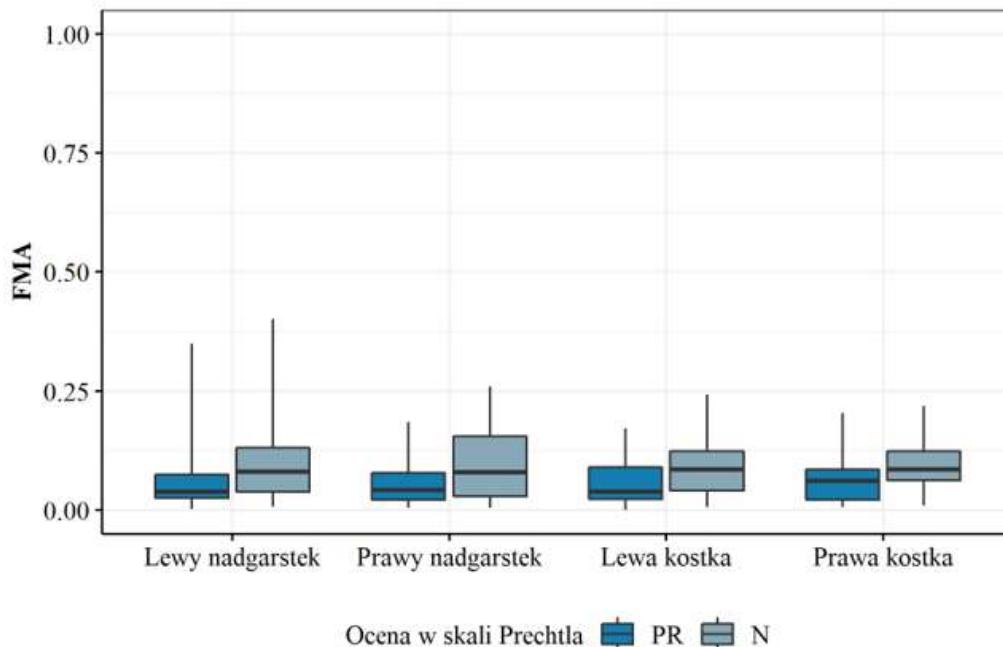
Rycina 8. Porównanie wyników MARS nadgarstków i kostek noworodków w obrazie video w aspekcie prędkości (mm/s) z podziałem na grupę PR i N (gruba linia-mediana, dolna krawędź-Q25%, górna krawędź-Q75%, granice wąsów-wartość minimalna i maksymalna, PR-poor repertoire, N-norma)



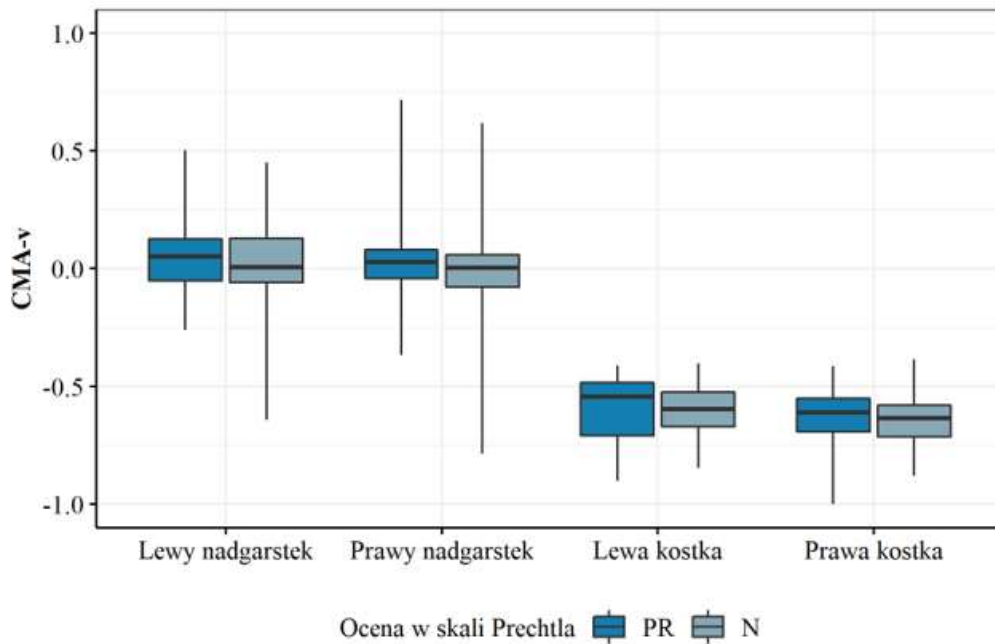
Rycina 9. Porównanie wyników MARS nadgarstków i kostek noworodków w obrazie video w aspekcie przyspieszenia (mm/s²) z podziałem na grupę PR i N (gruba linia-mediana, dolna krawędź-Q25%, górna krawędź-Q75%, granice wąsów-wartość minimalna i maksymalna, PR-poor repertoire, N-norma)



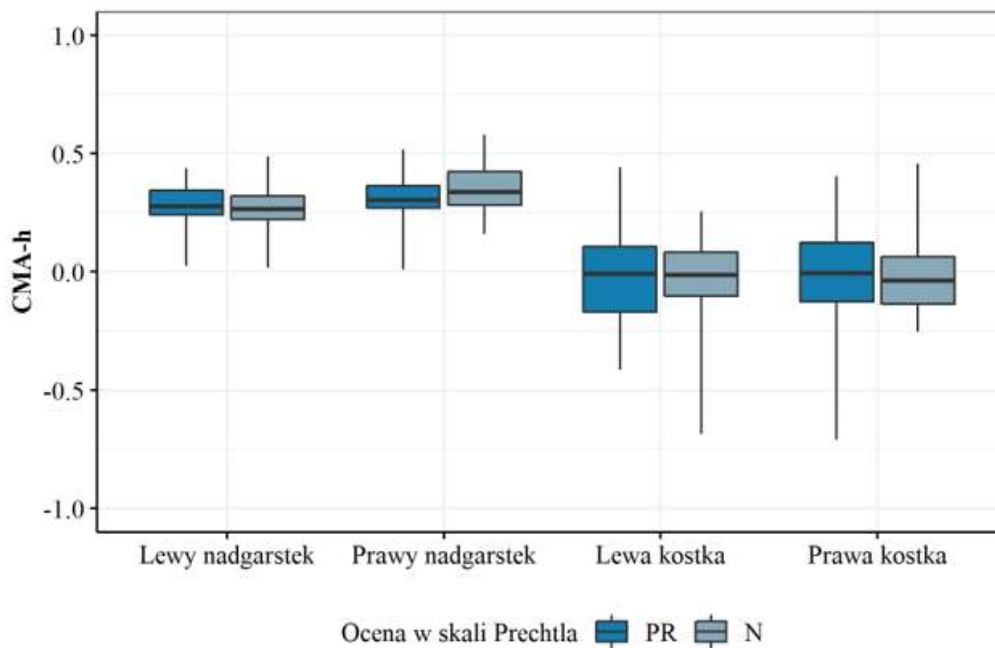
Rycina 10. Porównanie wyników MARS nadgarstków i kostek noworodków w obrazie video w aspekcie parametru FMS z podziałem na grupę PR i N (gruba linia-mediana, dolna krawędź-Q25%, górna krawędź-Q75%, granice wąsów-wartość minimalna i maksymalna, PR-poor repertoire, N-norma, FMS-współczynnik kształtu ruchu)



Rycina 11. Porównanie wyników MARS nadgarstków i kostek noworodków w obrazie video w aspekcie parametru FMA z podziałem na grupę PR i N (gruba linia-mediana, dolna krawędź-Q25%, górna krawędź-Q75%, granice wąsów-wartość minimalna i maksymalna, PR-poor repertoire, N-norma, FMA-współczynnik pola ruchu)



Rycina 12. Porównanie wyników MARS nadgarstków i kostek noworodków w obrazie video w aspekcie parametru CMA-v z podziałem na grupę PR i N (gruba linia-mediana, dolna krawędź-Q25%, górna krawędź-Q75%, granice wąsów-wartość minimalna i maksymalna, PR-poor repertoire, N-norma, CMA-v-środek pola ruchu w pionie)



Rycina 13. Porównanie wyników MARS nadgarstków i kostek noworodków w obrazie video w aspekcie parametru CMA-h z podziałem na grupę PR i N (gruba linia-mediana, dolna krawędź-Q25%, górna krawędź-Q75%, granice wąsów-wartość minimalna i maksymalna, PR-poor repertoire, N-norma, CMA-h-środek pola ruchu w poziomie)

5. Dyskusja

Coraz większe zainteresowanie badaczy na całym świecie ukierunkowuje się na opracowanie podejścia opartego na sztucznej inteligencji, aby uzupełnić klasyczną metodę Prechtla oraz wesprzeć medyków w popularnej i celnej diagnostyce. W ciągu ostatniej dekady nastąpił intensywny rozwój komputerowego podejścia do wspomagania oceny ruchu w okresie noworodkowo-niemowlęcym. W literaturze przedmiotu odnaleźć można liczne prace naukowe podejmujące tę tematykę. Potrzeba doskonalenia metod wczesnej diagnostyki na świecie oraz nieustanny postęp w komputeryzacji, przyczyniły się do podjęcia próby zmierzenia się z tym wyzwaniem w niniejszej pracy.

Celem badawczym była ocena ruchów spontanicznych noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia na podstawie analizy matematyczno-informatycznej nagrań video. W pracy przedstawiono próbę obiektywizacji oceny ruchów spontanicznych pod roboczą nazwą Multimodalnej Analizy Ruchów Spontanicznych. MARS to część większego projektu OSESEC, który jest prowadzony przez interdyscyplinarny zespół fizjoterapeutów i inżynierów, z udziałem autorki rozprawy. Uczestnikami badania była unikatowa grupa badawcza, którą utworzyły noworodki w drugiej lub trzeciej dobie życia z prawidłowym wywiadem ciąży-w-porodowym, urodzone na oddziale noworodkowym Piekarskiego Centrum Medycznego w Piekarach Śląskich. Narzędzie MARS umożliwiło zmierzenie podstawowych parametrów kinetycznych, takich jak prędkość i przyspieszenie kończyn górnych i dolnych. W badaniach zostały również wyznaczone wartości liczbowe dla autorskich wskaźników, opisujących kierunek i trajektorię ruchu: współczynnik kształtu ruchu (Factor of movement's shape; FMS), współczynnik pola ruchu (Factor of movement's area; FMA), środek pola ruchu w pionie (Center of movement's area-vertical; CMA-v), środek pola ruchu w poziomie (Center of movement's area-horizontal; CMA-h) [18,19].

