

Dorota Gazurek<sup>1</sup>, Magdalena Kępińska<sup>1</sup>, Aleksandra Kulis<sup>2</sup>, Anna Koszela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

<sup>2</sup>Katedra Terapii Zajęciowej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

# Wpływ jednorazowego submaksymalnego wysiłku fizycznego na właściwości reologiczne krwi u dzieci chorych na cukrzycę typu 1

The effects of a single bout of submaximal exercise on rheological properties of the blood in children with type 1 diabetes mellitus

Artykuł jest tłumaczeniem pracy:

Gazurek D, Kępińska M, Kulis A, Koszela A. The effects of a single bout of submaximal exercise on rheological properties of the blood in children with type 1 diabetes mellitus. Clin Diabetol 2017; 6, 2: 65–69. DOI: 10.5603/DK.2017.0011.

Należy cytować wersję pierwotną.

## STRESZCZENIE

**Wstęp.** Celem pracy była ocena wpływu jednorazowego, submaksymalnego wysiłku fizycznego na właściwości reologiczne krwi u dzieci z cukrzycą typu 1 i w grupie kontrolnej.

**Materiał i metody.** W badaniach wzięło udział 18 dzieci, podzielonych na 3 grupy. W grupie 1 było 11 chorych ze świeżo rozpoznaną cukrzycą, w grupie 2 — 7 chorych z cukrzycą trwającą 5 lat i dłużej. W obu grupach dzieci były w wieku 9–11 lat, przed okresem pokwitania, o podobnej masie ciała, obojga płci. Grupę 3, kontrolną, stanowiło 11 dzieci zdrowych. Wszyscy pacjenci zostali poddani krótkiemu wysiłkowi fizycznemu na ergometrze rowerowym. Zarówno przed wysiłkiem fizycznym, jak i po nim wykonano oznaczenia indeksu elongacji erytrocytów (EI) oraz wskaźników agregacji erytrocytów, tj. AMP — stopień całkowitej agregacji,  $T_{1/2}$  — połowiczny czas całkowitej agregacji, AI — indeks agregacji.

**Wyniki.** W badanych wskaźnikach agregacji erytrocytów, takich jak: indeks agregacji (AI), połowiczny czas całkowitej agregacji ( $T_{1/2}$ ) oraz stopień całkowitej agregacji (AMP), a także w indeksie elongacji (EI) w 3 badanych grupach po wysiłku fizycznym nie odnotowano istotnych statystycznie zmian.

**Wnioski.** Wyniki badań wskazują, że jednorazowy wysiłek nie ma wpływu na badane właściwości reologiczne krwi u dzieci chorych na cukrzycę typu 1. Także czas trwania choroby nie miał istotnego wpływu na otrzymane wyniki.

**Słowa kluczowe:** wysiłek fizyczny, reologia krwi, błona erytrocytów, cukrzyca, dzieci

## ABSTRACT

**Background.** The aim of this study was to analyze the effects of a single bout of submaximal exercise on rheological properties of the blood children with type 1 diabetes mellitus and healthy controls.

**Material and methods.** The study included 18 children in the age before puberty, with type 1 diabetes, both newly diagnosed (Group 1, n = 11) and with the diagnosis established at least five years earlier (Group 2, n = 7). Group 3 (n = 11) was comprised of age- and sex-matched healthy controls. Children from all the groups were subjected to progressive submaximal

Adres do korespondencji:

dr n. o kulturze fizycznej Magdalena Kępińska  
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie  
Wydział Rehabilitacji Ruchowej  
al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków  
Tel.: +48 12 683 12 28  
Faks: +48 12 683 13 00  
e-mail: magdalena.kepinska@awf.krakow.pl  
Nadesłano: 20.11.2016

Przyjęto do druku: 07.06.2017

exercise test on a cycle ergometer. Prior to the exercise and after the test, rheological parameters of peripheral blood erythrocytes: elongation index (EI), amplitude of aggregation (AMP), half time of total aggregation ( $T_{1/2}$ ) and aggregation index (AI) were determined.

**Results.** No significant differences were found between the pre- and post-exercise values of erythrocyte aggregability measures (AI,  $T_{1/2}$  and AMP) and EI values at 0.30–59.07 Pa for any of the study groups.

**Conclusions.** These results suggest that a single bout of physical exercise exerts no unfavorable effect on erythrocyte rheology in children with type 1 diabetes mellitus. Also time elapsed since the diagnosis of type 1 diabetes mellitus does not influence rheological properties of the blood.

