

# Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na wskaźniki reologiczne krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów

## Impact of systemic cryotherapy on the rheological properties of the blood in women with rheumatoid arthritis

Bartłomiej Ptaszek<sup>1,2</sup> (A,B,D,E,F), Aneta Teległów<sup>3</sup> (A,B,D,E,F), Jakub Marchewka<sup>4</sup> (C,E)

<sup>1</sup> Studia doktoranckie, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

<sup>2</sup> Małopolskie Centrum Krioterapii, Kraków

<sup>3</sup> Katedra Rehabilitacji Klinicznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

<sup>4</sup> Zakład Medycyny Fizycznej i Odnowy Biologicznej, Katedra Fizjoterapii, AWF Kraków

### Key words

systemic cryotherapy, blood rheology, blood morphology, rheumatoid arthritis

### Abstract

**Study aim:** The aim of this study was to assess the effects of systemic cryotherapy on the rheological properties of the blood in women with rheumatoid arthritis.

**Study group:** The study groups consisted of 10 women with rheumatoid arthritis, aged  $57.2 \pm 9.4$ , who underwent systemic cryotherapy treatments (3 min treatment time,  $-120^\circ\text{C}$  chamber temperature, 10 treatment sessions – 5 times a week). Their average body height was  $165.5 \pm 4.6$  cm, weight  $68.5 \pm 4.9$  kg and BMI  $24.8 \pm 2.2$  kg/m<sup>2</sup>. In order to analyze morphological and rheological parameters of the blood, venous blood samples were drawn from the participants of the study twice. The first study was held on the day of beginning treatments and the second test was conducted after a series of 10 treatments.

**Methodology:** The morphological blood test – measurements were taken using the ABX MICROS 60 (USA) hematology analyser. Erythrocyte deformability and aggregation were tested using the LORCA analyser (Laser-assisted Optical Rotational Cell Analyser RR Mechatronics, The Netherlands). The results were obtained as the index of elongation and aggregation according to the Hardeman method (2001).

**Results:** Analysing the average values of morphological and rheological parameters of the blood in women with rheumatoid arthritis in the study group, the mean values of RBC, Hct and AI following the series of 10 treatments were significantly higher after cryotherapy in comparison to the measurements taken before treatments. Analysing the mean concentrations of  $T_{1/2}$ , there was statistically significant reduction after the series of 10 treatments.

**Conclusions:** Regular usage of cryotherapy treatments may affect the levels of morphological and rheological parameters of the blood in women with rheumatoid arthritis – RBC, Hct and AI (increase) and  $T_{1/2}$  (reduction) in the blood.

### Słowa kluczowe

krioterapia ogólnoustrojowa, właściwości reologiczne krwi, reumatoidalne zapalenie stawów

### Streszczenie

**Cel badań:** Celem pracy było zbadanie wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na właściwości reologiczne krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów.

**Materiał:** Grupę badaną stanowiło 10 kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów w wieku  $57,2 \pm 9,4$  lat, które korzystały z zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej (czas zabiegu 3 min, temperatura komory  $-120^\circ\text{C}$ , 10 zabiegów – 5 razy w tygodniu). Średnia wysokość ciała wynosiła  $165,5 \pm 4,6$  cm, waga  $68,5 \pm 4,9$  kg i BMI  $24,8 \pm 2,2$  kg/m<sup>2</sup>. W celu analizy parametrów reologicznych krwi uczestniczącym w badaniu pobrano dwukrotnie krew żylną. Pierwsze badanie odbyło się w dniu rozpoczęcia zabiegów, a drugie po serii 10 zabiegów.

Udział autorów: A – projekt badania, pracy; B – zebranie danych, informacji; C – analiza statystyczna; D – interpretacja danych; E – przygotowanie manuskryptu; F – przeszukiwanie literatury

Artykuł otrzymano / received: 24.01.2017; zaakceptowano do publikacji / accepted: 14.05.2017

Sposób cytowania: Ptaszek B., Teległów A., Marchewka J. Impact of systemic cryotherapy on the rheological properties of the blood in women with rheumatoid arthritis. Med Rehabil 2017; 21 (2): 4-9. DOI: 10.5604/01.3001.0010.4815

Wersja internetowa (pierwotna) / internet version (original): [www.rehmed.pl](http://www.rehmed.pl)

**Metodyka:** Pomiary wykonano przy użyciu analizatora hematologicznego ABX MICROS 60 (USA). Do badania agregacji i odkształcalności erytrocytów wykorzystano analizator LORRCA (Laser-assisted Optical Rotational Cell Analyser RR Mechatronics, Holandia). Wyniki otrzymano jako indeks elongacji i agregacji, według metody Hardeman (2001).

**Wyniki:** Analizując średnie wartości wskaźników morfologicznych i reologicznych krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów w grupie badanej średnie wartości RBC i Hct i AI po serii 10 zabiegów były znacząco wyższe w porównaniu do pomiarów wykonanych przed zabiegami. Analizując średnie wartości  $T_{1/2}$  zaobserwowano statystycznie istotne zmniejszenie wartości po serii 10 zabiegów.