Analizując uzyskane wyniki ruchliwości spontanicznej badanych noworodków, zauważono różnice w aspekcie średniej prędkości kończyn dolnych i górnych oraz różnice w przyspieszeniach. Na podstawie wyników parametru FMS określającego kształt ruchu stwierdzono, że trajektorie ruchu wykonywanego przez każdą kończynę są eliptyczne. Nie wykryto różnic w wynikach FMA pomiędzy kończynami górnymi i dolnymi. Poprzez analizę wartości CMA-v i CMA-h zauważono różnice zarówno pomiędzy kończynami górnymi i dolnymi oraz pomiędzy stroną prawą i lewą.

Z uwagi na fakt, że przeprowadzone badania oparte są o autorskie wskaźniki ruchu, bezpośrednie odniesienie uzyskanych wyników do innych badań podejmujących komputerową ocenę ruchów spontanicznych, jest trudne.

Podjęto próbę przedstawienia wyników wszystkich zmierzonych parametrów ruchliwości spontanicznej w formie percentyli rzędu 3%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 97% na siatce centylowej. Poczyniono wszelkie starania, aby badane były zdrowe noworodki, dlatego wartości znajdujące się pomiędzy percentylem 3% a 97% mogą stanowić przybliżone, poglądowe wartości normy dla ocenianych parametrów ruchliwości spontanicznej noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia. Niewątpliwie stworzenie zakresów referencyjnych siatki centylowej wymaga przeprowadzenia badania na znacznie większej i zróżnicowanej populacji dzieci [38,47].

Bardzo interesująco przedstawiają się wyniki MARS dotyczące różnic w symetrii w ruchliwości spontanicznej badanych noworodków. Różnice istotne statystycznie dotyczą współczynników CMA-h nadgarstków, CMA-v kostek, FMS nadgarstków oraz średniej prędkości nadgarstków i kostek. Należy stwierdzić, że wartość średnia parametru CMA-h (w poziomie) nadgarstków prawych jest wyższa niż nadgarstków lewych. Oznacza to, że nadgarstki prawe były bardziej oddalone od osi barku niż nadgarstki lewe. Analizując parametr CMA-v (w pionie) kostek, wyższą bezwzględną wartość średnią wyliczono dla kostek prawych, co oznacza, że w porównaniu do kostek lewych znajdowały się dalej od osi stawu biodrowego w pionie. Z fizjoterapeutycznego punktu widzenia można powiedzieć, że kończyny prawe wykonywały więcej ruchów prostowania niż kończyny lewe. Z przedstawionych wyników dotyczących różnic w symetrii można wysunąć hipotezę, że badane noworodki prezentowały asymetryczne ułożenie pomiędzy prawymi i lewymi kończynami, przypominające asymetryczny toniczny odruch szyjny, gdzie w kończynach po stronie prawej przeważały ruchy prostowania, a po lewej zgięcia. Jednak dla potwierdzenia tej obserwacji należałoby zbadać również ustawienie głowy. W literaturze przedmiotu istnienie asymetrycznego tonicznego odruchu szyjnego u noworodków urodzonych w terminie jest dyskusyjne. Na tak wczesnym etapie życia badacze skłaniają się raczej do określenia preferencji pozycji [6,66]. W badaniach Kranen-Mastenbroek i wsp. [93] zarejestrowali trzygodzinne nagrania video 30 donoszonych noworodków pomiędzy trzecim a ósmym dniem życia. Analizie poddano następujące dane: wpływ ustawienia głowy na symetrię ruchów czterech kończyn oraz obecność wzorca ATOS. Stwierdzono, że wzorce ruchowe, z wyjątkiem kontaktu ręka-twarz i ręka-usta, wykazywały symetryczny rozkład, a obecność ATOS u noworodków jest raczej rzadka [93].

Nieco inne spojrzenie na symetrię ruchów, w tym przypadku kończyn dolnych, przedstawia w swoich badaniach Gima i wsp. [33]. Dokonali systematycznej oceny ruchów spontanicznych kończyn dolnych u ośmiu noworodków w kolejnych miesiącach życia,

począwszy od miesiąca 0, a skończywszy na szóstym. Za pomocą trójosiowego akcelerometru umieszczonego tuż pod kostką mierzono przyspieszenie kończyn w przestrzeni trójwymiarowej. Rejestracja ruchu trwała 200s, podczas gdy niemowlę było w aktywnym stanie czuwania i leżało na plecach. Analizie poddano korelację pomiędzy lewą i prawą kończyną dolną w zakresie kierunku przyspieszenia ruchu. Dla noworodków współczynnik korelacji miał wartość ujemną, w związku z czym badacze stwierdzili, że spontaniczne ruchy kończyn dolnych były związane z charakterystycznym dla tego wieku naprzemiennym ruchem kopania prawą i lewą kończyną. Natomiast w przypadku niemowląt starszych, między drugim a czwartym miesiącem życia, następowała zmiana wartości współczynnika korelacji od ujemnej do dodatniej, z czego autorzy wysunęli wniosek o zmianie wzorca ruchu kończyn dolnych, który umożliwia niemowlęciu uzyskanie zdolności do przetaczania [33].

W jednym z badań [61] stworzono system analizy ruchu, który pozwolił na uzyskanie liczbowych parametrów ruchu, takich jak prędkość i przyspieszenie. System ten polegał na monitorowaniu ruchu noworodków za pomocą 6 kamer przy jednoczesnym rozlokowaniu zestawu markerów (odblaskowych naklejek) na ciele diagnozowanego dziecka. Badano również korelację wyników pomiędzy stroną prawą i lewą, dzięki czemu możliwe było zaobserwowanie zależności w zakresie symetrii ruchów [61].

Analizując symetrię ruchów narzędziem MARS, zauważono dodatkowo, że średnia prędkość prawych nadgarstków i prawych kostek była niższa od odpowiadających im lewych nadgarstków i kostek. Z kolei średnia wartość wskaźnika FMS określającego kształt ruchu dla lewego nadgarstka była niższa, niż dla prawego, co oznacza, że lewy nadgarstek wykonywał ruchy o kształcie bardziej eliptycznym. W badaniach zespołu [19] dotyczących ruchu spontanicznego trojga niemowląt pomiędzy drugim a trzecim miesiącem życia, zbadano, że wyniki średniej prędkości oraz parametrów FMS, FMA i CMA kończyn były zależne od ustawienia głowy [19]. Zauważono, że ułożenie głowy wpływa na ruchliwość kończyn noworodków, co wymaga dalszych badań.

W niniejszej pracy podjęto próbę porównania wyników ruchliwości spontanicznej noworodków w podziale na płć żeńską i męską. Wykazano, że w badanej grupie płć nie miała żadnego istotnego statystycznie wpływu na ruchliwość noworodków. Nie wyodrębniono istotnej statystycznie zależności pomiędzy ruchami spontanicznymi noworodków, a informacjami zebranymi w kwestionariuszu takimi jak: rodzaj porodu, masa urodzeniowa noworodka oraz wiek matki. Należy wspomnieć, że zaobserwowano jedynie słabą dodatnią korelację Spearmana pomiędzy wiekiem matki i średnią prędkością prawych nadgarstków. Korelacja ta nie znajduje uzasadnienia, należy uznać ją za przypadkową.

Do takich samych wniosków w swoich badaniach doszedł zespół Ploegstra i wsp. [72], który badał ruchy globalne u 33 zdrowych, donoszonych noworodków i oceniał wpływ rodzaju porodu (SN lub CC) na jakość tychże ruchów. Dzieci były nagrywane czterokrotnie w pierwszym tygodniu życia, a następnie filmy były oceniane przez ekspertów zgodnie z metodą Prechtla. Zbadano, że jakość GMs nie różniła się pomiędzy noworodkami, niezależnie od sposobu porodu. Nie zauważono, aby płeć dziecka i masa urodzeniowa wpływały na jakość ruchów globalnych [72].

Na podstawie analizy wyników zależności pomiędzy oceną ruchów spontanicznych wykonaną metodą Prechtla a MARS, stwierdzono statystycznie istotne różnice dla parametru FMS i FMA pomiędzy grupą PR (poor repertoire) i N (norma-ruchy writhing) zarówno dla kostek, jak i dla nadgarstków. W grupie PR zakres ruchu kończyn górnych i dolnych był istotnie mniejszy niż w grupie N. Zarejestrowana średnia prędkość i przyspieszenie dla kończyn w grupie N była wyższa w porównaniu do grupy PR. Wyniki wykonane narzędziem MARS są spójne z eksperckim podziałem według metody Prechtla na grupę PR i N. Według definicji ubogi repertuar jest stwierdzany, kiedy ruchy poszczególnych części ciała nie wykazują złożoności, a zróżnicowanie prędkości i amplitudy ruchu jest zmniejszone, co znajduje odzwierciedlenie w powyższych wynikach parametrów dla grupy PR. Z kolei wyniki liczbowe analizy ruchu noworodków w grupie N wpisują się w definicję ruchów writhing w rozwoju prawidłowym. Według definicji WMs charakteryzują się amplitudą w zakresie od małej do umiarkowanej, prędkością od wolnej do umiarkowanej, mają eliptyczny kształt i sprawiają wrażenie wijącego ruchu [26,28].

Zespół Ohgi i wsp. [67] przeanalizował spontaniczne ruchy kończyn górnych u 6 zdrowych, donoszonych noworodków w wieku jednego miesiąca. Wykorzystali oni trójosiowy akcelerometr do pomiaru przyspieszenia kończyn w przestrzeni trójwymiarowej. Ich badania obiektywnie przedstawiają złożoność spontanicznych ruchów zdrowych noworodków. Sygnały przyspieszenia z prawego nadgarstka rejestrowano w ciągu 200 s, gdy noworodek był w stanie aktywnego czuwania i leżał na wznak. Zasugerowano, że spontaniczne ruchy noworodków mają dynamiczną charakterystykę. Ponadto ten sam zespół w innej pracy [68] przeanalizował spontaniczne ruchy kończyn górnych u 14 wcześniaków w wieku korygowanym jednego miesiąca, zarówno dobrze rokujących, jak i tych z uszkodzeniami mózgu. Wyszuli taki sam wniosek, jak we wcześniejszych badaniach w odniesieniu do spontanicznych ruchów u dzieci przedwcześnie urodzonych dobrze rokujących. Natomiast ruchy niemowląt z dysfunkcjami mózgu określono jako niestabilne, nieprzewidywalne i bardziej zwymiarowane, co oznacza mniejszą różnorodność [68]. Powyższe obserwacje

znajdują swoje odzwierciedlenie w badaniach własnych dotyczących analizy ruchów pomiędzy noworodkami zakwalifikowanymi przez ekspertów do grupy PR a N. W grupie N obserwowano wyższą średnią prędkość dla nadgarstków i kostek oraz wyższe wartości parametru FMA i FMS. Oznacza to, że ruchy kończyn noworodków z grupy N były dynamiczne, miały większy zakres i bardziej kolisty kształt. Z kolei ruchy noworodków z grupy PR były mniej zróżnicowane pod kątem średniej prędkości, przyspieszenia i zakresu ruchu.