**Key words:** physical exercise, blood rheology, erythrocyte membrane, diabetes mellitus, pediatrics

## Wstęp

Cukrzyca (DM, *diabetes mellitus*) jest złożoną, przewlekłą chorobą i coraz bardziej stanowi znaczący problem zdrowotny, któremu towarzyszy wzrost zachorowalności na świecie. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) przewiduje, że w 2030 roku będzie około 366 milionów ludzi chorych na cukrzycę, czyli około 5% populacji świata [1].

Większość przypadków cukrzycy kwalifikuje się do dwóch etiopatogenetycznych kategorii. Do pierwszej zalicza się cukrzycę typu 1, która charakteryzuje się całkowitym brakiem wydzielania insuliny z powodu destrukcji komórek beta wysp Langerhansa trzustki. Druga kategoria to cukrzyca typu 2, której przyczyną jest oporność na działanie insuliny [2, 3].

Występuje duże zróżnicowanie geograficzne w częstości występowania cukrzycy typu 1 na świecie. Rocznie diagnozuje się od 0,61 przypadków na 100 000 populacji w Chinach, do 41,4 przypadków na 100 000 osób w Finlandii. Wiele krajów podaje, że częstość występowania tej choroby podwoiła się w ostatnich 20 latach. W Stanach Zjednoczonych około 5–15% wszystkich przypadków cukrzycy to cukrzyca typu 1, która jest zarazem najczęściej występującą chorobą metaboliczną w dzieciństwie, stwierdza się około 15 000 przypadków rocznie [4, 5].

Problem ten dotyczy także Polski. Według Jarosz-Chobot i wsp. [6], w ciągu ostatnich 15 lat częstość występowania cukrzycy typu 1 u dzieci wzrosła 3-krotnie, z dodatkowym przewidywanym 4-krotnym wzrostem od 2005 roku do 2025 roku, z najwyższą dynamiką tego przyrostu w najmłodszej grupie wiekowej. U około 1600 dzieci w wieku 0–14 lat rozpoznano cukrzycę typu 1

w 2010 roku, z przewidywaną tendencją wzrostową do ponad 4800 dzieci w 2025 roku [6].

Cukrzyca jest chorobą nieuleczalną, można jedynie złagodzić jej objawy i zapobiec późniejszym konsekwencjom. Stosowanie insuliny, diety i ćwiczeń fizycznych było podstawą leczenia cukrzycy typu 1 w ciągu ostatnich 80 lat. Ważną rolę odgrywa tu także edukacja chorych. Wysiłek fizyczny, jako propozycja zdrowego stylu życia, może mieć korzystny wpływ na kontrolę metaboliczną, masę ciała, poziom ciśnienia krwi, samocenę oraz na jakość życia u pacjentów z cukrzycą typu 1, zwłaszcza u dzieci i młodych ludzi. Może także przyczynić się do zmniejszenia powikłań związanych z tą chorobą i powinien być ważnym komponentem stylu życia diabetyków [7–10]. O ile wpływ długofalowego treningu fizycznego na kontrolę metaboliczną jest dobrze poznany, to istnieje niewiele opracowań dotyczących wysiłków krótkotrwałych o średniej bądź wysokiej intensywności, które w życiu codziennym dziecka się zdarzają [11].

Właściwości reologiczne krwi mają ogromne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Zależą one od liczby elementów morfotycznych krwi (hematokryt), liczby erytrocytów, ich objętości, stężenia hemoglobiny w krwince, odkształcalności/elastyczności erytrocytów zależnej od strukturalnej i funkcjonalnej właściwości błony erytrocytarnej oraz poziomu białek w osoczu [12].

W literaturze przedmiotu brakuje pełnych danych na temat odkształcalności erytrocytów pod wpływem wysiłku fizycznego u dzieci z cukrzycą typu 1. Dlatego też celem pracy była ocena wpływu jednorazowego, submaksymalnego wysiłku fizycznego na właściwości reologiczne krwi u dzieci z cukrzycą typu 1.

## Materiał i metody

### Charakterystyka badanych

Grupę badaną stanowiło 18 dzieci chorych na cukrzycę, leczonych w Poradni Cukrzycowej Kliniki Endokrynologii Dzieci i Młodzieży Katedry Pediatrii Polsko-Amerykańskiego Instytutu Pediatrii, *Collegium Medium*, Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Ponadto grupę kontrolną stanowiło 11 dzieci zdrowych.