**Wnioski:** Regularne korzystanie z zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej może wpływać na wskaźniki morfologiczne i reologiczne krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów – RBC, Hct i AI (zwiększenie) oraz  $T_{1/2}$  (zmniejszenie).

## WSTĘP

Reumatoidalne zapalenie stawów (RZS) jest przewlekłą, autoimmunologiczną, układową chorobą tkanki łącznej, której etiologia nie jest w pełni poznana. RZS częściej obserwuje się u kobiet i osób starszych. Choroba charakteryzuje się nieswoistym zapaleniem stawów (symetrycznie), występowaniem zmian wytwórczych w stawach oraz uszkodzeniem narządów, co prowadzi do niepełnosprawności i przedwczesnej śmierci<sup>1</sup>. Choroba ta pomimo leczenia ma przewlekły przebieg z okresami zaostrzeń i remisji. Proces chorobowy rozpoczyna się zapaleniem błony maziowej stawów i prowadzi do ich zniszczenia, deformacji, inwalidztwa i przedwczesnej śmierci<sup>2</sup>.

W stawach objętych schorzeniem temperatura wzrasta<sup>3,4</sup>. Krioterapia miejscowa, np. zimnymi okładami, jest powszechnie stosowana w celu łagodzenia bólu w chorobach zapalnych, urazach i przeciążeniach. W badaniach „in vitro” wzrost lokalnej temperatury powoduje przyspieszoną degradację kolagenu – kolagenolizę<sup>5</sup>. Czasowe obniżenie temperatury wewnątrz stawu, trwające co najmniej trzy godziny, można osiągnąć przy miejscowym leczeniu zimnem<sup>6,7</sup> oraz przy stosowaniu iniekcji glikokortykosteroidów<sup>3</sup>. Na podstawie tych ustaleń krioterapia jest zalecana pacjentom z aktywną postacią zapalenia stawów.

Krioterapia ogólnoustrojowa (ang. *Whole-body cryotherapy*, WBC) jest obecnie stosowana w celu złagodzenia stanu zapalnego i bólu w zapaleniu stawów i chorobie zwyrodnieniowej oraz do łagodzenia bólu w fibromialgii. WBC jest przydatna w chorobach neurologicznych do zmniejszania spastyczności, jako metoda fizykoterapii w chorobach reumatycznych i stwardnieniu rozsianym, a także

działa łagodząco w łuszczycy i atopowym zapaleniu skóry<sup>8-10</sup>.

Zastosowanie krioterapii ogólnoustrojowej stanowi jeden ze sposobów zmniejszenia lub zniesienia progu bólu. Systematyczne stosowanie bardzo niskich temperatur powoduje zwiększoną tolerancję wysiłku i podnosi odporność organizmu oraz ma pozytywny wpływ na psychikę, gdyż powoduje zmniejszenie lęku, niepokoju i nadpobudliwości u pacjentów; poprawia również ich percepcję i koncentrację, tworząc lepszą odporność ośrodkowego układu nerwowego na zmęczenie<sup>11,12</sup>.

Badania morfologiczne i biochemiczne przeprowadzone po zastosowaniu krioterapii wskazują na wzrost poziomu hemoglobiny, leukocytów i płytek krwi w porównaniu z wartościami wyjściowymi. Obserwuje się również wzrost stężenia w surowicy krwi adrenaliny, noradrenaliny, ACTH, kortyzolu, testosteronu (u mężczyzn) oraz obniżenie parametrów odczynu zapalnego, takich jak: OB, odczyn Waalera-Rosego, seromukoid<sup>13,14</sup>.

## CEL PRACY

Celem pracy było zbadanie wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na właściwości reologiczne krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów.

## MATERIAŁ I METODY

Grupę badaną stanowiło 10 kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów (RZS typ II – kryteria klasyfikacyjne RZS według Amerykańskiego Kolegium Reumatologii (ACR) i Europejskiej Ligi do Walki z chorobami Reumatycznymi (EULAR) z 2010 roku) – pacjentek Małopolskiego Centrum Krioterapii w Krakowie (badania

wstępne – bez kalkulacji), w wieku  $57,2 \pm 9,4$  lat, które korzystały z zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej (czas zabiegu 3 min, temperatura komory  $-120$  °C, 10 zabiegów – 5 razy w tygodniu). Średnia wysokość ciała wynosiła  $165,5 \pm 4,6$  cm, waga  $68,5 \pm 4,9$  kg i BMI  $24,8 \pm 2,2$  kg/m<sup>2</sup>. Czas choroby – to  $18,6 \pm 12,9$  lat. W celu analizy parametrów reologicznych krwi uczestniczącym w badaniu pobrano dwukrotnie krew żylną. Pierwsze badanie odbyło się w dniu rozpoczęcia zabiegów, a drugie po serii 10 zabiegów. (Metodologia jak w poprzednich badaniach<sup>15,16</sup>).