Ciekawe retrospektywne badania przeprowadzili Kanemaru i wsp. [52]. Przeanalizowali nagrania video spontanicznych ruchów 124 dzieci urodzonych przedwcześnie, które były rejestrowane, kiedy osiągnęły wiek odpowiadający noworodkowi donoszonemu. Zarejestrowane ruchy spontaniczne skwantyfikowano za pomocą sześciu wskaźników ruchu, które obliczono z trajektorii ruchu dla kończyn górnych i dolnych. Noworodki podzielono na trzy grupy rozwojowe: prawidłową, graniczną lub z opóźnieniem na podstawie Skali Rozwoju Psychologicznego, przeprowadzonej u badanych dzieci w wieku 3 lat. Autorzy analizowali różnice grupowe we wskaźnikach ruchu. W grupie z opóźnieniem średnia prędkość kończyn górnych i dolnych była istotnie mniejsza, a korelacja przyspieszenia kończyn górnych i dolnych istotnie większa niż w grupie z prawidłowym rozwojem. U dzieci, które wykazywały opóźnienie rozwoju w wieku 3 lat, spontaniczne ruchy w wieku noworodkowym można opisać jako mniej aktywne, przerywane występowaniem nagłych i zsynchronizowanych ruchów kończyn. Według autorów rozpoznanie powyższych cech ruchów spontanicznych u dzieci przedwcześnie urodzonych może służyć jako predyktor rozwoju poznawczego i behawioralnego [52].

Poor repertoire występuje często u zdrowych noworodków, stąd wartość predykcyjna jest określana w literaturze jako niska [27,72]. Jednocześnie de Vries i Bos [16] wyciągnęli wniosek, że jeśli u noworodka zaobserwuje się przynajmniej jedną sekwencję ruchów writhing, to szanse na jego prawidłowy rozwój są wysokie (94%). Warto wspomnieć, że Einspieler i Prechtel [28] nie zalecali nagrywania ruchów globalnych w czasie pierwszych 3 dni po porodzie, dlatego że wiele fizjologicznych zmiennych może wpływać na badanie. Jest to również czas początkowej niestałości behawioralnej, szybkich zmian zachowania ze spokojnego snu do płaczu, co utrudnia obserwację [28].

Pomimo tego w literaturze przedmiotu powstaje coraz więcej opracowań podejmujących temat diagnostyki i badania noworodków od pierwszych dni po porodzie. Zespół de Vries i wsp. [17] zbadał 19 noworodków z ekstremalnie niską masą urodzeniową w 2, 4, 6, 10 i 14 dobie życia metodą Prechtla. Stwierdzili, że w czasie pierwszych 14 dni życia wszystkie badane przez nich dzieci prezentowały ubogi repertuar.

W innej pracy de Vries i wsp. [16] przeprowadzili większe badania na 35 noworodkach urodzonych przedwcześnie w pierwszych 10 dniach życia. W trakcie trwania badań celem było znalezienie związku pomiędzy oceną GMs, a czynnikami klinicznymi i wynikiem neurologicznym w wieku 24 miesięcy. Na podstawie wyników wykazano, że dzieci często prezentowały nieprawidłowe GMs, szczególnie we wczesnych dniach życia. Im młodszy noworodek, tym częściej pokazywał nieprawidłowe GMs. W 2 dniu życia większość badanych noworodków została oceniona jako PR. Zaobserwowano, że GMs normalizowały się w 10 dniu życia noworodków. Ostatecznie analizując wyniki w wieku 24 msc, stwierdzono, że z trzydziestu pięciu badanych większość (n=30) rozwinęła się prawidłowo, a 5 prezentowało niewielkie zaburzenia ruchowe i/lub umysłowe. Żadne z badanych noworodków nie rozwinęło mózgowego porażenia dziecięcego. W związku z tym autorzy wyciągnęli wniosek, że wartość predykcyjna ubogiego repertuaru podczas pierwszych dni życia nie jest do końca znana [16].

Jednakże badania noworodków prezentujących PR sprawiły, że naukowcy zaczęli dostrzegać znaczenie ubogiego repertuaru w diagnostyce zaburzeń funkcji poznawczych. Dopiero niedawno skupiono się na pytaniu, czy ocena ruchów globalnych może rzucić światło na diagnostykę zaburzeń procesów behawioralnych, umysłowych i genetycznych [8,22,23,41,29,70]. Zbadano i udowodniono, że PR ma związek z ryzykiem późniejszych, mniejszych zaburzeń neurorozwojowych, które mogą mieć wpływ na obszar motoryczny i społeczno-emocjonalny [8,22,29]. W szczególności coraz więcej dowodów wskazuje na to, że powtarzalność przez kilka tygodni wzorca PR wiąże się z opóźnieniem poznawczym [89]. Ponadto Einspieler i wsp. [29] opisali, że obecność nieprawidłowych wzorców PR może się wiązać z późniejszą diagnozą spektrum autyzmu lub zespołu Retta.

Badania własne potwierdziły, że podział na grupę PR i N jest możliwy do wykonania u noworodków dzięki Multimodalnej Analizie Ruchów Spontanicznych. Można stwierdzić, że narzędzie MARS „widzi” i rozróżnia ruch na PR i N. Mając na uwadze fakt, że podjęto szeroki zakres analizy wyników ruchów spontanicznych noworodków, w niniejszej pracy skupiono się przede wszystkim na próbie liczbowego opisu ruchu noworodków na podstawie prędkości i przyspieszenia oraz zaproponowanych wskaźników FMS, FMA, CMA-v i CMA-h.

Przedstawione powyżej badania różnych zespołów badawczych opierają się na analizie aktywności spontanicznej noworodków i niemowląt przy użyciu markerów czy akcelerometrów [32,33,52,67,68,78,94]. Wykorzystanie elementów mocowanych bezpośrednio do kończyn dziecka budzi wątpliwości związane z ewentualnym wpływem na motorykę małego dziecka. Obecnie wiele zespołów badawczych podejmuje próby opracowania skutecznej, bezmarkerowej metody analizy ruchów spontanicznych noworodków oraz

niemowląt. Do tej pory często stosowanym rozwiązaniem jest analiza filmów w oparciu o metodę Prechtla wraz z przetwarzaniem danych, której celem jest uzyskanie informacji o lokalizacji poszczególnych części ciała dziecka w czasie. Podejście to wymaga jednak każdorazowo obecności eksperta metody Prechtla do oceny filmu, co czyni je mało dostępnym i czasochłonnym. W ostatnich latach postęp w rozwoju technologii, a także w wizji komputerowej umożliwił śledzenie ruchu za pomocą kamer 2D RGB, które przechwytyują zarówno fale widzialne, jak i podczerwone. To całkowicie nieinwazyjne podejście pozwala na śledzenie swobodnych i spontanicznych ruchów niemowlęcia zgodnie z wymaganiami metody Prechtla oraz pozwala uchwycić nie tylko położenie pojedynczych punktów na ciele, ale także położenie wszystkich stawów niemowlęcia. Przełomem było podjęcie badań związanych z rozwojem algorytmów estymacji pozy, które przyczyniły się do wzrostu ich popularności w opracowywanych systemach komputerowego wspomaganie diagnostyki niemowląt [39,56]. Opisywane w literaturze projekty wykorzystują zarówno algorytmy uczenia maszynowego (machine learning) [46], jak i uczenia głębokiego (deep learning) [58].

Zespół Tacchino i wsp. [91] stworzył prosty, skomputeryzowany system do analizy video zintegrowany z Biobankiem pozwalającym na systematyczne gromadzenie danych o dziecku. System analizy spontanicznych ruchów noworodków MIMAS (Markerless Infant Movement Analysis System) powstał w oparciu o jedną standardową kamerę 2D RGB, bez markerów mocowanych do ciała, w celach diagnostycznych, prognostycznych i epidemiologicznych. W badaniu wzięły udział dzieci urodzone przedwcześnie (n=46) oraz urodzone w terminie (n=21). Badano 39 parametrów wyrażających przestrzenno-czasowe cechy ruchu dziecka dwukrotnie: w dniu narodzin oraz 8-12 tygodni później. Oceniano ilość i symetrię ruchów segmentalnych oraz rytm i geometrię ruchów globalnych. System pozwolił na rozróżnienie noworodków urodzonych przedwcześnie i noworodków donoszonych na podstawie pierwszego badania. Natomiast wyniki uzyskane w drugim badaniu sugerują, że różnica ta zanika w 3 miesiącu po urodzeniu [91].

Kamera 2D RGB została również wykorzystana w badaniach prowadzonych przez Reich i wsp. [83]. Zespół zaproponował nowatorski algorytm uczenia maszynowego do wykrywania ruchów fidgety. Zbiór danych uzyskanych z kamery został opatrzony adnotacjami przez dwóch dobrze wyszkolonych i doświadczonych diagnostów metody Prechtla. Używając OpenPose, uzyskano pełną pozycję niemowlęcia w postaci 25-punktowego szkieletu. Szkielet ten został użyty jako wektor wejściowy dla sztucznej sieci neuronowej SMNN (shallow multilayer neural network). Wykazano, że SMNN jest w stanie rozróżnić

ruchy fidgety (fidgety movements; FMs) od ruchów nieprawidłowych z dokładnością klasyfikacji 88%.

