

Prof. dr hab. n.med. i n. o zdr. Katarzyna Gruszczyńska  
Katedra Radiologii i Medycyny Nuklearnej  
Wydział Nauk Medycznych w Katowicach  
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

## **RECENZJA**

**Rozprawy doktorskiej mgr Małgorzaty Pałac**

**pt.: Możliwość zastosowania ultrasonografii głównych mięśni oddechowych  
w analizie szybkości i wytrzymałości nastoletnich piłkarzy nożnych.**

**Promotor: Prof. dr hab. Paweł Linek**

Niniejszą recenzję sporządziłam na podstawie pisma Prorektora ds. nauki Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach dr hab. Bogdana Bacika z informacją o Uchwale Senatu w/w uczelni nr AR001-6-XII/2023 z dnia 19 grudnia 2023r., na podstawie art. 190 ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 poz. 742 z późn. zm), mocą której zostałam powołana na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr Małgorzacie Pałac w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej, prowadzonego w trybie kształcenia doktorantów.

Temat rozprawy doktorskiej mgr Małgorzaty Pałac uważam za ważny i aktualny. Ultrasonografia od czasu pierwszych zastosowań medycznych w końcu lat 50 i początku 60-tych XX wieku stała się, obok RTG i MR, podstawą obrazowania układu ruchu. W przeciwieństwie do klasycznej radiologii uwidacznia tkanki miękkie i nie wykorzystuje szkodliwego promieniowania RTG. Jej przewaga nad MR to mniejszy koszt, możliwość wykorzystania praktycznie w każdej sytuacji, oraz możliwość badania ruchu tkanek. To uczyniło USG idealną metodą do oceny układu mięśniowego. Wytyczne European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology z roku 2022 wskazują, że USG powinno być używane do oceny urazów, guzów i zapalenia mięśni.

Magister Małgorzata Pałac w swojej rozprawie doktorskiej doskonale wykorzystuje te zalety ultrasonografii: zajęła się przydatnością USG w ocenie szybkości i wytrzymałości mięśni oddechowych u nastoletnich piłkarzy nożnych. W medycynie ocena mięśni oddechowych w USG, szczególnie przepony, ma znaczenie u pacjentów oddziałów intensywnej terapii medycznej, ponieważ dysfunkcja przepony ma negatywne znaczenie prognostyczne u osób wentylowanych mechanicznie. Oceniając mięśnie oddechowe w zdrowej populacji Doktorantka przyczynia się do pogłębienia wiedzy na ten ważny klinicznie temat. Jej praca ma tym większe znaczenie, że do oceny mięśni oddechowych Doktorantka wykorzystuje nowoczesną metodę USG – elastografię fali poprzecznej (Shear Wave Elastography).

### **Ocena układu pracy:**

Rozprawa doktorska mgr Małgorzaty Pałac pt.: **„Możliwość zastosowania ultrasonografii głównych mięśni oddechowych w analizie szybkości i wytrzymałości nastoletnich piłkarzy nożnych”** jest zbiorem trzech opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów:

1. Pałac M, Rutka M, Wolny T, Podgórski M, Linek P: “Ultrasonography in Assessment of Respiratory Muscles Function”: a systemic review, *Respiration* 2022;101 (9):878-892 o IF 3,966 (100pkt MNiSW)
2. Pałac M, Linek P: Intra-Rater Reliability of Shear Wave Elastography for the Quantification of Respiratory Muscles in Adolescent Athletes. *Sensors (Basel)* 2022 Sep 1; 22(17): 6622 o IF 3,847, MNiSW:100
3. Pałac M, Sikora D, Wolny T, Linek P: Relationship between respiratory muscles ultrasound parameters and running test performances in adolescent football players. A pilot study. *PeerJ*. 2023 Apr 17; 11: e 1514 o IF 3,061, MNiSW: 100.