W grupie 1 było 11 chorych ze świeżo rozpoznaną cukrzycą, w grupie 2 — 7 chorych z cukrzycą trwającą 5 lat i dłużej. W obu grupach dzieci były w wieku 9–11 lat, przed okresem pokwitania, o podobnej masie ciała, obojga płci. Grupę 3, kontrolną, stanowiło 11 dzieci zdrowych. Wszyscy pacjenci zostali poddani krótkiemu wysiłkowi fizycznemu na ergometrze rowerowym. Badanych podzielono na 3 grupy:

- grupa 1 ze świeżo rozpoznaną cukrzycą;
- grupa 2 z cukrzycą trwającą powyżej 5 lat;

- grupa 3 — kontrolna.
- Kryteria pozwalające na włączenie do badań:
- obecność cukrzycy typu 1;
- glikemia nie większa niż 10 mmol/l w momencie rozpoczęcia wysiłku;
- ocena kardiologiczna chorego pod względem zdolności do wykonywania wysiłku fizycznego;
- brak acetonu w moczu;
- brak chorób towarzyszących;
- ogólny stan dobry bez podwyższonej temperatury ciała.

Dzieci z grupy 1 i 2 były leczone dwoma analogami insuliny, krótko- i długodziałającymi.

### Metodyka badań

Przed rozpoczęciem badań wszystkie zakwalifikowane dzieci oraz ich rodzice zostali zapoznani z przebiegiem badania. Bezwzględny warunkiem przystąpienia dzieci do badań było okazanie pisemnej zgody przez rodziców. Testy wysiłkowe odbywały się pod stałą kontrolą lekarską, a na ich wykonanie uzyskano wcześniej zgodę Komisji Bioetycznej CMUJ w Krakowie.

Badani zostali obciążeni submaksymalnym wysiłkiem fizycznym z wykorzystaniem testu cykloergometrycznego ze stopniowo wzrastającym obciążeniem. Próba trwała do momentu osiągnięcia ustalonego poziomu częstości skurczu serca, wynoszącego 80% maksymalnej wartości tętna ( $HR_{max}$ , *maximal heart rate*). Wartość  $HR_{max}$  obliczono ze wzoru  $220 - \text{wiek}$  podany w latach. W celu wyznaczenia początkowej wartości obciążenia indywidualnie dla każdego dziecka wykorzystywano beztłuszczową masę ciała (FFM, *fat-free mass*) podzieloną przez 60.

### Wstępna próba wysiłkowa

Właściwą próbę wysiłkową na ergometrze rowerowym poprzedzono 2 dni wcześniej próbą wstępną. Wykonanie próby wstępnej miało za celu zapoznanie się chorego z charakterem próby, a przez to obniżenie poziomu stresu oraz określenie reakcji badanego na wysiłek fizyczny. Próba wstępna trwała około 2–3 minuty.

### Właściwa próba wysiłkowa

Właściwa próba wysiłkowa zawsze odbywała się po zjedzeniu śniadania przez chorego, między godziną 9.00 a 9.30, po upływie 2,5–3 godzin od momentu wstrzyknięcia insuliny krótkodziałającej. Śniadanie dostarczało 50–60% energii pochodzącej z węglowodanów, 20–30% z tłuszczów i 20% z białek.

Badany na komendę „start” rozpoczynał próbę wysiłkową z określonym przez metronom tempem pedałowania wynoszącym 60 obrotów na minutę. Pierwsze 3 minuty badania stanowiła rozgrzewka

z obciążeniem  $1 \text{ W/kg}^{-1}$  beztłuszczowej masy ciała, a następnie co 3 minuty podnoszono jego poziom o połowę wielkości wyjściowej. W momencie osiągnięcia przez pacjenta tętna wynoszącego 80% wartości jego tętna maksymalnego próba została przerwana i zakończona. Tętno było monitorowane w sposób ciągły, a jego wartość odnotowywana w protokole wysiłkowym co 0,5 minuty.