Parametry uzyskane w kriokomorze:

- temperatura przedsiionka:  $-60$  °C;
- temperatura komory:  $-120$  °C.

Czas jednorazowego zabiegu dla grupy mężczyzn wynosił 1,5 min (1. zabieg), 3 min (2.-10. zabieg). Krew od badanych pobrano na czczo w godzinach rannych, w ilości 3 ml z żyły łokciowej do próbek z EDTA. Krew była pobierana przez wykwalifikowaną pielęgniarkę, pod nadzorem lekarza, zgodnie ze standardami obowiązującymi w Pracowni Patologii Narządu Ruchu Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie, gdzie też wykonano oznaczenia parametrów reologicznych krwi. Badania uzyskały zgodę Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Krakowie.

## Morfologia krwi

Pomiary wykonano przy użyciu analizatora hematologicznego ABX MICROS 60 (USA). Oznaczono następujące wskaźniki:

1. Liczbę krwinek czerwonych – RBC [ $10^{12}/L$ ];
2. Hematokryt – Hct [L/L];
3. Hemoglobinę – Hgb [g/L];
4. Wskaźnik średniej masy hemoglobiny w krwince czerwonej – MCH [fmol];

5. Wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej – MCV [fL];
6. Średnie stężenie hemoglobiny w krwince czerwonej – MCHC [mmol/L];
7. Liczbę białych krwinek – WBC [ $10^9/L$ ];
8. Liczbę płytek krwi – PLT [ $10^9/L$ ].

### Oznaczenie indeksu elongacji

Do badania odkształcalności erytrocytów wykorzystano analizator LORCA (Laser-assisted Optical Rotational Cell Analyser RR Mechatronics, Holandia). Wyniki otrzymano jako indeks elongacji i agregacji, według metody Hardeman<sup>17,18</sup>. Badania w wyżej wymienionym aparacie przeprowadzono w ciągu 30 minut po pobraniu krwi, w temperaturze 37 °C zgodnie ze standardowym protokołem.

Wyniki indeksu elongacji (EI) podano w przedziale od 0,30 do 59,97 sił ścinania mierzonych w paskalach. Indeks elongacji jest miarą wielkości odkształcenia krwinek czerwonych podczas ich ruchu w komorze pomiarowej<sup>17,18</sup>.

### Oznaczenie indeksu agregacji

Próbkę krwi przed właściwym badaniem poddano utlenowaniu przez inkubację i mieszanie z karbogenem w ciągu 15 minut. Krew w ilości 1,5 ml wprowadzono do komory pomiarowej analizatora LORCA. Wynikiem analizy komputerowej jest krzywa zależności natężenia światła rozproszonego od czasu (dla określonej szybkości ścinania), czyli tzw. sylektogram<sup>19,20</sup>.

Badano wyszczególnione parametry, określające kinetykę agregacji erytrocytów:

- AI [%] – indeks agregacji.
- Ponadto były mierzone:
- AMP [au] – stopień całkowitej agregacji;
- $T_{1/2}$  [s] – połowiczny czas całkowitej agregacji.

### Analiza statystyczna

Dane przedstawiono za pomocą wartości średnich i odchylenia standardowego ( $\bar{x} \pm SD$ ) lub w przypadku braku rozkładu normalnego – za po-

mocą mediany i kwartyli. Normalność rozkładów zweryfikowano testem Shapiro-Wilka. W celu oceny zmian między pomiarem przed i po krioterapii użyto testu *t*-Studenta dla prób zależnych, a w razie braku spełnienia jego założeń – testu kolejności par Wilcoxon. Wartości  $SS_{1/2}$  i  $EI_{max}$  zostały obliczone poprzez dopasowanie krzywych elongacji do 4-parametrowego modelu Streekstra-Bronkhorst za pomocą algorytmu nieliniowego dopasowania w programie GraphPad Prism 7.02 (GraphPad Software Inc., La Jolla, CA). Metoda została opisana szczegółowo przez Baskurta i wsp.<sup>21,22,23</sup>. W analizach przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0.05$ . Analizy statystyczne wykonano z zastosowaniem pakietu Statistica 12 (StatSoft®, USA).

### WYNIKI

Analizując średnie wartości wskaźników morfologicznych i reologicznych krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów w grupie badanej zaobserwowano, że średnie wartości po serii 10 zabiegów były wyższe po krioterapii, w porównaniu do pomiarów wykonanych przed zabiegami – RBC (3,54%), Hct (3,94%) oraz AI (13,10%). Analizując średnie wartości  $T_{1/2}$  zauważono istotne statystycznie zmniejszenie po serii 10 zabiegów (35,76%). Pozostałe parametry nie uległy zmianie (Tabele 1-3).