Tsuji i wsp. [92] w swoich badaniach zaproponowali pomiar ruchu bez użycia markerów oraz automatyczną klasyfikację zgodną z metodą Prechtla na WMs, PR, CS i FMs. Proponowany system w swojej testowej wersji został zastosowany do oceny i klasyfikacji ruchu noworodków donoszonych oraz o niskiej masie urodzeniowej. System oblicza 25 wskaźników związanych z GMs, w tym wielkość i rytm ruchów za pomocą analizy surowego obrazu video. Klasyfikacji ruchu dokonuje się na podstawie klinicznej definicji GMs przy użyciu sztucznej sieci neuronowej. W projekcie połączono analizę video i uczenie maszynowe. Wyniki eksperymentalne pokazały, że proponowany system wychwycił charakterystykę ruchów niemowląt i dokładnie sklasyfikował typ ruchu. Dokładność klasyfikacji ruchów prawidłowych i nieprawidłowych wyniosła $90,2 \pm 0,94\%$, co wskazuje, że zaproponowany przez Tsuji i wsp. system może skutecznie wspierać wczesne diagnozowanie [92].

Podobne podejście zaproponował zespół OSESEC [20]. Podjęto próbę automatycznego wykrycia ruchów writhing. W badaniu wzięło udział 31 noworodków. Zaproponowano obiektywne parametry opisujące zakres, charakter i położenie ruchu każdej kończyny. Trzy algorytmy uczenia maszynowego były oceniane pod kątem wykrywania WMs. W wynikach eksperymentalnych osiągnięto dokładność wykrywalności na poziomie 80%. W badaniach stworzono i wykorzystano algorytmy w oparciu o estymację pozy i uczenie maszynowe, co jest zgodne z najnowocześniejszymi trendami w komputerowo wspartej diagnostyce na świecie.

Warto podkreślić, że badania własne dotyczyły dzieci w drugiej lub trzeciej dobie życia, w związku z tym musiały się odbywać w warunkach szpitalnych na oddziale noworodkowym. Wiązało się to z dopasowaniem badań do rytmu pracy lekarzy i położnych na oddziale noworodkowym. Zdarzało się, że noworodki były celowo wybudzane, karmione i nagrywane, co było pewną niemożliwą do wykluczenia niedogodnością, aby móc przeprowadzić badania na tak specyficznej grupie wiekowej. W innych pracach [16,17] badacze również zgłaszali trudności w znalezieniu odpowiedniej pory do nagrywania noworodków zarówno w warunkach szpitalnych, jak i pozaszpitalnych. Trudności te związane były z zasypianiem dzieci oraz płaczem w trakcie rejestracji video. Wiele nagrań z tego powodu musiało być wykluczanych. W odpowiedzi na te wyzwania udowodniono, że filmy nagrywane w warunkach domowych przez odpowiednio poinstruowanych rodziców nadają się do oceny klinicznej [97]. Zaowocowało to stworzeniem narzędzi do nagrywania opartego na aplikacjach mobilnych. Kwong i wsp. [55] oraz Spittle i wsp. [88] zaproponowali aplikację Baby Moves, która

umożliwia nagrywanie 3-minutowego filmu w warunkach domowych przy użyciu smartfonu. Dzięki takiemu rozwiązaniu rodzice mogą wybrać odpowiednią porę dnia, aby nagrać swoje dziecko, dostosowując się do jego rytmu, co w warunkach gabinetu jest dużo trudniejsze. Po przesłaniu filmu do odpowiedniego centrum nagranie jest oceniane niezależnie przez dwóch specjalistów metody Prechtla. Z kolei Adde i wsp. [1] poszli w tym aspekcie o krok dalej. Stworzyli aplikację In-Motion-App opierającą się również na wykorzystaniu smartfonu i nagraniu 3-minutowego filmu z dzieckiem. Nowością w tej aplikacji jest fakt wykorzystania programu automatycznej detekcji 7 punktów na ciele dziecka (nos, klatka piersiowa, mostek, nadgarstki, kostki i miednica). Według autorów tego rozwiązania jest to pierwsza aplikacja na smartfon, która bazuje na automatycznej detekcji ruchu w nagraniach domowych. Wraz z postępem technologii i komunikacji mobilnej smartfon jest coraz częściej postrzegany jako przenośny komputer, a nie tylko telefon, co zachęca do tworzenia aplikacji. Aplikacje na smartfon mogą odmienić opiekę zdrowotną, poprawiając dostęp do diagnozy klinicznej i przyspieszyć interwencje terapeutyczne. Wydaje się nieuniknionym, że zautomatyzowane oprogramowanie wykrywające punkty orientacyjne ciała niemowlęcia na podstawie filmów ze smartfonów stanie się powszechnym narzędziem diagnostycznym wspierającym medyków [1,55,88].

Należy pamiętać, że diagnoza zaburzeń neurorozwojowych jest złożonym procesem i nadużyciem byłoby twierdzenie, że aplikacja na smartfon zastąpi wizytę u specjalisty, choć niewątpliwie może pełnić funkcję testu przesiewowego. Rozwijanie komputeryzacji w diagnostyce noworodków i niemowląt poprzez opracowywanie zautomatyzowanych rozwiązań ma na celu uzupełnienie oceny w praktyce klinicznej. Biorąc pod uwagę różne stosowane techniki, wydaje się na chwilę obecną, że żadne zdigitalizowane rozwiązanie nie jest w stanie zastąpić klinicznej wiedzy i doświadczenia medyków. Może natomiast złagodzić obciążenie pracą powodujące zmęczenie i mające wpływ na personel badawczy, zwiększając w ten sposób wydajność i ogólną jakość diagnostyki. Rozwijana technologia ułatwić może również interpretację dużych zbiorów danych, aby stworzyć skuteczne, użyteczne i powszechnie dostępne narzędzie do diagnostycznych badań przesiewowych od pierwszych dni po urodzeniu.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zastosowanie Multimodalnej Analizy Ruchów Spontanicznych pozwoliło w sposób rzetelny, mierzalny i porównywalny dokonać oceny ruchów spontanicznych noworodków. Nowatorskie narzędzie umożliwiło analizę matematyczno-informatyczną ruchów spontanicznych i obiektywizację obserwacji pod kątem prędkości, przyspieszenia oraz współczynników, dając realną możliwość cyfrowego opisu

zakresu i trajektorii ruchu. Narzędzie wymaga dalszych badań i testów, ale już dziś można powiedzieć, że jego wartość użytkowa może być pomocna we wczesnej diagnostyce noworodków. Zapis ruchów dziecka w postaci wskaźników ilościowych pozwoli na zebranie informacji koniecznych do oceny początkowego stanu funkcjonalnego dziecka, wyznaczenia celów terapii neurorozwojowej oraz porównania badania początkowego z kolejnym, w celu prawidłowego prowadzenia procesu terapii.

W przyszłości planowane jest badanie noworodków z obciążonym wywiadem ciąży-porodowym, co pozwoli na weryfikację dotychczasowych wyników. Zestawienie wyników dzieci zdrowych i dzieci z obciążeniami może dostarczyć przesłanek do zastosowania MARS, jako narzędzia do wczesnego badania przesiewowego dzieci pod kątem późniejszych zaburzeń neurologicznych. Jednakże na tym etapie badań celem pracy nie było prognozowanie rozwoju dzieci, ale szczegółowa i wyrażona liczbowo próba oceny ruchów spontanicznych noworodków zdrowych. Aby jeszcze dokładniej analizować ruch, w tym wpływ ustawienia głowy, niezbędne jest udoskonalenie systemu poprzez wprowadzenie dodatkowych algorytmów. Uwzględnienie położenia głowy może dostarczyć kluczowych informacji na temat początków preferencji pozycji. Wskazane jest rozwijanie projektu poprzez wykonanie długoterminowych obserwacji, zarówno na oddziale noworodkowym, jak i na oddziale patologii noworodka oraz kontynuowanie badań w warunkach pozaszpitalnych. Proponuje się także, aby w przyszłych pracach stworzyć nowy algorytm do automatycznego wykrywania fragmentów nagrań związanych ze snem lub płaczem w obrazie video. Działania powinny również koncentrować się na stworzeniu takiego systemu oceny, który będzie powszechnie dostępny, łatwy w obsłudze i nie będzie generował zbyt wysokich kosztów. Rozważane jest stworzenie odpowiedniej aplikacji na smartfon.

Ograniczenia

Technicznym ograniczeniem pracy była analiza obrazu jedynie w płaszczyźnie czołowej (obraz 2D). Możliwość rozbudowy systemu kamer w kierunku analizy trójwymiarowej ruchu przyczyni się do uzyskania ważnych informacji o ruchu niemowląt, niemożliwych do uzyskania przy analizie obrazu dwuwymiarowego.

Niewątpliwie duża liczba wykluczonych z dalszej analizy nagrań skłania do zastanowienia, co można poprawić przy nagrywaniu tak wyjątkowej grupy uczestników badań, jakimi są noworodki, aby uniknąć w przyszłości utraty cennego materiału do badań. Stwierdzono, że rozebrane do pieluchy noworodki, pomimo odpowiedniej dla oddziału noworodkowego temperatury pomieszczeń, wykazywały oznaki marznięcia w postaci kichania, zimnych stóp i dłoni oraz czkawki. Wydaje się prawdopodobnym, że mogło to przekładać się

na niepokój u dzieci, wystąpienie płaczu, czy potrzebę podania smoczka i głaskania. W kolejnych badaniach noworodków warto wyposażyć stanowisko pomiarowe w dodatkowe, zewnętrzne źródło ciepła, na przykład w postaci podgrzewanej maty.

W przeprowadzonych badaniach nie wzięto pod uwagę ułożenia głowy dziecka. Zauważono jednak, że ułożenie głowy wpływa na ruchliwość kończyn noworodków. W przyszłości należy poszerzyć badania o informacje na temat położenia głowy w rotacji w prawo, w lewo i w linii środkowej ciała oraz o wpływie tego ustawienia na symetrię ruchów.

Warto zaznaczyć, że analizą objęto tylko noworodki z prawidłowym wywiadem ciążowo-porodowym, co na tym etapie prac wynikało z celowo przyjętych założeń o badaniu dzieci zdrowych. Jednakże brak możliwości porównania wyników ruchliwości spontanicznej zdrowych noworodków z tymi, z obciążonym wywiadem uznać można za kolejne ograniczenie tego badania.

Ponadto założono, że noworodki z prawidłowym wywiadem ciążowo-porodowym są zdrowe. Aby w przyszłości z większym prawdopodobieństwem założyć, że badane noworodki rokują prawidłowy rozwój, należy wykonać nagranie i dokonać oceny dwukrotnie w okresie ruchów writhing (najlepiej pomiędzy 1 a 6 tygodniem życia) oraz kolejny raz w okresie ruchów fidgety (najlepiej pomiędzy 9 a 15 tygodniem życia), by zgodnie z metodą Prechtla uzyskać indywidualną trajektorię rozwoju [28].