### Metody wykonywanych pomiarów

Wszystkie wysiłki testowe zostały wykonane na ergometrze rowerowym firmy Monark 818E (Szwecja). Częstość skurczów serca rejestrowano za pomocą urządzenia „Vantage NT” firmy Polar-Electro (Finlandia). Wysokość ciała (BH, *body height*) mierzono przy użyciu antropometru typu Martin. Do pomiaru masy ciała (BM, *body mass*), procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (%F), masy tłuszczu ustrojowego (FM, *fat mass*) oraz beztłuszczowej masy ciała (LBM, *lean body mass*), użyto wagę elektroniczną „Tanita” — Body Composition Analyzer, model TBF-300.

### Badania reologiczne

Badania przeprowadzono na erytrocytach izolowanych z krwi pochodzącej od osób, które stanowiły grupę badaną i kontrolną. Krew pobierano przed wysiłkiem fizycznym w ilości 5 ml oraz po wysiłku fizycznym w takiej samej ilości. Krew pobierano z żyły w zgięciu łokciowym na EDTAK<sub>2</sub>, jako środek przeciwkrzepliwy. Próbkę z krwią z kliniki zostały przetransportowane w termosie ochłodzonym do +4°C do Pracowni Patologii Narządu Ruchu Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie.

Właściwości reologiczne krwi oznaczono w reometrze typu LORCA (*Laser assisted Optical Rotational Cell Analyzer*). Wykonano oznaczenia indeksu elongacji erytrocytów (EI, *elongation index*) oraz wskaźników agregacji erytrocytów, tj. stopień całkowitej agregacji (AMP, *total extend of aggregation*), połowiczny czas całkowitej agregacji ( $T_{1/2}$ , *half time kinetics of aggregation*), indeks agregacji (AI, *aggregation index*).

### Analiza statystyczna

Zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji ANOVA z powtarzanymi pomiarami. Jako istotne przyjęto efekty, dla których wartość prawdopodobieństwa  $p$  była mniejsza od przyjętego poziomu istotności  $\alpha = 0,05$ . Dla analizowanych zmiennych wyliczono dodatkowo wartości średnie wraz z 95-procentowym przedziałem ufności dla rozpatrywanych podgrup.

### Wyniki

Badając właściwości reologiczne krwi, uwzględniono indeks elongacji erytrocytów (EI) przy siłach *shear*

Tabela 1. Średnie wartości pomiarów wskaźników agregacji erytrocytów przed wysiłkiem fizycznym i po jego wykonaniu u chorych na cukrzycę typu 1

Wskaźnik	Wysiłek fizyczny	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Wartość p
		x ± SD	x ± SD	x ± SD	
AMP	Przed	22,040 ± 0,930	20,641 ± 1,260	20,808 ± 0,930	0,279
	Po	21,667 ± 0,958	23,010 ± 1,298	21,132 ± 0,959	0,327
T <sub>1/2</sub>	Przed	3,693 ± 0,609	3,065 ± 0,824	3,751 ± 0,609	0,667
	Po	3,535 ± 0,681	3,225 ± 0,922	3,993 ± 0,681	0,603
AI	Przed	53,003 ± 3,148	55,173 ± 4,262	53,797 ± 3,148	0,642
	Po	51,925 ± 3,072	56,896 ± 4,159	54,725 ± 3,072	0,566

p ≤ 0,05; AMP (*total extend of aggregation*) — stopień całkowitej agregacji; T<sub>1/2</sub> (*half time kinetics of aggregation*) — połowiczny czas całkowitej agregacji; AI (*aggregation index*) — indeks agregacji w %; x — średnia; SD (*standard deviation*) — odchylenie standardowe; 1 — dzieci ze świeżo rozpoznaną cukrzycą; 2 — dzieci z cukrzycą > 5 lat; 3 — dzieci zdrowe

Tabela 2. Średnie wartości pomiarów wskaźników elongacji erytrocytów (EI) przed wysiłkiem fizycznym i po jego wykonaniu u chorych na cukrzycę typu 1