### DYSKUSJA

Badania przedstawione w niniejszej pracy mają na celu ukazanie zmian w poziomie wskaźników reologicznych krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów, które korzystały z serii 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej (-120 °C). Przegląd literatury wskazuje na brak danych na temat wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na wskaźniki reologiczne krwi u pacjentów z RZS.

W naszych badaniach zauważyliśmy wzrost RBC, Hct, AI i zmniejszenie  $T_{1/2}$  u kobiet poddawanych zabiegom krioterapii w stosunku do

pomiarów dokonanych w dniu rozpoczęcia zabiegów. Jednak nie zaobserwowano żadnych zmian w średnich wartościach Indeksu Elongacji i innych wskaźników morfologicznych (Hgb, MCV, MCH, MCHC, WBC, PLT).

Wyniki badań (bardzo nielicznych) zrealizowanych do tej pory są trudne do interpretacji i porównań ze względu na różnice w protokołach badań. Lubkowska i Szyguła<sup>24</sup> wykazali, że liczba sesji WBC ma istotne znaczenie na zmiany wskaźników morfologicznych.

Po kilkunastodniowej stymulacji temperaturami kriogenicznymi wykazuje się wzrost poziomu hemoglobiny oraz liczby płytek krwi, zwiększone stężenie kreatyniny i nasilenie glikemii<sup>28,29</sup>. Niektóre doniesienia wskazują na spadek erytrocytów<sup>2,25-28</sup> oraz zwiększenie liczby leukocytów<sup>21,31</sup>, podczas gdy inni opisują brak zmian w liczbie erytrocytów i/lub białych krwinek, najprawdopodobniej z powodu zbyt małej liczby sesji<sup>2,19,26,27,29</sup>. Spadek leukocytów i erytrocytów u zdrowych po serii zabiegów zaobserwował Blatteis<sup>30</sup>. Banfi i wsp.<sup>2</sup> wykazali natomiast po zakończeniu zabiegów (30 sekund w -60 °C i 2 min w -110 °C) obniżenie stężenia hemoglobiny z jednoczesnym wzrostem wartości średniej masy cząsteczki hemoglobiny w erytrocycie oraz średniego stężenia hemoglobiny w erytrocycie<sup>2</sup>.

Franzini i wsp.<sup>32</sup> oraz Marchewka i wsp.<sup>33</sup> powiązali spadek w odkształcalności erytrocytów z wiekiem. Stwierdzili, że zmiany te są wynikiem podwyższonego poziomu cholesterolu w ściankach naczyń krwionośnych oraz w błonie komórkowej<sup>31,32,33</sup>. Zauważyli oni także, że zwiększenie poziomu całkowitego cholesterolu wpływa na odkształcalność erytrocytów<sup>32,33</sup>. W badaniach własnych nie zaobserwowano zmian w odkształcalności erytrocytów.

Kępińska i wsp.<sup>34</sup> opisali ocenę wpływu jednorazowej krioterapii ogólnoustrojowej na właściwości morfologiczne i reologiczne krwi u 5 zdrowych mężczyzn (20-25 lat). Do analizy właściwości morfologicznych (RBC, Hgb, Hct, MCHC) i reologicznych (EI, AI) krwi pobrano krew bezpośrednio przed zabiegiem, w ciągu ok.

Tabela 1

**Wartości średnie ± odchylenie standardowe wybranych parametrów morfologicznych na początku badania oraz po 10 zabiegach krioterapii całego ciała u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów. N = 10 badanych**  
 Mean values ± standard deviations of the selected morphological parameters at the beginning of the study and after 10 whole-body cryotherapy sessions in rheumatoid arthritis patients. N = 10 subjects

	Przed zabiegami	Po krioterapii	p	różnica %
WBC (10 <sup>9</sup> /L)	6,10 ± 1,45	6,12 ± 1,39	0,94	0,33
RBC (10 <sup>12</sup> /L)	3,96 ± 0,35	4,10 ± 0,36	<b>0,019</b>	<b>3,54</b>
Hgb (g/L)	12,21 ± 0,93	12,44 ± 1,27	0,25	1,88
Hct (%)	33,29 ± 3,41	34,60 ± 3,37	<b>0,024</b>	<b>3,94</b>
MCV (fL)	84,10 ± 4,41	84,60 ± 4,09	0,14	0,59
MCH (fmol)	30,88 ± 1,85	30,38 ± 1,36	0,37	1,62
MCHC (mmol/L)	35,55 (35,3-39,6)	35,98 (35,9-36,6)	0,27	1,21
PLT (10 <sup>9</sup> /L)	212,70 ± 69,08	233,50 ± 48,45	0,27	9,78

WBC [10<sup>9</sup>/L] – liczba białych krwinek; RBC [10<sup>12</sup>/L] – liczba krwinek czerwonych; Hgb [g/L] – Hemoglobina; Hct [L/L] – Hematokryt; MCV [fL] – wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej; MCH [fmol] – wskaźnik średniej masy hemoglobiny w krwince czerwonej; MCHC [mmol/L] – średnie stężenie hemoglobiny w krwince czerwonej; PLT [10<sup>9</sup>/L] – liczba płytek krwi