6. Wnioski

- narzędzie MARS pozwala na uzyskanie mierzalnej informacji o ruchliwości spontanicznej noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia w aspekcie prędkości, przyspieszenia, kierunków (CMA-v, CMA-h) i trajektorii (FMS, FMA),
- na podstawie wyników ruchliwości spontanicznej noworodków można dostrzec różnice w zakresie symetrii pracy kończyn górnych i dolnych; w przyszłości należy zbadać wpływ ułożenia głowy w rotacji w lewo i w prawo oraz w linii środkowej ciała na symetrię ruchów dziecka,
- w badanej grupie nie zaobserwowano różnicy pomiędzy ruchami spontanicznymi noworodków płci żeńskiej i męskiej,
- zarówno wiek matki, jak i masa urodzeniowa noworodka nie różnicowały badanych noworodków w analizie MARS; nie stwierdzono również zależności pomiędzy ruchami spontanicznymi noworodków, a rodzajem porodu,
- zależność pomiędzy oceną ruchów spontanicznych wykonaną metodą Prechtla a metodą MARS jest istotna statystycznie w zakresie prędkości, FMS, FMA oraz CMA-v,
- system MARS pozwala na rejestrację i wstępną analizę ruchów spontanicznych noworodków, jednak należy przeprowadzić dalsze prace badawcze nad systemem, aby uzyskać optymalne informacje stanowiące podstawę do wspomagania diagnozy oraz obiektywizacji dokumentacji medycznej.

7. Streszczenie

Wstęp: Liczne badania wskazują, iż zaburzony ruch spontaniczny może być wczesnym wskaźnikiem trudności rozwojowych. Wczesne wykrycie nieprawidłowości w rozwoju dziecka daje szansę na szybkie rozpoczęcie terapii, w celu osiągnięcia jak najlepszej jakości życia i funkcjonowania. Komputerowo wsparta diagnostyka ruchu niemowląt jest dziedziną intensywnie rozwijającą się w ostatniej dekadzie. W niniejszej pracy zaproponowano komputerowo wspartą ocenę ruchów spontanicznych noworodków w obrazie video.

Cel: Celem pracy była ocena ruchów spontanicznych noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia na podstawie analizy matematyczno-informatycznej nagrań video z wykorzystaniem multimodalnej analizy ruchów.

Materiał i metody: Uczestnikami badania była grupa 81 noworodków w drugiej lub trzeciej dobie życia z prawidłowym wywiadem ciąży-porodowym. Do oceny ilościowej wykorzystano autorskie narzędzie pod roboczą nazwą Multimodalna Analiza Ruchów Spontanicznych-MARS. Zmierzono podstawowe parametry kinetyczne, takie jak prędkość i przyspieszenie nadgarstków oraz kostek. Zostały wyznaczone wartości liczbowe dla autorskich wskaźników opisujących kierunek i trajektorię ruchu: FMS - współczynnik kształtu ruchu, FMA - współczynnik pola ruchu, CMA-v - środek pola ruchu w pionie, CMA-h - środek pola ruchu w poziomie. Do oceny jakościowej aktywności spontanicznej noworodka wykorzystano metodę Prechtla. Otrzymane dane poddano analizie statystycznej.

Wyniki: Uzyskano zapis liczbowy parametrów kinetycznych oraz wskaźników opisujących kierunek i trajektorię ruchu kończyn. Wyznaczono noworodki prezentujące ruchy writhing (N) oraz ubogi repertuar (PR). Zauważono różnice istotne statystycznie w aspekcie średniej prędkości, przyspieszenia, FMS, FMA, CMA-v i CMA-h dla nadgarstków i kostek w symetrii ruchów między stroną prawą i lewą oraz w podziale na grupę PR i N. Nie zauważono różnic istotnych statystycznie w ruchliwości noworodków ze względu na masę urodzeniową, płeć, sposób porodu (siłami natury, cesarskie cięcie) oraz wiek matki.

Wnioski: Zastosowanie MARS pozwoliło w sposób mierzalny i porównywalny dokonać oceny ruchów spontanicznych noworodków. Umożliwiło analizę matematyczno-informatyczną ruchów i obiektywizację obserwacji, dając realną możliwość liczbowego opisu ruchu. Narzędzie wymaga dalszych badań i testów, ale już dziś można powiedzieć, że jego wartość użytkowa może być pomocna we wczesnej diagnostyce noworodków.

8. Summary

Introduction: Numerous studies indicate that disturbed spontaneous movement may be an early indicator of developmental difficulties. Early detection of abnormalities in a child's development gives a chance to start early treatment in order to achieve the best quality of life and functioning. Computer-aided diagnostics of infant movement is a field that has been developing intensively in the last decade. This study proposes a computer-assisted assessment of spontaneous movements of newborns in a video image.

Aim: The aim of the study was to assess the spontaneous movements of newborns in the second or third day of life on the basis of mathematical and IT analysis of video recordings using the multimodal movement analysis.

Material and methods: The participants of the study were a group of 81 newborns, second or third day of life, with a normal pregnancy and childbirth interview. An original tool under the working name Multimodal Analysis of Spontaneous Movements was used for the quantitative assessment. Basic kinetic parameters such as speed and acceleration of the wrists and ankles were measured. Numerical values have been determined for the novel indicators describing the direction and trajectory of motion: FMS - Factor of Movement's Shape, FMA - Factor of Movement's Area, CMA-v - Center of Movement's Area-vertical, CMA-h - Center of Movement's Area-horizontal. The Prechtl's General Movement Assessment was used to assess the qualitative spontaneous activity of the newborn. The obtained data underwent statistical analysis.

Results: A numerical record of kinetic parameters and indicators describing the direction and trajectory of limb movement was obtained. Newborns presenting writhing movements (N) and poor repertoire (PR) were selected. There were statistically significant differences in the aspect of average speed, acceleration, FMS, FMA, CMA-v and CMA-h for wrists and ankles in the symmetry of movements between the right and left sides and divided into groups PR (poor repertoire) and N (normal) according to Prechtl's methods. There were no statistically significant differences in spontaneous movements in terms of birth weight, sex, delivery method (natural, caesarean section) and maternal age.

Conclusion: Multimodal Analysis of Spontaneous Movements allowed for a measurable and comparable assessment of spontaneous movements of newborns. It enabled the mathematical and IT analysis of movements and the objectification of observations, giving a real possibility of a numerical description of the movement. The tool requires further research and testing, but today it can be said that its use value can be helpful in the early diagnosis of newborns.

9. Bibliografia

1. Adde L, Brown A, van den Broeck C, DeCoen K, Eriksen BH, Fjørtoft T, Groos D, Ihlen EAF, Osland S, Pascal A, Paulsen H, Skog OM, Sivertsen W, Støen R. In-Motion-App for remote General Movement Assessment: a multi-site observational study. *BMJ*, 2021; 11(3):042147
2. Adde L, Helbostad JL, Jensenius AR, Taraldsen G, Grunewaldt KH, Støen R. Early prediction of cerebral palsy by computer-based video analysis of general movements: a feasibility study. *Dev Med Child Neurol*, 2010; 52(8):773-778
3. American Academy of Pediatrics Committee on Fetus and Newborn; American College of Obstetricians and Gynecologists Committee on Obstetric Practice. The Apgar Score. *Pediatrics*, 2015; 36(4):819-822
4. Baskett TF. Virginia Apgar and the newborn Apgar Score. *Resuscitation*, 2000; 47(3):215-217
5. Beccaria E, Martino M, Briatore E, Podestà B, Pomero G, Micciolo R, Espa G, Calzolari S. Poor repertoire general movements predict some aspects of development outcome at 2 years in very preterm infants. *Early Hum Dev*, 2012; 88(6):393-396
6. Boere-Boonekamp MM, van der Linden-Kuiper LT. Positional preference: prevalence in infants and follow-up after two years. *Pediatrics*, 2001; 107(2):339-343
7. Bosanquet M, Copeland L, Ware R, Boyd R. a systematic review of tests to predict cerebral palsy in young children. *Dev. Med. Child Neurol*, 2013; 55:418-426
8. Bruggink JLM, Van Braeckel KN, Bos AF. The early motor repertoire of children born preterm is associated with intelligence at school age. *Pediatrics*, 2010; 25:1356-1363
9. Cabon S, Porée F, Simon A, Rosec O, Pladys P, Carrault G. Video and audio processing in paediatrics: a review. *Physiol Meas*, 2019; 40(2):02TR02
10. Cao Z, Hidalgo G, Simon T, Wei SE, Sheikh Y. Openpose: realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 2019; 43(1):172-186
11. Chambers C, Seethapathi N, Saluja R, Loeb H, Pierce SR, Bogen DK, Prosser L, Johnson MJ, Kording KP. Computer vision to automatically assess infant neuromotor risk. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Engin*, 2020; 28(11):2431-2442.
12. Chatterjee J, Gullam J, Vatish M, Thornton S. The management of preterm labour. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2007; 92(2):88-93
13. Chen H, Xue M, Mei Z, Bambang Oetomo S, Chen W. a Review of Wearable Sensor Systems for Monitoring Body Movements of Neonates. *Sensors*, 2016; 16(12):2134