Shear stress (Pa)	Wysiłek fizyczny	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Wartość p
		x ± SD	x ± SD	x ± SD	
0,30	Przed	0,037 ± 0,010	0,041 ± 0,013	0,071 ± 0,010	0,340
	Po	0,033 ± 0,010	0,033 ± 0,013	0,075 ± 0,010	0,240
0,58	Przed	0,050 ± 0,010	0,057 ± 0,013	0,096 ± 0,010	0,572
	Po	0,045 ± 0,010	0,056 ± 0,012	0,108 ± 0,010	0,095
1,13	Przed	0,097 ± 0,010	0,091 ± 0,013	0,094 ± 0,010	0,912
	Po	0,092 ± 0,010	0,089 ± 0,013	0,098 ± 0,010	0,604
2,19	Przed	0,190 ± 0,019	0,175 ± 0,023	0,163 ± 0,018	0,963
	Po	0,187 ± 0,019	0,175 ± 0,023	0,166 ± 0,018	0,803
4,24	Przed	0,304 ± 0,021	0,283 ± 0,027	0,263 ± 0,021	0,882
	Po	0,300 ± 0,021	0,285 ± 0,026	0,266 ± 0,021	0,817
8,23	Przed	0,411 ± 0,020	0,387 ± 0,026	0,362 ± 0,020	0,757
	Po	0,409 ± 0,020	0,391 ± 0,025	0,364 ± 0,020	0,737
15,96	Przed	0,493 ± 0,018	0,470 ± 0,022	0,443 ± 0,017	0,767
	Po	0,490 ± 0,017	0,474 ± 0,022	0,444 ± 0,017	0,556
31,04	Przed	0,551 ± 0,015	0,531 ± 0,018	0,508 ± 0,014	0,558
	Po	0,548 ± 0,014	0,536 ± 0,018	0,509 ± 0,014	0,226
59,07	Przed	0,588 ± 0,012	0,572 ± 0,014	0,556 ± 0,011	0,603
	Po	0,585 ± 0,011	0,577 ± 0,014	0,558 ± 0,011	0,346

p ≤ 0,05; EI (*elongation index*) — indeks elongacji erytrocytów; x — średnia; SD (*standard deviation*) — odchylenie standardowe; 1 — dzieci ze świeżo rozpoznaną cukrzycą; 2 — dzieci z cukrzycą > 5 lat; 3 — dzieci zdrowe

stress od 0,30 (Pa) do 59,97 (Pa), indeks agregacji (AI), połowiczny czas całkowitej agregacji (T<sub>1/2</sub>) oraz stopień całkowitej agregacji (AMP). Zestawienie średnich wyników wskaźników reologicznych krwi dla wszystkich badanych grup podano w tabelach 1 i 2.

W badanych wskaźnikach agregacji erytrocytów, takich jak AI, T<sub>1/2</sub> oraz AMP, w 3 badanych grupach po wysiłku fizycznym nie odnotowano istotnych statystycznie zmian (tab. 1). Nie odnotowano także żadnych istotnych zmian w EI przy shear stress od 0,30 (Pa) do 59,07 (Pa) w 3 badanych grupach po wysiłku fizycznym (tab. 2).

## Dyskusja

DeMarco i wsp. [13] podają, że posiłek o niskim indeksie glikemicznym spożyty przed wysiłkiem fizycznym może pozytywnie wpłynąć na maksymalną wydolność po długotrwałym wysiłku. Ponadto autorzy sugerują, że posiłki o niskim indeksie glikemicznym utrzymują wyższe stężenie glukozy w osoczu podczas ćwiczeń niż te o wysokim indeksie glikemicznym [13]. W badaniach własnych właściwa próba wysiłkowa zawsze odbywała się po zjedzeniu śniadania przez chorego, między godziną 9.00 a 9.30, po upływie 2,5–3 godzin od momentu wstrzyknięcia insuliny krótkodziałającej.

Wysiłek fizyczny o wysokiej intensywności powoduje wiele zmian wskaźników reologicznych krwi, takich jak zwiększenie lepkości krwi, której towarzyszy wysoki poziom hematokrytu, zmniejszenie EI oraz wzrost AI i spadek  $T_{1/2}$ . Zauważono także, że posiłek spożyty po wysiłku powoduje dalsze obniżenie wartości wskaźnika EI, co wskazuje na większą sztywność krwinek czerwonych, ale bez zmian w lepkości osocza i agregacji erytrocytów [14, 15]. Monnier i wsp. [16] podają, że zarówno nawodnienie, jak i odwodnienie organizmu może mieć także znaczący wpływ na właściwości reologiczne krwi (elongację i agregację erytrocytów).

Z kolei w badaniach własnych nie zauważono żadnych istotnych statystycznie zmian w odkształcalności erytrocytów dzieci chorych na cukrzycę typu 1 i u dzieci zdrowych. Może to oznaczać, że jednorazowy submaksymalny wysiłek fizyczny nie wywołuje niekorzystnych zmian w elongacji czerwonych krwinek krwi, a tym samym nie wpływa na zwiększenie sztywności błon erytrocytów.