Tabela 2

**Wartości średnie ± odchylenie standardowe stopnia całkowitej agregacji (AMP), połowicznego czasu całkowitej agregacji (T<sub>1/2</sub>) oraz indeksu agregacji (AI) na początku badania oraz po 10 zabiegach krioterapii całego ciała u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów. N = 10 badanych**

Mean values ± standard deviations of the total extent of aggregation (AMP), half time of total aggregation (T<sub>1/2</sub>) and aggregation index (AI) at the beginning of the study and after 10 whole-body cryotherapy sessions in rheumatoid arthritis patients. N = 10 subjects

	Przed zabiegami	Po krioterapii	p	różnica %
AMP (au)	16,86 ± 2,83	15,22 ± 2,36	0,18	9,73
T <sub>1/2</sub> (s)	2,32 ± 1,26	1,49 ± 1,08	<b>0,030</b>	<b>35,76</b>
AI (%)	63,35 ± 10,72	71,63 ± 11,21	<b>0,020</b>	<b>13,10</b>

AMP [au] – stopień całkowitej agregacji; T<sub>1/2</sub> [s] – połowiczny czas całkowitej agregacji; AI [%] – indeks agregacji

Tabela 3

**Wartości średnie ± odchylenie standardowe wskaźników SS<sub>1/2</sub>, EI<sub>max</sub> i stosunku SS<sub>1/2</sub>/EI<sub>max</sub> na początku badania oraz po 10 zabiegach krioterapii całego ciała u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów. N = 10 badanych**  
 Mean values ± standard deviations of SS<sub>1/2</sub>, EI<sub>max</sub> and SS<sub>1/2</sub>/EI<sub>max</sub> ratio at the beginning of the study and after 10 whole-body cryotherapy sessions in rheumatoid arthritis patients. N = 10 subjects

	Przed zabiegami	Po krioterapii	p	różnica %
SS <sub>1/2</sub>	2,91 ± 0,51	2,93 ± 0,49	0,65	0,69
EI <sub>max</sub>	0,59 ± 0,03	0,59 ± 0,03	0,65	0,00
SS <sub>1/2</sub> /EI <sub>max</sub>	4,93 ± 1,01	4,99 ± 1,01	0,72	1,22

SS<sub>1/2</sub> – wskaźnik odkształcalności erytrocytów; EI<sub>max</sub> – maksymalny indeks elongacji

20-30 minut po zabiegu oraz 24 godziny po zabiegu. Autorzy wykazali, że jednorazowy zabieg krioterapii ogólnoustrojowej nie powoduje istotnych statystycznie zmian we właściwościach morfologicznych i reologicznych krwi zdrowych osób<sup>34</sup>.

Celem innej pracy Kępińskiej i wsp.<sup>35</sup> była ocena wpływu serii zabiegów

krioterapii na właściwości reologicznych i morfologicznych krwi u 10 zdrowych mężczyzn. Przeprowadzono 24 zabiegi krioterapii (3 razy w tygodniu, co drugi dzień). Odnotowano statystycznie znaczące zmniejszenie średniego komórkowego stężenia hemoglobiny, wzrost średniej wielkości liczby płytek. Jednak ponownie

nie odnotowano statystycznie istotnych zmian właściwości reologicznych krwi<sup>35</sup>.

Według Maeda i wsp.<sup>36</sup> prawidłowa odkształcalność erytrocytów odgrywa pierwszoplanową rolę w przepływie krwi w systemie naczyń. Natomiast właściwy kształt erytrocytów, wewnątrzkomórkowa lepkość

oraz sztywność ściany ich błony komórkowej zależą od poziomu hemoglobiny, która ma znaczny wpływ na zdolność do deformacji. Jak wiemy, odkształcalność krwinek czerwonych jest bardzo istotna, gdyż pozwala im na przechodzenie przez naczynia włosowate. Im mniejsza zdolność do odkształcalności, tym większa lepkość krwi i gorszy przepływ krwi w mikrokrążeniu. Stwierdzono, że agregacja jest najistotniejszym czynnikiem odpowiadającym za wzrost lepkości<sup>36-38</sup>. W badaniach własnych u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów zanotowano zwiększenie indeksu agregacji aż o 13,10%.

Yalcin i wsp.<sup>39</sup> badali wpływ ciężkiego wysiłku beztlenowego na właściwości reologiczne krwi u nietrenujących mężczyzn. W ich badaniu wysiłek spowodował zmniejszenie agregacji erytrocytów 30 minut po wysiłku<sup>39</sup>. Natomiast Kayatekin i wsp.<sup>40</sup> wykazali wzrost agregacji erytrocytów natychmiast po pływaniu w wodzie 26-27 °C. W badaniach własnych, choć zastosowano bodziec w postaci zimna, stwierdzono taką samą zależność (wzrost AI). Chmiel i wsp.<sup>41</sup> prowadzili badania na szczurach, które przebywały w zimnej wodzie 5 godzin. Spowodowało to zmniejszenie odkształcalności erytrocytów, prawdopodobnie pod wpływem reaktywnych form tlenu<sup>41</sup>.

