Próba oceny wpływu terapii zmiennym polem magnetycznym u pacjentów z chorobą naczyniową mózgu

An influence of the altered magnetic field on the hemorheological parameters in patients with cerebrovascular disease

Piotr Kowal, Anna Marcinkowska-Gapińska

z Pracowni Reologicznej Katedry Neurologii A.M. im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu
kierownik: prof. dr Wojciech Kozubski

Streszczenie

W niniejszej pracy starano się określić wpływ zmiennego pola magnetycznego na własności reologiczne krwi u pacjentów z przebytym przemijającym niedokrwieniem mózgu. Zabiegi magnetostymulacji przeprowadzano dwukrotnie w ciągu dnia, nie wyłączając sobót i niedziel przez okres 13 dni. Pacjenci poddawani byli terapii zmiennym polem magnetycznym wytwarzanym przez VIOFOR JPS z wykorzystaniem programu M_1P_2 i intensywności I-2. W celu oceny wpływu terapii magnetostymulacyjnej na wartości parametrów hemoreologicznych pacjentom poddanym terapii pobierano krew do badań reologicznych czterokrotnie: przed przystąpieniem do terapii, po 4 dniach, po 8 dniach i po 13 dniach terapii. Badania reologiczne przeprowadzano z wykorzystaniem oscylacyjno-rotacyjnego reometru Contraves LS40. Uzyskane podczas pomiarów lepkościowych wyniki analizowano z wykorzystaniem reologicznego modelu Quemady pozwalającego na oszacowanie takich parametrów jak zdolność krwinek do agregacji i deformacji. Przy próbie oceny wpływu terapii magnetostymulacyjnej oceniano wartości następujących parametrów: hematokryt, lepkość osocza, lepkość krwi pełnej w czterech wybranych prędkościach ścinania oraz parametrów modelu Quemady: k_0 (miara stopnia agregacji *rouleux*), k¥ (miara stopnia sztywności krwinek) oraz γ_c (miara stopnia skłonności erytrocytów do agregacji). Analizując otrzymane wyniki stwierdzono wpływ pola magnetycznego na własności reologiczne krwi takie jak spadek lepkości osocza czy obniżenie skłonności erytrocytów do agregacji. Do pełniejszej oceny ilościowej należałoby badaniom poddać większą grupę badanych.

Summary

Hemorheological disturbances play an important role in cerebral blood flow impairment, particularly in cerebral microcirculation. The aim of this study was to estimate an influence of the altered magnetic field on the rheological properties of blood in patients suffered from cerebrovascular disease. The study was carried out in the group of 5 patients with TIA. The magnetostimulation was applied by means of VIOFOR JPS using program M_1P_2 and I-2 intensity. It was done twice a day for 13 days. Hemorheological examination was performed four times: before application, after 4, 8 and 13 days. The Contraves LS40 rheometer was used for these estimations. The blood flow curve analysis was done by means of Quemada model, which allowed to estimate red cells aggregation and their deformability. The following other parameters were also studied: hematocrit, plasma viscosity and blood viscosity.

We indicated a beneficial effect of the altered magnetic field application on plasma viscosity and red cells aggregation. The study would be continued with a greater number of patients.

Słowa kluczowe: hemoreologia, agregacja i deformacja erytrocytów, lepkość krwi, terapia magnetostymulacyjna.

Key words: hemorheology, aggregation end deformability erythrocytes, blood viscosity, magnetic therapy.

Wprowadzenie

Hemorelogia jest dziedziną zajmującą wyjaśnianiem zjawisk zachodzących podczas przepływu krwi u układzie krwionośnym. Właściwości reologiczne krwi są pochodną warunków przepływu krwi w układzie krążenia jak również właściwości fizykochemicznych samej krwi. Krew – jako zawiesina erytrocytów w osoczu, stanowi ciecz niejednorodną, o złożonych właściwościach reologicznych. Głównymi czynnikami wpływającymi na płynność krwi, wzajemnie ze sobą powiązanymi są: hemato-

kryt, zdolność do agregacji i deformacji krwinek oraz prędkość ścinania (3). Właściwości reologiczne krwi bada się poprzez pomiar lepkości krwi pełnej, pomiar lepkości osocza a także ocenia się zdolność erytrocytów do agregacji i deformacji (1, 3, 8). Lepkość krwi nie jest parametrem stałym, lecz zmienia się w zależności od prędkości ścinania. Podczas przepływu krwi obserwuje się zjawisko łączenia się erytrocytów w agregaty, na których kształt i wielkość, wpływa nie tylko prędkość ścinania, ale również skład osocza. Także w zależności od prędkości ścinania zjawiskiem dominującym może być zdolność do agregacji krwinek jak również elastyczność krwinek (3).