Prace zostały opublikowane w indeksowanych czasopismach z Listy Filadelfijskiej. Ich sumaryczny wskaźnik oddziaływania to 10,874; (300 punktów MNiSW). Doktorantka jest pierwszym autorem we wszystkich trzech artykułach, z których pierwszy to przegląd piśmiennictwa, a dwa następne to prace oryginalne. W ostatnim artykule Doktorantka jest również autorem korespondencyjnym. W dostarczonym do recenzji manuskrypcie zamieszczono kopie wszystkich trzech artykułów, poprzedzone obszernym, (46 stron), tekstem zawierającym wstęp, cel i pytania badawcze, materiał i metody podzielone na



etapy, (których realizacja odpowiadała poszczególnym artykułom w zamieszczonym cyklu), opis wyników, dyskusję, wnioski, streszczenia w języku polskim i angielskim. Imponuje opanowanie przez Doktorantkę pracy z piśmiennictwem: każdy z artykułów posiada osobną bibliografię. Ponadto omówienie prac w manuskrypcie jest zakończone osobnym, jednolitym spisem piśmiennictwa, składającym się z 90 aktualnych artykułów, głównie z lat 2016 – 2022.

#### **Ocena merytoryczna pracy:**

Celem pracy mgr Małgorzaty Pałac była weryfikacja możliwości zastosowania ultrasonografii głównych mięśni oddechowych w analizie szybkości i wytrzymałości w grupie nastoletnich piłkarzy. Realizując ten cel postawiła sobie trzy pytania badawcze oraz odpowiednio do nich sformułowała hipotezy robocze, które weryfikowała w poszczególnych etapach pracy, którym odpowiadają poszczególne artykuły.

1. Pierwszy artykuł: Pałac M, Rutka M, Wolny T, Podgórski M, Linek P: Ultrasonography in Assessment of Respiratory Muscles Function: a systemic review. *Respiration* 2022;101 (9):878-892 odpowiadał na pytanie:

*Jaka jest rola / przydatność ultrasonografii głównych mięśni oddechowych do oceny układu oddechowego w świetle dostępnej literatury.*

Doktorantka przyjęła następującą hipotezę roboczą:

*Parametry oddechowe bezpośrednio związane z siłą mięśni oddechowych powinny wykazywać wyższy związek z parametrami ultrasonograficznymi mięśni oddechowych w porównaniu do innych parametrów oddechowych.*

Sprawdzając tą hipotezę Doktorantka dokonała systematycznego przeglądu piśmiennictwa anglojęzycznego według ścisłych reguł dla tego typu prac.

Osobisty wkład Doktorantki w powstanie artykułu to opracowanie koncepcji pracy, kierowanie projektem, przygotowanie, analiza danych, metodyki i wyników oraz przygotowanie manuskryptu.

Oryginalny protokół przeglądu został zarejestrowany w bazie PROSPERO. Sprawdzone największe bazy danych, uwzględniając artykuły wg strategii PICO na (P – pacjent; I – intervention, C – comparator O – Outcomes). Opisywały one porównanie parametrów USG