Wśród chorych na reumatoidalne zapalenie stawów najczęściej ocenia się postęp choroby oraz wpływ zabiegów na dolegliwości bólowe. Badania, które zostały przeprowadzone przez Istrati i wsp.<sup>42</sup>, miały na celu ukazanie wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na zmianę aktywności fibrynolitycznej u chorych na reumatoidalne zapalenie stawów. Po zastosowaniu 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej zauważono, że zmniejszeniu uległ parametr t-PA (*tissue plasminogen activator*), a w surowicy krwi nastąpiło zwiększenie się kompleksów PAP (plazmina- $\alpha$ 2-antyplazmina). U wszystkich pacjentów zaobserwowano poprawę samopoczucia oraz zmniejszenie natężenia bólu<sup>42</sup>.

Celem badania, które zostało przeprowadzone przez Kerekę i wsp.<sup>43</sup>, było ukazanie wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na zmiany natężenia

nia bólu u chorych na reumatoidalne zapalenie stawów (26 osób, 10 zabiegów). Po zastosowaniu leczenia zauważono tendencję spadkową w intensywności odczuwania bólu przez pacjentów, poprzez obniżenie się natężenia bólu, tendencji spadkowej uległ również czas trwania sztywności porannej oraz obniżył się próg ograniczenia aktywności ruchowej<sup>43</sup>.

W badaniach Braun i wsp.<sup>44</sup> uczestniczyło 48 osób z RA. Korzystały one z zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej dwa razy dziennie. Badacze zaobserwowali zmniejszenie dolegliwości bólowych po zastosowaniu zabiegów<sup>44</sup>.

Księżopolska i wsp.<sup>45</sup> porównywali w swoich badaniach wpływ dwóch programów rehabilitacyjnych u chorych na RA. Fizjoterapia trwała 3 tygodnie. W pierwszej grupie stosowano kinezyterapię, w drugiej dodatkowo krioterapię ogólnoustrojową. Autorzy stwierdzili, że kompleksowa rehabilitacja w RA ma pozytywny wpływ na stan kliniczny pacjenta, a program rehabilitacji, który zawiera krioterapię, daje bardziej długotrwały efekt. Rehabilitacja za pomocą krioterapii jest bardziej skuteczna w poprawie funkcji ruchowej w porównaniu do tradycyjnej rehabilitacji. Rehabilitacja za pomocą krioterapii znacznie zmniejsza intensywność bólu odczuwanego przez pacjentów z RA, a pozytywny efekt utrzymuje się przez 3 miesiące po zakończeniu rehabilitacji<sup>45</sup>.

Krioterapia stanowi leczenie uzupełniające i stosowana jest przy użyciu standardowych protokołów w celu zmniejszenia u pacjentów stosowanych dawek kortykosteroidów i NLPZ (niesteroidowe leki przeciwzapalne), a w konsekwencji ma zmniejszyć krążenie oraz zachorowalność i śmiertelność z przewodu pokarmowego. Opcja ta może być szczególnie interesująca u coraz większej liczby pacjentów, u których leczenie NLPZ i/lub kortykosteroidami jest przeciwwskazaniem (choroby układu sercowo-naczyniowego, cukrzyca, niedobór nerek etc.)<sup>46</sup>.

Podsumowując, badania te wykazują, że ekspozycja na zimno w postaci krioterapii ogólnoustrojowej może modulować wskaźniki morfologiczne i reologiczne krwi u kobiet z reuma-

toidalnym zapaleniem stawów. Uważa się, że wyniki te są istotne do określenia bezpieczeństwa WBC w dziedzinie badań klinicznych. Jednak badania wymagają rozszerzenia, by bliżej poznać odpowiedź organizmu w tych warunkach.

Pomimo wielu badań dotyczących zmian hemoreologicznych w różnych schorzeniach, to niniejsze badania według naszej wiedzy są pierwszymi, które zostały przeprowadzone u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów.

## WNIOSKI

Regularne korzystanie z zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej może wpływać na wskaźniki morfologiczne i reologiczne krwi u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów – RBC, Hct i AI (zwiększenie) oraz  $T_{1/2}$  (zmniejszenie).