Pomiar lepkości krwi i osocza można prowadzić z wykorzystaniem różnego rodzaju reometrów: kapilarnych, rotacyjnych, oscylacyjno-rotacyjnych i rotacyjno-oscylacyjnych (5, 6). W wyniku pomiaru reologicznego otrzymuje się reogram – zależność lepkości krwi od prędkości ścinania.

Zaburzenia ukrwienia obwodowego i zmiany własności hemoreologicznych obserwuje się w przypadku takich chorób jak choroba wieńcowa, zawał mięśnia sercowego lub udar mózgu (1, 2, 5, 6, 8, 9). Jedną z metod terapii chorych obok leczenia farmakologicznego jest próba stosowania magnetorapii (7, 10). W niniejszej pracy podjęto próbę określenia wpływu zmiennego pola magnetycznego na właściwości reologiczne krwi chorych na choroby niedokrwienne mózgu.

Materiał i metody

Grupę 5 pacjentów w wieku od 69 do 75 lat (2 kobiety, 3 mężczyzn) z przebytym przemijającym niedokrwieniem mózgu poddano zabiegom terapeutycznym z wykorzystaniem wolnozmiennego pola magnetycznego dwukrotnie w ciągu dnia, w sposób ciągły przez okres od 8 do 13 dni. Każdy z pacjentów poddawany był magnetostymulacji zmiennym polem magnetycznym wytwarzanym przez VIOFOR JPS z wykorzystaniem programu M_1P_2 i intensywności I-2.

Pacjentom poddanym magnetostymulacji pobierano krew do badań reologicznych przed przystąpieniem do terapii, po 4, 8 i po 13 dniach ekspozycji zmiennym polem magnetycznym. W dwóch przypadkach dodatkowo pobrano krew pacjentom po tygodniowej przerwie w terapii w celu próby oceny trwałości zmian wartości reologicznych po zaprzestaniu magnetostymulacji. Badania reologiczne krwi obwodowej wykonano przy pomocy reometru oscylacyjno-rotacyjnego *Contraves* LS40 przy malejącej prędkości ścinania od 100 do 0,01 s^{-1} w czasie 5 minut.

Podczas analizy wyników badań oceniano wartości następujących parametrów: hematokryt (Hct), lepkość osocza (η_p), lepkość krwi pełnej (η) w czterech wybranych prędkościach ścinania oraz wartości liczbowe parametrów modelu Quemady: k_0, k_∞ oraz γ'_c. Dla każdej badanej próbki krwi wyznaczano hematokryt metodą standardową. Lepkość osocza wyznaczano z zależności naprężenia ścinającego od prędkości ścinania metodą regresji liniowej. Uzyskane wyniki pomiarów lepkościowych analizowano z wykorzystaniem matematycznego modelu reologicznego Quemady (wzór 1 i 2) w celu ilościowego oszacowania takich parametrów jak zdolność krwinek do agregacji i deformacji (3, 4).

$$\tau(\gamma') = \eta_p \left[1 - \frac{1}{2} k_Q \cdot Hct \right]^{-2} \cdot \gamma' \qquad (1)$$

$$k_Q = \frac{k_0 + k_\infty \sqrt{\frac{\gamma'}{\gamma'_c}}}{1 + \sqrt{\frac{\gamma'}{\gamma'_c}}} \qquad (2)$$

Gdzie: k_Q ma sens tzw. lepkości wewnętrznej erytrocytu, a parametry k_0 i k_∞ oznaczają odpowiednio lepkość wewnętrzną erytrocytu przy zerowej i nieskończonej prędkości ścinania. Wartość k_0 interpretowana jest jako miara stopnia agregacji, k_∞ jako miara sztywności krwinek, a γ'_c jako miara skłonności erytrocytów do agregacji.

Wyniki

Wartości hematokrytu wahały się dla poszczególnych pobrań w granicy błędu. Nie obserwowano statystycznie istotnych różnic w wartości hematokrytu w zależności od pobrania. Wartości hematokrytu w grupie badanej wynosiły od 0,40 do 0,46, a jego średnia wartość w badanej grupie pacjentów wynosiła 0,44 ± 0,01.

Wartości lepkości krwi pełnej, lepkości osocza jak i parametrów modelu Quemady przedstawiono w tab. 1. Wartości te nie różniły się w sposób statystycznie istotny.