14. Cioni G, Prechtl HFR. Preterm and early postterm motor behaviour in low-risk premature infants. *Early Human Dev*, 1990; 23:159-191
15. Ciuraj M, Kieszczyńska K, Doroniewicz I, Lipowicz A. Subjective and objective assessment of developmental dysfunction in children aged 0–3 years-comparative study. *ITIB, Springer*, 2019; 382-391
16. de Vries NK, Bos AF. The quality of general movements in the first ten days of life in preterm infants. *Early Hum Dev*, 2010; 86(4):225-229
17. de Vries NK, Erwich JJ, Bos AF. General movements in the first fourteen days of life in extremely low birth weight (ELBW) infants. *Early Hum Dev*, 2008; 84(11):763-768
18. Doroniewicz I, Ledwoń D, Bugdol M, Kieszczyńska K, Affanasowicz A, Matyja M, Badura D, Mitas M, Myśliwiec M. Computer-based analysis of spontaneous infant activity: a pilot study. *ITIB, Springer*, 2021; 147-159
19. Doroniewicz I, Ledwoń D, Danch-Wierzchowska M, Bugdol M, Kieszczyńska K, Affanasowicz A, Matyja M, Michnik R, Mitas AW, Myśliwiec A. Temporal and spatial variability of the fidgety movement descriptors and their relation to head position in automatized general movement assessment. *ABB*, 2021; 23(3):69-78
20. Doroniewicz I, Ledwoń DJ, Affanasowicz A, Kieszczyńska K, Latos D, Matyja M, Mitas AW, Myśliwiec A. Writhing movement detection in newborns on the second and third day of life using pose-based feature machine learning classification. *Sensors*, 2020; 20(21):5986
21. Dubowitz L, Ricciw D, Mercuri E. The Dubowitz neurological examination of the full-term newborn. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 2005; 11(1):52-60
22. Einspieler C, Bos A, Libertus M, Marschik P. The general movement assessment helps us to identify preterm infants at risk for cognitive dysfunction. *Front Psychol*, 2016; 7:406
23. Einspieler C, Kerr AM, Prechtl HFR. Abnormal general movements in girls with Rett disorder: The first four months of life. *Brain Dev*, 2005; 27:8-13
24. Einspieler C, Marschik P. Central pattern generators and their significance for the foetal motor function. *Klin Neurophysiol*, 2012; 43:16-21
25. Einspieler C, Marschik PB, Pansy J, Scheuchenegger A, Kriebler M, Yang H, Kornacka MK, Rowinska E, Soloveichick M, Bos AF. The general movement optimality score: a detailed assessment of general movements during preterm and term age. *Dev Med Child Neurol*, 2016; 58(4):361-368
26. Einspieler C, Prechtl HF, Ferrari F, Cioni G, Bos AF. The qualitative assessment of

- general movements in preterm, term and young infants-review of the methodology. *Early Hum Dev*, 1997; 50(1):47-60
27. Einspieler C, Prechtl HFR, Bos AF, Ferrari F, Cioni G. Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants. Mc Keith Press, 2004
 28. Einspieler C, Prechtl HFR. Prechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental Retard Dev Disabil Res Rev*, 2005; 11:61-67
 29. Einspieler C, Sigafos J, Bölte S, Bratl-Pokorny K, Landa R, Marschik P. Highlighting the first 5 months of life: general movements in infants later diagnosed with autism spectrum disorder or Rett Syndrome. *Res Autism Spectr Disord*, 2014; 8:286-291
 30. Ferrari F, Cioni G, Einspieler C, Roversi M, Bos A, Paolicelli P. Cramped synchronized general movements in preterm infants as an early marker for cerebral palsy. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 2002; 156:460-467
 31. Ferrari F, Cioni G, Prechtl HFR. Qualitative changes of general movements in preterm infants with brain lesions. *Early Human Dev*, 1990; 23:193-231
 32. Fontana C, Ottaviani V, Veneroni C, Sforza SE, Pesenti N, Mosca F, Picciolini O, Fumagalli M, Dellacà RL. An automated approach for general movement assessment: a pilot study. *Front Pediatr*, 2021; 9:720502
 33. Gima H, Ohgi S, Morita S, Karasuno H, Fujiwara T, Abe K. a dynamical system analysis of the development of spontaneous lower extremity movements in newborn and young infants. *J Physiol Anthropol*, 2011; 30(5):179-186
 34. Główny Urząd Statystyczny, Informacja o sytuacji społeczno-gospodarczej kraju w 2017. Warszawa 2018
 35. Główny Urząd Statystyczny. Rocznik Demograficzny 2012-2017
 36. Główny Urząd Statystyczny. Rocznik Demograficzny 2021
 37. Goldenberg RL, Culhane JF, Iams JD, Romero R. Epidemiology and causes of preterm birth. *Lancet*, 2008; 5:75-84.
 38. Graham J, Baker A. Reference intervals. *Clin Biochem Rev*, 2008; 29: 93–97
 39. Groos D, Adde L, Støen R, Ramampiaro H, Ihlen EAF. Towards human-level performance on automatic pose estimation of infant spontaneous movements. *Comput Med Imaging Graph*. 2022; 95:102012
 40. Guzzetta A, Mercuri E, Rapisardi G, Ferrari F, Roversi MF, Cowan F, Rutherford M, Paolicelli PB, Einspieler C, Boldrini A, Dubowitz L, Prechtl HF, Cioni G. General

- movements detect early signs of hemiplegia in term infants with neonatal cerebral infarction. *Neuropediatrics*, 2003; 34(2):61-66
41. Hadders-Algra M. Early diagnosis and early intervention in cerebral palsy. *Front Neurol*, 2014; 5:185
 42. Hadders-Algra M. Early human motor development: from variation to the ability to vary and adapt. *Neurosci Biobehav Rev*, 2018; 90:411-427
 43. Hadders-Algra M. Evaluation of motor function in young infants by means of the assessment of general movements: a review. *Pediatr Phys Ther*, 2001; 13(1): 27-36
 44. Harris SR, Daniels LE. Reliability and validity of the Harris Infant Neuromotor Test. *J Pediatr*, 2001; 139(2):249-253
 45. Hellbrügge T, Lajosi F, Menara D, Schamberger R, Rautenstrauch T. *Monachijska Funkcjonalna Diagnostyka Rozwojowa. Postępy Pediatrii Społecznej*, Wrocław 2013
 46. Hesse H, Pujades S, Black M, Arens M, Hofmann U, Schroeder A. Learning and tracking the 3D body shape of freely moving infants from RGB-D sequences. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 2020; 42:2540-2551
 47. Hintz SR, Vohr BR, Bann CM, Taylor HG, Das A, Gustafson KE, Yolton K, Watson VE, Lowe J, DeAnda ME, Ball MB, Finer NN, Van Meurs KP, Shankaran S, Pappas A, Barnes PD, Bulas D, Newman JE, Wilson-Costello DE, Heyne RJ, Harmon HM, Peralta-Carcelen M, Adams-Chapman I, Duncan AF, Fuller J, Vaucher YE, Colaizy TT, Winter S, McGowan EC, Goldstein RF, Higgins RD. Preterm Neuroimaging and School-Age Cognitive Outcomes. *Pediatrics*, 2018; 142(1):20174058
 48. Ihlen EAF, Støen R, Boswell L, Regnier RA, Fjørtoft T, Gaebler-Spira D, Labori C, Loenneken MC, Msall ME, Moinichen UI, Peyton C, Schreiber MD, Silberg IE, Songstad NT, Vågen RT, Øberg GK, Adde L. Machine learning of infant spontaneous movements for the early prediction of cerebral palsy: a multi-site cohort study. *J Clin Med*, 2019; 9(1):5
 49. Ilcol YO. Reference intervals: current status, recent developments and future considerations. *Biochemia Medica*, 2016; 26(1):5-16
 50. Irshad MT, Nisar MA, Gouverneur P, Rapp M, Grzegorzec M. AI approaches towards Prechtl's assessment of general movements: a systematic literature review. *Sensors*, 2020; 20(18):5321
 51. Jeng SF, Yau KI, Chen LC, Hsiao SF. Alberta infant motor scale: reliability and validity when used on preterm infants in Taiwan. *Phys Ther*, 2000; 80(2):168-178
 52. Kanemaru N, Watanabe H, Kihara H, Nakano H, Takaya R, Nakamura T, Nakano J,

- Taga G, Konishi Y. Specific characteristics of spontaneous movements in preterm infants at term age are associated with developmental delays at age 3 years. *Dev Med Child Neurol*, 2013; 55(8):713-721
53. Karch D, Kim KS, Wochner K, Pietz J, Dickhaus H, Philippi H. Quantification of the segmental kinematics of spontaneous infant movements. *J Biomech*, 2008; 41(13):2860-2867
 54. Kihara H, Nakano H, Nakamura T, Gima H. Infant's behaviour checklist for low birth weight infants and later neurodevelopmental outcome. *Sci Rep*, 2021; 11(1):19286
 55. Kwong AK, Eeles AL, Olsen JE, Cheong JL, Doyle LW, Spittle AJ. The Baby Moves smartphone app for General Movements Assessment: Engagement amongst extremely preterm and term-born infants in a state-wide geographical study. *J Paediatr Child Health*, 2019; 55(5):548-554
 56. Kwong AKL, Fitzgerald TL, Doyle LW, Cheong JLY, Spittle AJ. Predictive validity of spontaneous early infant movement for later cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*, 2018; 60(5):480-489
 57. Maćkiewicz J. Badanie mediów multimodalnych-multimodalne badanie mediów. *Media Studies*, 2017; 2(69):33-42
 58. Marchi V, Hakala A, Knight A, D'Acunto F, Scattoni ML, Guzzetta A, Vanhatalo S. Automated pose estimation captures key aspects of general movements at eight to 17 weeks from conventional videos. *Acta Paediatr*, 2019; 08(10):1817-1824
 59. Matyja M, Domagalska M. Podstawy usprawniania neurorozwojowego wg Berty i Karela Bobathów. AWF Katowice 2011
 60. McCay KD, Ho ESL, Shum HPH, Fehringer G, Marcroft C, Embleton ND. Abnormal infant movements classification with deep learning on pose-based features. *IEEE Access*, 2020; 8:51582-51592
 61. Meinecke L, Breitbach-Faller N, Bartz C, Damen R, Rau G, Disselhorst-Klug C. Movement analysis in the early detection of newborns at risk for developing spasticity due to infantile cerebral palsy. *Hum Mov Sci*, 2006; 25(2):125-144
 62. Michałowicz R. Mózgowe porażenie dziecięce. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2001; 4:89-99
 63. Nakajima Y, Einspieler C, Marschik PB, Bos AF, Prechtl HFR. Does a detailed assessment of poor repertoire general movements help to identify those infants who will develop normally? *Early Hum Dev*, 2006; 82(1):53-59
 64. Novak I, Morgan C, Adde L, Blackman J, Boyd RN, Brunstrom-Hernandez J, Cioni G,