## Piśmiennictwo / References

1. Aletaha D., Neogi T., Silman A.J. Rheumatoid Arthritis classification criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Arthritis Rheum-Us* 2010; 62(9): 2569-2581.
2. Banfi G., Melegati G., Barassi A. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J Therm Biol* 2009; 34(2): 55-59.
3. Hollander J.L., Horvarth S.M. The influence of physical therapy procedures on intra-articular temperature of normal and arthritis subjects. *Am J Med Sci* 1949; 218: 543-548.
4. Oosterweld F.G.J., Rasker J.J., Jacobs J.W.G., Overmars H.J.A. The effect of local heat and cold therapy on the intra-articular and skin surface temperature of the knee. *Arthr Rheum* 1992; 35: 146-51.
5. Harris E.D. JR, Mccroskery P.A. The influence of temperature and fibril stability on degradation of cartilage collagen by rheumatoid synovial collagenase. *N Engl J Med* 1974; 290: 1-6.
6. Kern H., Feessl L., Trnavsky G., Hertz H. Kryootherapie – Das Verhalten der Gelenks-temperatur Unter Eisapplikation – Grundlage für die Praktische Anwendung. *Wien Klin Wochensh* 1984; 96: 832-837.
7. Oosterweld F.G.J., Rasker J.J. Effects of local heat and cold treatment on surface and articular temperature of arthritic knees. *Arthr Rheum* 1994; 37: 1578-1582.
8. Metzger D., Zwingmann C., Protz W., Jäckel W.H. Whole-body cryotherapy in rehabilitation of patients with rheumatoid diseases – pilot study. *Rehabil* 2000; 39: 93-100.
9. Offenbacher M., Stucki G. Physical therapy in the treatment of fibromyalgia. *Scand J Rheumatol Suppl* 2000; 113: 78-85.
10. Westerlund T., Oksa J., Smolander J., Mikkelsen M. Thermal responses during and after whole-body cryotherapy (-110 °C). *J Thermal Biol* 2000; 28: 601-608.
11. Swenson C., Swärd L., Karlsson J. Cryotherapy in sports medicine. *Scand J Med Sci Spor* 1997; 6(4): 193-200.