mięśni oddechowych oraz badania czynnościowe układu oddechowego (spirometrię, siłę mięśni oddechowych i pletysmografię) u dzieci i osób dorosłych (sportowców oraz zdrowych i chorych). Jakość prac sprawdzono za pomocą wytycznych QADAS-2 wg Scottish Intercollegiate Guides Newtork (SIGN). W sumie z początkowych 4636 artykułów w metaanalizie uwzględniono 31 prac. Doktorantka i współautorzy stwierdzili znaczną heterogeniczność analizowanych prac: nie udało się wyłonić 10 homogennych badań, które pozwoliły by na przeprowadzenie meta-regresji. Brak ścisłych standardów doprowadził do konieczności korespondencji z autorami, co znacznie przedłużyło czasokres realizacji pracy. Świadczy to o dużej dokładności oraz rzetelności Autorki i współpracowników. W wynikach metaanalizy stwierdzono, że najczęściej badanym mięśniem oddechowym była przepona (prawa kopuła). W USG oceniano jej grubość, współczynniki grubości, ruchomość i prędkość przemieszczania. Mięśnie międzyżebrowe oceniano pod kątem grubości i echogeniczności. Przy czym stwierdzono, że metodyka pomiarów USG w poszczególnych pracach bardzo się różniła. Grubość przepony najczęściej mierzono w maksymalnym wdechu, stwierdzając dobrą korelację z większością testów czynnościowych. Stwierdzono również słabą korelację tego parametru z testami czynnościowymi przy spokojnym oddychaniu. W literaturze stosowano wiele testów czynnościowych, z którymi porównywano wyniki USG, najczęstszymi były natężona pojemność życiowa, natężona objętość wydechowa 1s oraz maksymalne ciśnienie wydechowe. Zależności pomiędzy parametrami USG i testami czynnościowymi wahały się od nieistotnych do silnych. Kolejnym wyłonionym w metaanalizie parametrem było pogrubienie przepony. Stwierdzono, że korelacja z testami czynnościowymi był niejednorodna, na co wpłynęła niejednorodność materiału. Silniejsza korelacje stwierdzono u osób z chorobami nerwowo-mięśniowych lub po udarze, w porównaniu do osób zdrowych i lub starszych. To bardzo interesujące spostrzeżenia, ponieważ określają potencjalną użyteczność poszczególnych parametrów USG mięśni oddechowych w różnych stanach klinicznych. Kolejnym badanym parametrem było wychylenie przepony (amplituda lub szybkość). Korelował on z FVC, (przy czym metaanaliza potwierdziła zależność tej korelacji od BMI), oraz z MIP. Doktorantka spostrzegła ograniczenia przeprowadzonej metaanalizy: przede wszystkim mała ilość artykułów i ich duża heterogenność metodologiczna. Dotyczyła ona również oceny mięśni oddechowych w USG, co wg Autorki wynika z braku międzynarodowych standardów obrazowania. W bardzo interesującym fragmencie wyszczególniono jakie powinny być kierunki następnych badań, z podkreśleniem



standaryzacji metodyki USG mięśni oddechowych, jak również ujednoczenia prac pod względem metodyki. Autorka stwierdziła, że badania mięśni oddechowych nie powinny się ograniczać do samej przepony, a materiał powinien uwzględniać osoby zdrowe, w tym dzieci i sportowców. We wnioskach stwierdzono, że na podstawie przeprowadzonej metaanalizy trudno wyróżnić parametry USG mięśni oddechowych, które najlepiej korelują z testami czynnościowymi, a odkryte zależności różnią się pomiędzy osobami zdrowymi a poszczególnymi jednostkami chorobowymi. Nie wykryto różnic w korelacji dla parametrów ściśle związanych z siłą mięśni oddechowych. W opinii Doktorantki pomimo, że USG mięśni oddechowych jest metodą mającą potencjał do zastąpienia spirometrii, jego dokładna rola pozostaje jeszcze nie określona.

## 2. Drugi artykuł przedstawiony w cyklu to praca oryginalna:

Pałac M, Linek P: Intra-Rater reliability of Shear Wave Elastography for the Quantification of Respiratory Muscles in Adolescent Athletes; został opublikowany w *Sensors*, 2022, 22, 6622.

Osobisty wkład Doktorantki w tą pracę jest znaczny: opracowanie koncepcji, metodologii, przeprowadzenie badań, opracowanie danych i manuskryptu, administracja projektu. Praca była finansowana z grantu Narodowego Centrum Nauki (2016/23/D/NZ7/02003). Została przeprowadzona zgodnie z wymogami GCP.

Publikacja ta wynikała z pierwszego etapu pracy i miała służyć do ustalenia standardu metodyki USG mięśni oddechowych i określenia rzetelności tej metody w grupie osób zdrowych – nastoletnich piłkarzy nożnych. W tym celu Doktorantka sformułowała następujące pytanie badawcze:

*Czy przyjęta metodyka badania modułu ścinania DA i IC nastoletnich piłkarzy podczas spokojnego oddechu odznacza się odpowiednią rzetelnością?*