- Damiano D, Darrah J, Eliasson AC, de Vries LS, Einspieler C, Fahey M, Fehlings D, Ferriero DM, Fetters L, Fiori S, Forssberg H, Gordon AM, Greaves S, Guzzetta A, Hadders-Algra M, Harbourne R, Kakooza-Mwesige A, Karlsson P, Krumlinde-Sundholm L, Latal B, Loughran-Fowlds A, Maitre N, McIntyre S, Noritz G, Pennington L, Romeo DM, Shepherd R, Spittle AJ, Thornton M, Valentine J, Walker K, White R, Badawi N. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatr*, 2017; 171(9):897-907
65. Nuysink J, van Haastert IC, Eijsermans MJ, Koopman-Esseboom C, Helders PJ, de Vries LS, van der Net J. Prediction of gross motor development and independent walking in infants born very preterm using the Test of Infant Motor Performance and the Alberta Infant Motor Scale. *Early Hum Dev*, 2013; 89(9):693-697
66. Nuysink J, van Haastert IC, Takken T, Helders PJ. Symptomatic asymmetry in the first six months of life: differential diagnosis. *Eur J Pediatr*, 2008; 167(6):613-619
67. Ohgi S, Morita S, Loo KK, Mizuike C. a dynamical systems analysis of spontaneous movements in newborn infants. *J Mot Behav*, 2007; 39(3):203-214
68. Ohgi S, Morita S, Loo KK, Mizuike C. Time series analysis of spontaneous upper-extremity movements of premature infants with brain injuries. *Phys Ther*, 2008; 88(9):1022-1033
69. Panjan A, Šarabon N. Review of methods for the evaluation of human body balance. *Sport Science Review*. 2010; XIX(5-6):131-163
70. Peyton C, Einspieler C. General movements: a behavioral biomarker of later motor and cognitive dysfunction in NICU graduates. *Pediatr Ann*, 2018; 47(4):159-164
71. Philippi H, Karch D, Kang KS, Wochner K, Pietz J, Dickhaus H, Hadders-Algra M. Computer-based analysis of general movements reveals stereotypies predicting cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2014; 56(10):960-967
72. Ploegstra WM, Bos AF, de Vries NK. General movements in healthy full term infants during the first week after birth. *Early Hum Dev*, 2014; 90(1):55-60
73. Poniedziałek-Czajkowska E, Mierzyński R, Leszczyńska-Gorzela B, Szymula D, Oleszczuk J. Preterm labour - Current management. *GinPolMedProject*, 2013; 30(4):22-31
74. Prechtl HFR, Bos AF, Cioni G, Ferrari F, Einspieler C. Spontaneous motor activity as a diagnostic tool, video guide. The GM Trust, 1997a
75. Prechtl HFR, Einspieler C, Cioni G, Bos AF, Ferrari F, Sontheimer D. An early marker for neurological deficits after perinatal brain lesions. *Lancet*, 1997; 349:1361-1363

76. Prechtl HFR. General movement assessment as a method of developmental neurology: new paradigms and their consequences. The 1999 Ronnie MacKeith Lecture. *Dev Med Child Neurol*, 2001; 43:836-842
77. Prechtl HFR. The behavioural states of the newborn infant (a review). *Brain Res*, 1974; 76(2):185-212
78. Prioreschi A, Nappey T, Westgate K, Olivier P, Brage S, Micklesfield LK. Development and feasibility of a wearable infant wrist band for the objective measurement of physical activity using accelerometry. *Pilot Feasibility Stud*, 2018; 4:60
79. Purish SE, Gyamfi-Bannerman C. Epidemiology of preterm birth. *Semin-Perinatol*, 2017; 41:387-391
80. Pyzio-Kowalik M, Wójtowicz D, Skrzek A. Assessing postural asymmetry with a podoscope in infants with central coordination disturbance. *Res Dev Disabil*, 2013; 34(5):1832-1842
81. Ramenghi LA, Fumagalli M, Righini A, Bassi L, Groppo M, Parazzini C, Bianchini E, Triulzi F, Mosca F. Magnetic resonance imaging assessment of brain maturation in preterm neonates with punctate white matter lesions. *Neuroradiology*, 2007; 49(2):161-167.
82. Redd CB, Karunanithi M, Boyd RN, Barber LA. Technology-assisted quantification of movement to predict infants at high risk of motor disability: a systematic review. *Res Dev Disabil*, 2021; 118:104071
83. Reich S, Zhang D, Kulvicius T, Bölte S, Nielsen-Saines K, Pokorny FB, Peharz R, Poustka L, Wörgötter F, Einspieler C, Marschik PB. Novel AI driven approach to classify infant motor functions. *Sci Rep*, 2021; 11(1):9888
84. Sadowska L. Neurokinezyjologiczna diagnostyka i terapia dzieci z zaburzeniami rozwoju psychoruchowego. AWF Wrocław, 2001; studia i monografie nr 58
85. Sakkos D, Mccay KD, Marcroft C, Embleton ND, Chattopadhyay S, Ho ES. Identification of abnormal movements in infants: a deep neural network for body part-based prediction of cerebral palsy. *IEEE Access*, 2021; 9:94281-94292
86. Savitzky A, Golay MJ. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical chemistry*, 1964; 36(8):1627-1639
87. Silva N, Zhang D, Kulvicius T, Gail A, Barreiros C, Lindstaedt S, Kraft M, Bölte S, Poustka L, Nielsen-Saines K, Wörgötter F, Einspieler C, Marschik PB. The future of General Movement Assessment: The role of computer vision and machine learning-a scoping review. *Res Dev Disabil*, 2021; 110:103854

88. Spittle AJ, Olsen J, Kwong A, Doyle LW, Marschik PB, Einspieler C, Cheong J. The Baby Moves prospective cohort study protocol: using a smartphone application with the General Movements Assessment to predict neurodevelopmental outcomes at age 2 years for extremely preterm or extremely low birthweight infants. *BMJ Open*, 2016; 3;6(10):013446
89. Spittle AJ, Spencer-Smith MM, Cheong JL, Eeles AL, Lee KJ, Anderson PJ, Doyle LW. General movements in very preterm children and neurodevelopment at 2 and 4 years. *Pediatrics*, 2013; 132(2):452-458
90. Støen R, Songstad NT, Silberg IE, Fjørtoft T, Jensenius AR, Adde L. Computer-based video analysis identifies infants with absence of fidgety movements. *Pediatr Res*, 2017; 82(4):665-670
91. Tacchino C, Impagliazzo M, Maggi E, Bertamino M, Bianchi I, Campone F, Durand P, Fato M, Giannoni P, Iandolo R, Izzo M, Morasso P, Moretti P, Ramenghi L, Shima K, Shimatani K, Tsuji T, Uccella S, Zanardi N, Casadio M. Spontaneous movements in the newborns: a tool of quantitative video analysis of preterm babies. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021; 199:105838
92. Tsuji T, Nakashima S, Hayashi H, Soh Z, Furui A, Shibasaki T, Shima K, Shimatani K. Markerless measurement and evaluation of general movements in infants. *Sci Rep*, 2020; 10(1):1422
93. van Kranen-Mastenbroek VH, Folmer KB, Caberg HB, Kingma H, Blanco CE, Troost J, Hasaart TH, Vles JS. The influence of head position and head position change on spontaneous body posture and motility in full-term AGA and SGA newborn infants. *Brain Dev*, 1997; 19(2):104-110
94. Waldmeier S, Grunt S, Delgado-Eckert E, Latzin P, Steinlin M, Fuhrer K, Frey U. Correlation properties of spontaneous motor activity in healthy infants: a new computer-assisted method to evaluate neurological maturation. *Exp Brain Res*, 2013; 227(4):433-446
95. WHO. Born too soon: the global action report on preterm birth. 2012
96. Wu YC, van Rijssen IM, Buurman MT, Dijkstra LJ, Hamer EG, Hadders-Algra M. Temporal and spatial localisation of general movement complexity and variation-Why Gestalt assessment requires experience. *Acta Paediatr*, 2021; 110(1):290-300
97. Yeh KK, Liu WY, Wong AM, Lein R. Validity of general movement assessment based on clinical and home videos. *Pediatr Phys Ther*, 2020; 32(1):35-43

10. Załącznik

Załącznik nr 1-Kwestionariusz

Nazwa jednostki badawczej: Katedra Kinezyterapii i Metod Specjalnych Fizjoterapii Akademii
Wychowania Fizycznego im Jerzego Kukuczki w Katowicach,
40-065 Katowice ul. Mikołowska 72B

INFORMACJA DLA BADANEGO

Temat badania: System wspomagania, obiektywizacji i automatyzacji metod prospektywnej oceny rozwoju psychomotorycznego dziecka w pierwszym roku życia.

Imię i nazwisko kierownika badania:

dr hab. Andrzej Myśliwiec, prof. AWF telefon kontaktowy: 604 254 312

dr n. o kul. fiz. Iwona Doroniewicz telefon kontaktowy: 606460157

Imię i nazwisko osoby badanej: Wiek:

Szanowni Państwo, Adresaci projektu.

Rozwój psychoruchowy niemowlęcia charakteryzuje się ogromną zmiennością, różnorodnością oraz wariantowością. w dużym uproszczeniu jest on przewidywalny, gdyż pewne umiejętności pojawiają się w określonej kolejności. Wariantowość rozwoju ruchowego świadczy o prawidłowym funkcjonowaniu układu nerwowego. w związku z brakiem możliwości obiektywnej oceny zaburzeń neurorozwojowych u niemowląt oraz obiektywnego monitorowania efektów rehabilitacji, nasz projekt badawczy ma na celu skonstruowanie wiarygodnego, obiektywnego, a jednocześnie nieinwazyjnego sposobu oceny rozwoju psychoruchowego dziecka w pierwszym roku życia. Finalnie, produkt końcowy stanowić będzie wiarygodne prognozy rozwoju psychoruchowego na wczesnym etapie życia niemowląt.

Pragniemy Państwu zaproponować badanie, które pomoże ocenić rozwój dziecka, polegające na nagraniu video Państwa dziecka, które przeprowadzone zostanie przez badacza z zespołu interdyscyplinarnego, w drugiej lub trzeciej dobie życia. Badanie będzie polegało na ułożeniu dziecka na miękkim, zmywalnym materacyku z bocznymi ogranicznikami bezpieczeństwa. Wokół znajdować się będzie stabilny stelaż ramy, na której w odległości 1 metra od dziecka umieszczona będzie kamera. Urządzenia zastosowane w badaniach nie stanowią jakiegokolwiek zagrożenia z poziomu promieniowania, czy też innej energii, która w jakikolwiek sposób może wpłynąć na bezpieczeństwo dziecka poddanego obserwacji.

W trakcie programu badawczego prowadzonego przez pracowników Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach wraz z zespołem badawczy, wszyscy uczestnicy projektu są objęci ochroną ubezpieczeniową zgodnie z Polisą Compensa typ 1306 nr 001042291 obejmującą okres ubezpieczenia od 1.10.2018 Do 30.09.2019 z corocznym odnowieniem.