Na ryc. 1 przedstawiono przykładowe zmiany wartości hemoreologicznych dla jednego pacjenta. Na ryc. 2 przedstawiono zmiany wartości hemorelogicznych krwi u pacjentki w trakcie trwania terapii jak i w tydzień po jej zaprzestaniu.

Omówienie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono znaczny rozrzut w wartości hematokrytu w grupie badanej (0,40 – 0,46). Nie stwierdzono natomiast wpływu terapii zmiennym polem magnetycznym na jego wartość. Takie duże różnice w wartości wyjściowej hematokrytu mogą mieć wpływ na obserwowane różnice w zdolności erytrocytów do agregacji i deformacji u poszczególnych chorych. Z tego względu przeprowadzając po-

Tabela 1. Wartości badanych parametrów hemoreologicznych na poszczególnych etapach badań.

Parametry reologiczne	chorzy przed terapią (n = 5)	chorzy po 4 zabiegach (n = 5)	chorzy po 8 zabiegach (n = 5)	chorzy po 13 zabiegach (n = 5)
hematokryt [%]	44 ± 1	44 ± 1	44 ± 1	44 ± 1
lepkość osocza [mPas]	1,42 ± 0,04	1,37 ± 0,05	1,35 ± 0,04	1,41 ± 0,04
wzgl. lepkość krwi pełnej przy prędkości ścinania 0,1 [s^{-1}]	22 ± 2	20 ± 2	22 ± 2	18 ± 2
wzgl. lepkość krwi pełnej przy prędkości ścinania 1 [s^{-1}]	12,3 ± 0,6	11,5 ± 0,5	13,1 ± 0,9	11,1 ± 0,6
wzgl. lepkość krwi pełnej przy prędkości ścinania 10 [s^{-1}]	5,4 ± 0,3	5,2 ± 0,2	5,8 ± 0,5	5,2 ± 0,2
wzgl. lepkość krwi pełnej przy prędkości ścinania 100 [s^{-1}]	3,2 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,4 ± 0,3	3,2 ± 0,2
parametr modelu Quemady k_o	3,81 ± 0,06	4,00 ± 0,06	4,00 ± 0,05	4,10 ± 0,08
parametr modelu Quemady k_∞	1,48 ± 0,05	1,64 ± 0,05	1,67 ± 0,06	1,87 ± 0,06
parametr modelu Quemady γ'_c	5,97 ± 1,3	5,25 ± 1,2	5,3 ± 1,3	5,3 ± 1,2

dobne badania w przyszłości przy braku możliwości prowadzenia badań przy stałym hematokrycie wskazane byłoby takie dobieranie grupy pacjentów, aby rozrzut wartości hematokrytu mieścił się w granicy błędu pomiarowego.

Analiza zmian lepkości osocza wykazała również olbrzymi rozrzut wartości wyjściowych (1,3 – 1,47 mPas). Z tego powodu możliwa była tylko do oceny tendencja zmian wartości lepkości osocza pod wpływem terapii zmiennym polem magnetycznym. Analizując dane u poszczególnych pacjentów jak i uzyskane wartości średnie (tab. 1) można zauważyć tendencję do spadku wartości lepkości osocza pod wpływem magnetostymulacji.

Największe zmiany wartości lepkości krwi pełnej obserwowano w przypadku niskich prędkości ścinania, szczególnie w zakresie 0,1 s^{-1}. W tym zakresie prędkości ścinania procesem dominujących jest agregacja erytrocytów (3). Można na tej podstawie wnioskować, że magnetostymulacja korzystnie wpływa na skłonność erytrocytów do agregacji.

Analizując zmiany średnich wartości parametrów modelu Quemady zaobserwowano największe różnice w przypadku parametru γ'_c określającego moment tworzenia się agregatów. Obserwowany spadek wartości tego parametru (tab. 1) wskazywać może na obniżenie się skłonności erytrocytów do tworzenia patologicznych agregatów (3, 4).

Na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań oraz doniesień literatury należy stwierdzić wpływ magnetostymulacji na parametry hemoreologiczne jednak ich dokładne ilościowe określenie wymaga dalszych badań (7, 10).