Cukrzyca wywołuje wiele modyfikacji w komponentach błon erytrocytów oraz w ich wnętrzach. Każda zmiana w komponentach powoduje utratę odkształcalności erytrocytów. Odkształcalność erytrocytów zmniejsza się również po nasileniu się choroby oraz podczas starzenia się czerwonych krwinek krwi [17]. Erytrocyty u osób z cukrzycą są bardziej sztywne niż u osób zdrowych, a reologiczne zmiany, tj. zwiększenie agregacji i zmniejszenie odkształcalności są przyczyną zaburzeń w mikrokrążeniu osób chorych na cukrzycę [1].

W badaniach własnych, zarówno u pacjentów ze świeżo rozpoznaną cukrzycą typu 1, jak i z cukrzycą trwającą ponad 5 lat i w grupie dzieci zdrowych, nie zaobserwowano zmian istotnych statystycznie w badanych wskaźnikach agregacji erytrocytów (AI, AMP,  $T_{1/2}$ ). Oznacza to, że jednorazowy submaksymalny wysiłek fizyczny w 3 badanych grupach nie zwiększył agregacji erytrocytów oraz nie wpłynął na szybkość tworzenia się agregatów krwinkowych, co można uznać za zjawisko korzystne. Koszela i Szyguła [18] w swoich badaniach wykazali także pozytywny wpływ kontrolowanego wysiłku fizycznego na wyrównanie cukrzycy typu 1. Tansey i wsp. [19] również potwierdzili korzystny wpływ wysiłku fizycznego u chorych na cukrzycę typu 1. W swoich badaniach autorzy zauważyli, że u młodzieży z cukrzycą typu 1 dłuższe umiarkowane ćwiczenia aerobowe zmniejszają stężenie glukozy w osoczu i możliwość częstego występowania hipoglikemii, gdy stężenie glukozy przed wysiłkiem wynosiło  $< 120$  mg/dl. Ponadto autorzy sugerują, że podanie doustne 15 g glukozy jest często niewystarczające w leczeniu hipoglikemii podczas ćwiczeń u młodzieży. Natomiast Admon i wsp. [7] nie zaobserwowali pozytywnego

wpływu wysiłku fizycznego u pacjentów z cukrzycą typu 1 zarówno u tych używających pompy insulinowe, jak i u ćwiczących bez pomp. Ponadto autorzy zauważyli, że częściej występowała późna hipoglikemia niż hipoglikemia podczas ćwiczeń fizycznych. U osób chorych na cukrzycę typu 1 z pompą insulinową występowała tendencja do wzrostu wystąpienia późnej hipoglikemii, dlatego autorzy sugerują wyłączenie popy podczas długotrwałego wysiłku fizycznego, gdyż stężenie glukozy we krwi jest monitorowane przez kilka godzin po wysiłku bez względu na tryb pompy [7].

Wyniki przeprowadzonych badań przybliżają zmiany, jakie zachodzą w erytrocytach podczas wysiłku fizycznego, oraz pokazują, jaki wpływ na te zmiany wywiera czas trwania choroby. Otrzymane wyniki nie dały istotności statystycznej, dlatego należy prowadzić dalsze badania uwzględniające większą grupę badanych, aby można było dokładnie poznać odpowiedzi na pytania dotyczące wpływu wysiłku fizycznego na badane wskaźniki reologiczne krwi u chorych na cukrzycę typu 1.

## Wnioski

1. Porównując wskaźniki agregacji oraz elongacji czerwonych krwinek krwi w 2 badanych grupach dzieci z cukrzycą typu 1 przed wysiłkiem fizycznym oraz po wysiłku nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic.
2. Czas trwania choroby nie miał istotnego wpływu na badane wskaźniki reologiczne krwi.
3. Brak zmian reologicznych badanych erytrocytów u dzieci zarówno ze świeżo rozpoznaną cukrzycą typu 1, jak i u dzieci z cukrzycą typu 1 trwającą 5 lat wskazuje na brak niekorzystnego wpływu jednorazowego wysiłku na badane właściwości.