Dane osobowe oraz wizerunek pacjenta będą gromadzone i przetwarzane w bazie zgodnej z przepisami o ochronie danych osobowych i dostępne jedynie dla zespołu badawczego. Administratorem oraz odbiorcą danych uczestnika badania będzie zespół badawczy. Zbieranie i przechowywanie danych będzie przebiegało zgodnie z obowiązującym stanem prawnym. Dane spseudonimizowane są wyraźnie traktowane przez RODO jako dane osobowe, a tym samym mają do nich zastosowanie wszelkie przepisy.

Jeżeli pragnie Pani/Pan dodatkowych informacji związanych z badaniem prosimy o kontakt z:

Imię i nazwisko badacza	Funkcja	Telefon	Miejsce
dr hab. Andrzej Myśliwiec, prof. nadzw.	Specjalista Fizjoterapii	604 254 312	AWF Katowice, ul. Mikołowska 72, 40-065 Katowice
Dr n. o kul. fiz. Iwona Doroniewicz	Fizjoterapeuta	606460157	AWF Katowice, ul. Mikołowska 72, 40-065 Katowice

Potwierdzenie przekazania i otrzymania informacji.

Informacji udzielił	Imię i nazwisko:	Data:	Podpis:
Kierownik badania	Imię i nazwisko: Andrzej Myśliwiec	Data:	Podpis:
Uczestnik badania	Imię i nazwisko:	Data:	Jeden egz. nin. Informacji otrzymałem. Podpis:
Rodzic/Opiekun prawny (dotyczy osób poniżej 18 r.ż. oraz osób ubezwłasnowolnionych)	Imię i nazwisko:	Data:	Jeden egz. nin. Informacji otrzymałem. Podpis:

_____ dnia

/pieczęć jednostki badawczej/

OŚWIADCZENIE BADANEGO

Nazwisko i imię osoby badanej :	
Data urodzenia:	Adres :

Imię i nazwisko kierownika badań: dr hab. Andrzej Myśliwiec, prof. nadzw.; dr n o kul. fiz. Iwona Doroniewicz	
Telefony kontaktowe dla badanego: 604 254 312, 606 460 157	

Temat badania: System wspomaganie, obiektywizacji i automatyzacji metod prospektywnej oceny rozwoju psychomotorycznego dziecka w pierwszym roku życia.
--

Niniejszym oświadczam,

że zostałam/em poinformowana/y przez:

1. O celu zamierzonych badań i sposobie ich przeprowadzenia oraz, że miałam/em możliwość zadawania pytań prowadzącemu eksperyment i otrzymałam/em odpowiedzi na te pytania: rozumiem na czym badania te mają polegać i do czego potrzebna jest moja zgoda. Zapoznałam się z treścią "Informacji dla badanego", której 1 egz. otrzymałam. Zostałam/em poinformowana/ny o potencjalnym ryzyku związanym z programem badawczym. Tak więc, dobrowolnie wyrażam zgodę na poddanie się eksperymentowi medycznemu.

data i podpis kierownika badań

data i podpis badanego
lub rodzica/opiekuna prawnego

2. Mogę odmówić zgody na udział w badaniach lub cofnąć ją w każdej chwili – także podczas ich wykonywania, co w żaden sposób nie wpłynie na dalsze moje leczenie.

data i podpis kierownika badań

data i podpis badanego
lub rodzica/opiekuna prawnego

3. Oświadczam, że wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych w zakresie niezbędnym dla prowadzenia badań, jednakże z zastrzeżeniem poufności uniemożliwiającej identyfikację mojej osoby przez inne osoby prawne i fizyczne niż wymienione w protokole jako prowadzące badania.

data i podpis kierownika badań

data i podpis badanego
lub rodzica/opiekuna prawnego

4. W informacji dla pacjenta (badanego/ochotnika) zostałam/em zapoznany z warunkami ubezpieczenia obejmującego ewentualne negatywne skutki uczestniczenia w badaniu i akceptuję te warunki. Otrzymałam/em do wglądu polisę, z której one wynikają.

data i podpis kierownika badań

data i podpis badanego
lub rodzica/opiekuna prawnego

5. Wyrażam zgodę na dostęp badacza do dokumentacji medycznej uczestnika badania wytworzonej przed rozpoczęciem badania.

data i podpis kierownika badań

data i podpis badanego
lub rodzica/opiekuna prawnego

6. Wyrażam zgodę na przetworzenie danych osobowych uczestnika badania klinicznego związanych z jego udziałem w badaniu.

data i podpis kierownika badań

data i podpis badanego
lub rodzica/opiekuna prawnego

1 egz. „oświadczenia badanego” otrzymałam/em.

Kwestionariusz dla wielodyscyplinarnego zespołu badawczego do wypełnienia podczas rozmowy z rodzicami /opiekunami dzieci podlegających badaniu lub /i na podstawie dokumentacji medycznej.

Dane ogólne badanego dziecka

1. Płeć dziecka:
 - żeńska
 - męska
2. Data narodzin dziecka.....
3. Godzina narodzin dziecka.....
4. Ciąża:
 - pojedyncza
 - mnoga
 - która z kolei
5. Numer identyfikacyjny dziecka.....
6. Konflikt serologiczny
 - Tak
 - Nie

Dane rodziców badanego dziecka

Matka

Ojciec

Wiek:	Wiek:
Wykształcenie: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> podstawowe <input type="checkbox"/> zawodowe <input type="checkbox"/> średnie <input type="checkbox"/> wyższe 	Wykształcenie: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> podstawowe <input type="checkbox"/> zawodowe <input type="checkbox"/> średnie <input type="checkbox"/> wyższe
Miejsce zamieszkania: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> miasto <input type="checkbox"/> wieś 	Miejsce zamieszkania: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> miasto <input type="checkbox"/> wieś
Zawód.....	Zawód.....
Aktywność zawodowa: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> pracuje zawodowo <input type="checkbox"/> nie pracuje 	Aktywność zawodowa: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> pracuje zawodowo <input type="checkbox"/> nie pracuje
Charakter pracy: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> fizyczna <input type="checkbox"/> umysłowa <input type="checkbox"/> w uciążliwych warunkach /jakich?/..... 	Charakter pracy: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> fizyczna <input type="checkbox"/> umysłowa <input type="checkbox"/> w uciążliwych warunkach /jakich?/.....

Dane kontaktowe rodziców badanego dziecka

Matka

Ojciec

Wiek:	Wiek:
Miejsce zamieszkania:..... Telefon kontaktowy.....	Miejsce zamieszkania:..... Telefon kontaktowy.....
Nazwa i adres Poradni Dziecięcej, do której planowany jest zapis dziecka	

Okres prenatalny

(proszę zaznaczyć czy występowały następujące nieprawidłowości u dziecka i matki)

L.P.	Rodzaj nieprawidłowości i czynniki ryzyka	Tak	Nie
Informacje dotyczące płodu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.	Nieprawidłowości pępowiny	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Nieprawidłowości łożyska	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Wielowodzie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Małowodzie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Hipotrofia płodu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Wady w budowie ciała płodu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Nieprawidłowe położenie płodu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Oslabione ruchy płodu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Zaburzenia czynności serca płodu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informacje dotyczące matki		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Niedokrwistość	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Omdlenia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Niedoczynność tarczycy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Nadczynność tarczycy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Cukrzyca ciężarnych	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Cukrzyca typu I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Cukrzyca typu II	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Cholestaza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Nadciśnienie ciążowe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	Stan przedrzucawkowy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	Rzucawka	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	Konflikt serologiczny	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Białkomocz		
23.	Inne nieprawidłowości (jakie?).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.	Narażenie na czynniki szkodliwe w czasie ciąży (jakie, rodzaj, czas trwania, wiek ciąży).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.	Leki przyjmowane w czasie ciąży (jakie, dawka, okres przyjmowania, wiek ciąży).....		

Poród

1. Miejsce urodzenia dziecka:

- Miejscowość.....
 - Szpital
 - Dom
 - Inne.....

2. Tydzień zakończenia ciąży.....

wcześniak

noworodek donoszony

noworodek urodzony po terminie

3. Rodzaj porodu:

- Spontaniczny
- Indukowany
- Siłami natury
- Zabiegowy
 - Kleszcze
 - Vacuum
 - Cięcie cesarskie:
 - planowane

w wyniku powikłań

4. Płyn owodniowy

- Przejrzysty
- Nieprawidłowy (jaki, kolor, zapach).....

5. Leki stosowane w czasie porodu.....

Stan noworodka po urodzeniu

1. Masa urodzeniowa dziecka.....(w gramach, centyl)
2. Długość ciała dziecka.....(cm, centyl)
3. Obwód głowy.....(cm, centyl)
4. Obwód klatki piersiowej.....(cm)
5. Ocena według skali Apgar

Minuta badania dziecka	1	3	5	10	Uwagi:
Czynność serca					
Oddech					
Napięcie mięśniowe					
Odruchy					
Zabarwienie skóry					
Razem					

Postępowanie z noworodkiem po urodzeniu:

- Odśluzowanie
- Zaopatrzenie pępowiny
- Profilaktyka zakażenia oka
- Podanie witaminy K
- Podanie tlenu
- Sztuczna wentylacja
- Intubacja
- Masaż serca
- Pomiar saturacji
- Podawane leki
- Kontakt noworodka z rodzicem „skóra do skóry”, matki i/lub ojca
- Podjęcie ssania piersi w pierwszej dobie

Stan noworodka w dalszych godzinach po urodzeniu

1. Największy ubytek masy ciała(gram).....doba
2. Żółtaczka fizjologiczna od.....doby
3. Karmienie:
 - Naturalne
 - Sztuczne
 - Mieszane
4. Aktywność dziecka
 - Prawidłowa
 - Nieprawidłowa
5. Rytm snu i czuwania
 - Prawidłowy
 - Nieprawidłowy

6. Reakcja na bodźce zewnętrzne	Tak	Nie
Dotyk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dźwięk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Światło	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zmiana pozycji ciała	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Badania dodatkowe, w tym:
 - badania krwi.....
 - testy przezskórne.....
 - testy paskowe
 - inne
8. Wykonane szczepienia obowiązkowe
 - Tak
 - Nie
9. Badania przesiewowe
 - Krew na bibułę
 - Badanie słuchu-wynik
 - o Prawidłowy
 - o Nieprawidłowy
10. Wrodzone wady rozwojowe.....
11. Zalecane konsultacje specjalistyczne i badania.....