Pomimo skromnego materiału - 10 chłopców w wieku ok. 17 lat, należy podkreślić, że jest to grupa jednorodna, a w przeanalizowanej przez Doktorantkę literaturze tylko kilka prac dotyczyło osób zdrowych, przy czym tylko jedna dotyczyła osób o zbliżonej średniej wieku – ok. 21 lat. Element nowości w/w pracy to ocena mięśni oddechowych za pomocą elastografii fali poprzecznej, wykonanej dedykowanym aparatem USG (Aixplorer SUPersonic Imagine). Doktorantka dokładnie opisała metodykę badania mięśni oddechowych, (ocena grubości i modułu ścinania w elastografii), zamieszczając odpowiednie ryciny. Badania były wykonane

przez jednego operatora, w trakcie spokojnego oddychania, na wdechu i wydechu. Pomiaru powtórzono dwukrotnie w trakcie pierwszego badania oraz po 7 dniach. Zastosowano dwa ułożenia głowicy USG. Dla oceny rzetelności pomiarów sprawdzono powtarzalność wewnątrzsobniczą przeprowadzonych pomiarów. Stwierdzono bardzo dobrą powtarzalność pomiarów wykonanych jednego dnia, szczególnie dla przepony. Natomiast powtarzalność pomiarów po 7 dniach, była mniejsza, szczególnie dla mięśni międzyżebrowych. Powyższa praca jest jedną z pierwszych prób oceny rzetelności pomiarów elastograficznych mięśni oddechowych. Praca została prawidłowo zaprojektowana i przeprowadzona, przyczynia się do określenia standardu metodyki oceny mięśni międzyżebrowych w USG. Doktorantka zdaje sobie sprawę z ograniczeń pracy – małej i specyficznej badanej populacji, co utrudnia uogólnienie wyników pracy. Badania wykonano na jednym typie sprzętu i będą one wymagały weryfikacji na innych maszynach, co jest typowe dla elastografii. **Za największe ograniczenie, (zauważone również przez Doktorantkę), uważam brak sprawdzenia powtarzalności międzyosobniczej uzyskanych wyników.**

3. Trzeci artykuł: Pałac M, Sikora D, Wolny T, Linek P: Relationship between respiratory muscles ultrasound parameters and running test performances in adolescent football players. A pilot study. PeerJ. 2023 Apr 17; 11: e 1514

jest podsumowaniem realizacji złożonego przez Doktorantkę celu, czyli oceny zależności szybkości i wytrzymałości nastoletnich piłkarzy od parametrów mięśni oddechowych ocenianych w ultrasonografii, za pomocą wypracowanej poprzednio metodyki badania. Osobisty wkład Doktorantki to: projekt i wykonanie eksperymentu, analiza danych, przygotowanie rycin i tabeli, wykonanie, sprawdzenie i akceptacja manuskryptu. Doktorantka była również autorem korespondencyjnym w tej pracy. Artykuł został sfinansowany przez Zespół Biomedycznych Podstaw Fizjoterapii AWF im Jerzego Kukuczki w Katowicach. W trzecim etapie pracy Doktorantka zadała następujące pytanie badawcze:

*Czy parametry ultrasonograficzne głównych mięśni oddechowych są powiązane z szybkością i wytrzymałością u nastoletnich piłkarzy nożnych?*

Sformułowana hipoteza badawcza odpowiednio brzmiała: *Zależności motoryczne takie jak wytrzymałość i szybkość są powiązane z grubością i elastycznością mięśni oddechowych.*



Badana grupa składała się z 22 osób, przy czym zachowano wszystkie wymagane przez Good Clinical Practice wymogi.

Jako kryterium włączenia potraktowano brak problemów zdrowotnych wpływających na szybkość i wytrzymałość – **uważam, że tego typu problemy powinny być kryterium wyłączenia**, a kryterium włączenia była przynależność do grupy nastoletnich piłkarzy nożnych, którzy wyrazili zgodę na udział w badaniu. Rycina nr 3 w trzeciej publikacji, przedstawiająca diagram przebiegu badania, jako kryteria wyłączenia przedstawia urazy kolana, przebyte operacje chirurgiczne jamy brzusznej oraz przerwanie badania przez uczestnika z powodu wyjazdu. **Proszę Doktorantkę o komentarz w sprawie zastosowanych kryteriów włączenia i wyłączenia.**