12. Biały D., Zimmer K., Zagrobelny Z. Krioterapia ogólnoustrojowa w sporcie. *Med Sport* 1999; 15(94): 21-24.
13. Smolander J., Leppaluoto J., Westerlund T., Oksa J., Dugue B., Mikkelsen M., i wsp. Effects of repeated whole-body cold exposures on serum concentrations of growth hormone, thyrotropin, prolactin and thyroid hormones in healthy women. *Cryobiology* 2009; 58: 257-278.
14. Brojek W. Krioterapia – co należy wyjaśnić. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2005; 12: 68-70.
15. Teległów A., Ptaszek B., Marchewka J., Pawlus J., Głodzik J., Hawajska M. Impact of Systemic Cryotherapy on the Rheological Properties of the Blood in Healthy Young Males. *Antropomotoryka JKES* 2014; 68(24): 39-46.
16. Ptaszek B., Teległów A., Głodzik J., Marchewka J. Impact of Systemic Cryotherapy on Selected Enzymes, Glutathione and Serum Total Protein Levels in Healthy Young Males. *Antropomotoryka JKES* 2015; 70(25): 61-64.
17. Hardeman M.R., Dobbe J.G.C., Ince C. The laser-assisted optical rotational cell analyser (LORCA) as red blood cell aggregometer. *Clin Hemorheol Micro* 2001; 25: 1-11.
18. Hardeman M.R., Goedhart P.T., Dobbe J.G.C., Lettinga K.P. Laser-assisted optical rotational cell analyser (LORCA), A new instrument for measurement of various structural hemorheological parameters. *Clin Hemorheol Micro* 1994; 14(4): 606-618.
19. Straburzyńska-Lupa A., Konarska A., Nowak A., Straburzyńska-Migaj E., Konarski J., Kijewski K., i wsp. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na wybrane parametry biochemiczne krwi obwodowej zawodników hokeja na trawie. *Fizjo Pol* 2007; 7(1): 15-20.
20. Zagrobelny Z., Halawa B., Kuliczkowski K., Frydecka I., Gregorowicz H. Wpływ ogólnoustrojowej krioterapii w komorze niskotemperaturowej oraz leczenia ruchem na subpopulację limfocytów we krwi obwodowej u chorych na chorobę zwyrodnieniową stawów i reumatoidalne zapalenia stawów. *Reumatol* 1996; 4: 763-771.
21. Baskurt O.K., Hardeman M., Uyuklu M., Ulker P., Cengiz M., Nemeth N., i wsp. Parametrization of red blood cell elongation index – shear stress curves obtained by ektacytometry. *Scand J Clin Lab Invest* 2009; 69: 777-788.
22. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Analyzing shear stress-elongation index curves: comparison of two approaches to simplify data presentation. *Clin Hemorheol Micro* 2004; 31: 23-30.
23. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Data reduction methods for ektacytometry in clinical hemorheology. *Clin Hemorheol Micro* 2013; 54(1): 99-107.
24. Lubkowska A., Szygula Z. Changes in blood pressure with compensatory heart rate decrease and in the level of aerobic capacity in response to repeated whole-body cryostimulation in normotensive, young and physically active men. *Int J Occup Med Env* 2010; 23: 367-375.
25. Banfi G., Krajewska M., Melegati G., Patachini M. Effects of whole body cryotherapy on haematological values in athletes. *BJSM* 2008; 42(10): 858.
26. Klimek A.T., Lubkowska A., Szygula Z., Chudecka M., Frączek B. Influence of the ten sessions of the whole body cryostimulation aerobic and anaerobic capacity. *Int J Occup Med Env* 2010; 23(2): 181-189.
27. Lombardi G., Lanteri P., Porcelli S., Mauri C., Colombini A. Hematological profile and material status in rugby players during whole body cryostimulation. *PLOS* 2013; 8(2): e55803.
28. Lubkowska A., Suska M. The increase in systolic and diastolic blood pressure after exposure to cryogenic temperatures in normotensive men as a contraindication for whole-body cryostimulation. *J Therm Biol* 2011; 36: 264-268.
29. Ziemann E., Olek R.A., Kujach S., Grzywacz T., Antosiewicz J. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. *J Athl Training* 2012; 47(6): 664-672.
30. Blatteis C.M. Physiology and pathophysiology of temperature regulation. *World Scientific* 1998; 2: 13-22.
31. Annappurna V., Puniyani R.R., Gupte R.V. Red cell deformability and erythrocyte lipids in hypertension. *Clin Hemorheol* 1999; 10: 95-101.
32. Franzini E., Driss F., Driss F., Daoud F., Darcet P., Chan T.M. The role of red cell subpopulation in the determination of erythrocyte deformability. *Clin Hemorheol* 1988; 8: 493-499.
33. Marchewka A., Filar-Mierzwa K., Teległów A. Rheological blood properties versus physical exertion in the process of ageing [Właściwości reologiczne krwi a wysiłek fizyczny w procesie starzenia]. *Med Rehabil* 2009; 13(1): 29-32.
34. Kępińska M., Teległów A., Dąbrowski Z., Szygula Z. Wpływ jednorazowej krioterapii ogólnoustrojowej na właściwości morfologiczne i reologiczne krwi u zdrowych mężczyzn. VIII Konferencja Adeptów Fizjologii, Katowice 28-29.06.2013.
35. Kępińska M., Szygula Z., Teległów A., Dąbrowski Z. Impact of 24 Systemic Cryotherapy Treatments on the Rheological and Morphological Properties of Blood in Healthy Men. 2<sup>nd</sup> International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support, Rome, Italy 24-26.10.2014.
36. Maeda N. Erythrocyte rheology in microcirculation. *Jap J Phys* 1996; 46: 1-14.
37. Rakow A.L. Effect of heat treatment on the elasticity of human erythrocyte membrane. *Biophys J* 1975; 15(11): 1095-1100.
38. Sehyun S., Yunhee Y., Myung-Su P., Jang-Soo S. Erythrocyte Deformability and its Hemorheological Consideration. *Soc Cosmetic Chemists* 1990; 64(4): 243-260.
39. Yalcin O., Erman A., Muratli S. Time course of hemorheological alterations after heavy anaerobic exercise in untrained human subjects. *J Appl Physiol* 2003; 94: 997-1002.
40. Kayatekin B.M., Ozcaldiram B., Aksu I., Topcu A., Ustuntas A.E., Acikgoz O., i wsp. Effects of swimming on erythrocyte rheological properties. *Biol Sport* 2010; 27: 99-103.
41. Chmiel B., Grabowska-Bochenek R., Piskorska D. Tirilazad mesylate improve water immersion stress induced decrease in erythrocyte deformability in the rats. *Med Sci Monitor* 2001; 7(1): 38-41.
42. Istrati J., Goluszko P., Suszko R., Iwaniec T. Krioterapia ogólnoustrojowa zmniejsza zmniejsza aktywność fibrynolityczną u chorych na reumatoidalne zapalenie stawów i osób z chorobą zwyrodnieniową. *Reumatologia* 2010; 48(3): 171-176.
43. Krekora K., Sawicka A., Czerniecki J. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na dolegliwości bólowe chorych na reumatoidalne zapalenie stawów. *Baln Pol* 2008; 307-312.
44. Braun KP., Brookman-Amisshah S., Geissler K. Ganzkörperkryotherapie bei Patienten mit entzündlich-rheumatischen Erkrankungen. *Med Klin* 2009; 104(3): 192-196.
45. Książkowska-Orłowska K., Pacholec A., Jędryka-Góral A., Bugajska A., Sadura-Siekłucka T., Kowalik K., i wsp. Complex rehabilitation and the clinical condition of working rheumatoid arthritis patients: does cryotherapy always overtop traditional rehabilitation. *Disabil Rehabil* 2016; 38(11): 1034-40.
46. Guillot X., Tordi N., Mouro L., Demougeot C., Dugue B., Prati C., Wendling D. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: a systematic review. *Expert Rev. Clin. Immunol* 2014; 10(2): 281-94.

**Adres do korespondencji****Address for correspondence**

Bartłomiej Ptaszek

e-mail: bartlomiejptaszek1007@gmail.com