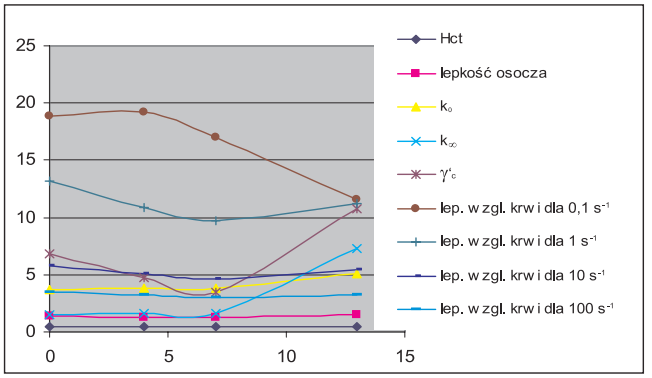
Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań wpływu zmiennego pola magnetycznego z zakresu ELF, generowanego przez magnetostymulator VIOFOR IPS, na właściwości reologiczne krwi pacjentów z przebytym przemijającym niedokrwieniem mózgu stwierdzono następujące tendencje:

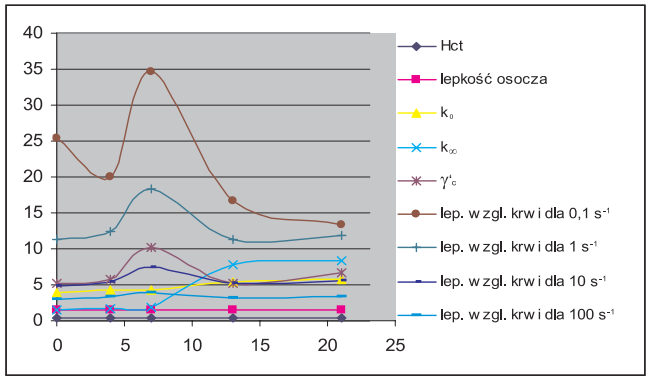
1. terapia magnetostymulacyjna obniża skłonność do patologicznej agregacji erytrocytów;
2. pełna ocena ilościowa wymaga dalszych badań z większą grupą pacjentów.

Piśmiennictwo

1. *Chmiel H.*: Determination of blood rheological parameters and clinical application. Adv. Cardiovasc. Phys., 1979, 3, 1-44
2. *Kowal P.*: Zaburzenia własności fizycznych krwi w niedokrwiennym udarze mózgu. Neur. Neurochir. Pol., 1993, 5, 663-670
3. *Lerche D., Bäumler H., Kucera W., Meier W., Paulitschke M.*: Flow properties of blood and hemoreological methods of quantification. W: Physical Characterization of Biological cells. Basic research and clinic relevance. Red.: W. Scütt, H. Klinkmann, I. Lamprecht, T. Wilson, Verlag Gesundheit GmbH Berlin, 1991, 189-214
4. *Lerche D., Koch B., Vlastos G.*: Flow behaviour of blood. Rheology, 1993, 93, 105-112
5. *Quemada D.*: Blood rheology and its implication in flow of blood. W: Arteries and arterial blood flow. Red. C.M. Rodkiewicz, Springer Verlag, Vien-New York, 1983, 1-127



Rycina 1. *Zmiany wartości parametrów reologicznych w trakcie trwania terapii u wybranego pacjenta.*



Rycina 2. *Zmiany wartości parametrów reologicznych w trakcie trwania terapii i tydzień po jej zaprzestaniu.*

6. *Sandhagen B.*: Assessment of Blood Rheology. Methodology and studies in healthy indiwiduals, in patients with certain diseases and during liquid blood preservation. Acta Uniwersitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Medicine 138, Uppsala, 1988, 1-52
7. *Sieroń A., Cieślar G., Matuszczyk J., Żmudziński J.*: Doświadczenia kliniczne w stosowaniu zmiennego pola magnetycznego. Pol. Tyg. Lek., 1994, 47, 601-607
8. *Stuart J., Kenny M.*: Blood rheology. J. Clin. Pathol., 1980, 33, 417-429
9. *Szapary L., Horvath B., Marton Z., Alexy T., Demeter N., Szots M., Klabuzai A., Kesmarky G., Juricskay I., Gaal V., Czopf J., Toth K.*: Hemorheological disturbances in patients with chronic cerebrovascular diseases. Clin. Hemorheol. Microcirc., 2004, 1, 1-9
10. *Woldańska-Okońska M., Czernicki J.*: Zastosowanie pola magnetycznego w rehabilitacji chorych po udarze mózgu. Fizjoterapia, 1998, 6, 6-8

Adres do korespondencji:
Pracownia Reologiczna Katedry Neurologii A.M.
im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu
ul. Przybyszewskiego 49, 60-355 Poznań