## PIŚMIENNICTWO

1. Desouky OS, Selim NS, El-Bakrawy EM. and El-Marakby SM. Biophysical characterization of beta-thalassemic red blood cells. *Cell Biochem Biophys.* 2009; 55: 45–53.
2. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 33; 1(Suppl 2010): 62–69.
3. Szadkowska A, Markuszewski L, Bodalski J. Udział insulinosekrecji i insulinooporności w kształtowaniu obrazu klinicznego świeżo rozpoznanej cukrzycy u dzieci. *Med Wieku Rozwoj.* 2005; 9: 223–234.
4. Hussain A. Diabetes mellitus, type 1. *emedicinemedscapecom* 2007.
5. Lamb W. Diabetes mellitus, type 1. *emedicinemedscapecom* 2009.
6. Jarosz-Chobot P, Polanska J, Szadkowska A, et al. Rapid increase in the incidence of type 1 diabetes in Polish children from 1989 to 2004, and predictions for 2010 to 2025. *Diabetologia.* 2011; 54(3): 508–515, doi: [10.1007/s00125-010-1993-4](https://doi.org/10.1007/s00125-010-1993-4), indexed in Pubmed: [21165594](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21165594/).
7. Admon G, Weinstein Y, Falk B, et al. Exercise with and without an insulin pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Pediatrics.* 2005; 116(3): e348–e355, doi: [10.1542/peds.2004-2428](https://doi.org/10.1542/peds.2004-2428), indexed in Pubmed: [16140677](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16140677/).

8. Jankowiak B, Jakimiuk U, Sierakowska M, et al. and Baranowska A. Zakres edukacji zdrowotnej chorych na cukrzycę typu 1 w odniesieniu do ich wiedzy o chorobie. *Ann Acad Med Siles.* 2006; 60: 476–481.
9. Shin KiOk, Moritani T, Woo J, et al. Exercise training improves cardiac autonomic nervous system activity in type 1 diabetic children. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(1): 111–115, doi: [10.1589/jpts.26.111](https://doi.org/10.1589/jpts.26.111), indexed in Pubmed: [24567687](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24567687/).
10. Toni S, Reali MF, Barni F, et al. and Festini F. Managing insulin therapy during exercise in type 1 diabetes mellitus, *Acta Biomed* 77.; 1(Suppl 2006): 34–40.
11. Yardley J, Mollard R, MacIntosh A, et al. Vigorous intensity exercise for glycemic control in patients with type 1 diabetes. *Can J Diabetes.* 2013; 37(6): 427–432, doi: [10.1016/j.jcjd.2013.08.269](https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2013.08.269), indexed in Pubmed: [24321725](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24321725/).
12. Dąbrowski Z. Hemorheology. *Diagnostyka Laboratoryjna.* 2010; 46: 365–369.
13. DeMarco HM, Sucher KP, Cisar CJ, et al. Pre-exercise carbohydrate meals: application of glycemic index. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(1): 164–170, indexed in Pubmed: [9927025](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9927025/).
14. Bilski J, Teległów A, Pokorski J, et al. Effects of a meal on the hemorheologic responses to exercise in young males. *Biomed Res Int.* 2014; 2014: 862968, doi: [10.1155/2014/862968](https://doi.org/10.1155/2014/862968), indexed in Pubmed: [25089277](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25089277/).
15. van der Brug GE, Peters HP, Hardeman MR, et al. Hemorheological response to prolonged exercise — no effects of different kinds of feedings. *Int J Sports Med.* 1995; 16(4): 231–237, doi: [10.1055/s-2007-972997](https://doi.org/10.1055/s-2007-972997), indexed in Pubmed: [7657416](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7657416/).
16. Monnier JF, Benhaddad AA, Micallef JP, et al. Relationships between blood viscosity and insulin-like growth factor I status in athletes. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2000; 22(4): 277–286, indexed in Pubmed: [11081465](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11081465/).
17. Shin S, Ku Y, Babu N, et al. Erythrocyte deformability and its variation in diabetes mellitus. *Indian J Exp Biol.* 2007; 45(1): 121–128, indexed in Pubmed: [17249336](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17249336/).
18. Koszela A, Szyguła Z. Impact the clinical course of type 1 diabetes mellitus in competitive sports. A case study. *Medicina Sportiva Practica.* 2011; 12: 95–98.
19. Tansey MJ, Tsalikian E, Beck RW, et al. Diabetes Research in Children Network (DirecNet) Study Group. The effects of aerobic exercise on glucose and counterregulatory hormone concentrations in children with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2006; 29(1): 20–25, indexed in Pubmed: [16373890](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16373890/).