**Brak grupy kontrolnej** tłumaczę względami logistycznymi, ponieważ znalezienie podobnie homogenicznej pod względem wytrzymałości grupy nie – sportowców byłoby trudne. Metodyka samej pracy, jest opisana szczegółowo i jest bardzo staranna. Metodyka oceny USG mięśni oddechowych wynika z poprzedniej pracy. Oceniono ruchomość przepony na podstawie nagranych wideo, amplitudę i prędkość ruchu przepony, oceniano moduł ścinania i jego współczynniki na podstawie elastografii fali poprzecznej oraz grubość przepony i mięśni międzyżebrowych. Badania USG zostały przeprowadzone dwa razy, przez dwóch operatorów, **choć w poprzedniej pracy sprawdzono jedynie zgodność pomiarów przez jednego operatora, nie sprawdzając zgodności międzyosobniczej.** Uczestnicy zostali poddani następnie testom wytrzymałości i szybkości. Wyniki porównano ze sobą. Moduł ścinania przepony i jego współczynniki korelowały z wynikami testów szybkości. Prędkość przemieszczania się przepony była dodatnio skorelowana z wynikami szybkości. Grubość mięśni oddechowych nie korelowała istotnie z wynikami szybkości. Nie wykazano istotnej korelacji pomiędzy wytrzymałością a pomiarami mięśni oddechowych w USG. W dyskusji Doktorantka interpretuje uzyskane wyniki, starając się wyjaśnić ujemne korelacje, (lub ich brak), pomiędzy parametrami mięśni oddechowych w USG a wynikami testów. Autorka zwraca uwagę na homogeniczność badanej grupy pod względem wytrzymałości i szybkości, uznając konieczność przeprowadzenia badań na większej, bardziej zróżnicowanej grupie.

## Wniosek końcowy:

Reasumując, uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, stanowiąca cykl trzech powiązanych tematycznie artykułów, których pierwszym autorem jest Doktorantka mgr Małgorzata Pałac **spełnia wymagania artykułu 187, ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) względem rozpraw doktorskich.** Praca spełnia wszystkie wymogi formalne. Doktorantka wykazała się umiejętnością dogłębnej analizy piśmiennictwa, prawidłowego rozpoznania problemu badawczego, formułowania celów naukowych, pytań i hipotez badawczych. Zwraca uwagę bardzo staranna i szczegółowo opisana metodyka badań – pod tym względem przedstawiony manuskrypt oraz trzy publikacje oceniam bardzo wysoko. Z uzyskanych wyników Doktorantka prawidłowo wyciąga wnioski, odpowiadające na cele pracy i weryfikujące postawione hipotezy badawcze. O zmyśle naukowym Doktorantki świadczą podrozdziały zawierające implikacje dla przyszłych badań.

Praca magister Małgorzaty Pałac ma elementy nowości. Doktorantka posłużyła się nową metodą oceny mięśni oddechowych w USG – elastografią fali poprzecznej. Uzyskane wyniki stanowią osiągnięcie naukowe i mają znaczenie praktyczne: ustanawiają standard metodyki mięśni oddechowych w USG, uzupełniają luki w dotychczasowej wiedzy na temat możliwości zastąpienia spirometrii przez USG mięśni oddechowych oraz badają zależność pomiędzy parametrami USG a szybkością i wytrzymałością w grupie młodych sportowców.

Przedstawione artykuły, zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach, (uzyskując 10,874 IF i 300 punktów MNiSW). Biorąc pod uwagę powyższe fakty, **pozytywnie oceniam przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską Magister Małgorzaty Pałac pt.: Możliwość zastosowania ultrasonografii głównych mięśni oddechowych w analizie szybkości i wytrzymałości nastoletnich piłkarzy nożnych.**

Wnoszę do Senatu Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Równocześnie, uwzględniając przedstawione powyżej znaczenie naukowe i aktualność pracy oraz zastosowanie nowej metody diagnostycznej, **wnoszę o wyróżnienie recenzowanej przeze mnie rozprawy doktorskiej.**

Katowice 8.03.2024r.

Z wyverniei Stowbu.

Koboryne Ymsrypiśka