

Mrozkowiak Mirosław, Sokolowski Marek. Zmiany frakcji hemoglobinowej we wczesnej i późnej samoistnej restytucji po wysiłku wytrzymałościowym mężczyzny w 6 dekadzie życia. Opis przypadku = Change the hemoglobin fraction in the early and late intrinsic restitution after exercise endurance of a man in the 6th Decade of life. Description of the case. Journal of Education, Health and Sport. 2016;6(5):193-210. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.51448>
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/3519>

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 755 (23.12.2015).
755 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7

© The Author (s) 2016;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 05.04.2016. Revised 25.04.2016. Accepted: 05.05.2016.

Zmiany frakcji hemoglobinowej we wczesnej i późnej samoistnej restytucji po wysiłku wytrzymałościowym mężczyzny w 6 dekadzie życia. Opis przypadku

Change the hemoglobin fraction in the early and late intrinsic restitution after exercise endurance of a man in the 6th Decade of life. Description of the case

¹Mirosław Mrozkowiak, ²Marek Sokolowski

¹Bioergosport, Nowa Biała 8p, 09-411 Biała

²Akademia Wychowania Fizycznego, ul. Królowej Jadwigi 27/39, Poznań

Autor: dr Mirosław Mrozkowiak¹, dr Marek Sokolowski²

¹Bioergosport, Nowa Biała 8p, 09-411 Biała

²Akademia Wychowania Fizycznego, ul. Królowej Jadwigi 27/39, Poznań

Słowa kluczowe: wysiłek wytrzymałościowy, wczesna i późna samoistna restytucja, hemoglobina.

Keywords: endurance effort, early and late spontaneous recovery, hemoglobin.

Streszczenie

Wprowadzenie. Systematycznie realizowana praca wytrzymałościowa umożliwia utrzymanie do późnych lat wysokiego poziomu aktywności enzymów utleniających, przy nieziennej kapilaryzacji. Jednak po jej wykonaniu jedyną metodą powrotu do stanu zbliżonego sprzed wysiłku jest wypoczynek. To przerwa czasowa pomiędzy jedną a drugą pracą, w okresie której wybrane cechy winny przyjąć wielkości odpowiadające fazie superkompensacji, a dalej conajmniej powrócić do stanu wyjściowego.

Celem pracy jest wykazanie zmian w wielkości różnych frakcji hemoglobuliny we wczesnej i późnej restytucji samoistnej po wysiłku wytrzymałościowym u mężczyzny w 6 dekadzie życia.

Materiał i metody. Badany mężczyzna realizujący zdrowy styl życia poddał się oznaczeniu wybranych wskaźników krwi po wysiłku wytrzymałościowym w czasie restytucji samoistnej: wskaźnik hematokrytowy (HCT), wskaźnik średniego stężenia hemoglobiny w erytrocytach (MCHC), wskaźnik masy hemoglobiny (MCH), stężenie hemoglobiny (HGB), hemoglobina całkowita (tHb), oksyhemoglobina (O₂Hb), hemoglobina tlenowęglowa, karboksyhemoglobina (COHb), deoksyhemoglobina (HHb), methemoglobina (MeHb). Uzyskane wyniki. Pozytywne wyniki zaobserwowano w większości mierzonych cech krwi. Przy czym różnie prezentowała się ich konfiguracja w trakcie 5 dniowego cyklu pomiarowego. Najbardziej dynamiczne zmiany zaobserwowano w wielkości: O₂Hb, HCT, COHb, MeHb, HGB, tHb, mniej intensywne w: MCH, MCHC, HCT.

Wnioski. (1) Proces wczesnej i późnej restytucji po wysiłku wytrzymałościowym u 61 letniego mężczyzny przebiega zgodnie z ogólnie przyjętymi przedziałami czasowymi. Okres wczesnej odnowy trwa 3-4 godziny, a późnej kończy się po 45 godzinie od zakończonej pracy, (2) Dla określenia dokładniejszych stref czasowych występowania wczesnej i późnej restytucji wymagane byłyby badania na stosunkowo większej populacji po wysiłkach fizycznych angażujących odmienne zdolności motoryczne o różnych parametrach, różnej płci i wieku.

Summary

Introduction. Systematically performed endurance work enables one to maintain, even in the old age, a high level of oxidizing enzymes and unchanged capillarization. After endurance effort, however, the only way to return to the physical state from before the exercise is rest. It is during this period that comes between one work and the other that selected blood features should assume values tantamount to supercompensation phase and then return to their initial values.

The aim of the present study is to show the changes in the levels of various haemoglobin fractions as observed in a man in his sixties during the early and late spontaneous restitution after endurance effort.

Materials and methods. The studied male individual who lives a healthy life-style subjected himself to the markings of selected blood indicators after endurance effort during spontaneous restitution: haematocrit (HTC), mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC), mean corpuscular haemoglobin (MCH), haemoglobin concentration (HGB), total haemoglobin (tHb), oxyhaemoglobin (O₂Hb), carbonmonooxide haemoglobin, karboksihaemoglobin (COHb), deoxyhaemoglobin (HHb), methaemoglobin (MeHb).

Results. Positive results were observed in most of the measured blood features. However, their configuration in 5-day measurement cycle varied. The most dynamic changes were observed in the following: O₂Hb, HCT, COHb, MeHb, HGB, tHb, and less intensive for: MCH, MCHC, HCT.

Conclusion. (1) The process of early and late restitution after endurance effort in a 61 year-old male individual runs accordingly to the commonly accepted time intervals. Early restitution period lasts 3-4 hours, and it ends 45 hours after the finished work (2). In order to more accurately determine time frames of the early and late restitution the research on a relatively larger population of varied sex and age is required; such a research would have to be conducted both before and after the physical efforts and it would have to engage various motoric functions of the studied individuals.

1. Wstęp

Systematycznie realizowana praca wytrzymałościowa umożliwia utrzymanie do późnych lat wysokiego poziomu aktywności enzymów utleniających, przy niezmienniej kapilaryzacji. Intensywność wysiłku fizycznego i czas jego trwania są ze sobą ściśle powiązane. W doskonaleniu sprawności oddechowo-kreżeniowej możliwe jest stosowanie różnych wariantów wielkości tych elementów. Przy czym doskonalenie wystąpi tylko wtedy, gdy każdy z nich przekroczy próg „skuteczności treningowej” [1]. Z analizy literatury przedmiotu wynika, że zalecane są różne ich wielkości. Jednakże dominuje pogląd, że wysiłek na poziomie 30% VO_{2max} stanowi dolną granicę obciążenia wywołującego wzrost wydolności u ludzi prowadzących sedenteryjny tryb życia. Obciążenia mniejsze nie zwiększają istotnie zdolności pochłaniania tlenu przez organizm, ale mogą się przyczynić między innymi do usprawnienia układu ruchowego, poprawy koordynacji i opanowania nowych nawyków ruchowych. Jednak po jej wykonaniu jedyną metodą powrotu do stanu zbliżonego sprzed wysiłku jest wypoczynek. To przerwa czasowa pomiędzy jedną a drugą pracą. W rozumieniu fizjologicznym jest to dynamicznie zmienny stan ustroju następujący bezpośrednio po zakończeniu bądź też zmniejszeniu intensywności wysiłku fizycznego lub umysłowego. W okresie tym zachodzą dominujące procesy asymilacyjne nad dysymilacyjnymi. Dochodzi też do usuwania produktów przemiany materii, jej zmniejszenia i optymalizacji. To jeden z wielu procesów wewnątrzustrojowej odnowy. W jej dynamice można ujawnić pewne prawidłowości: (1) nierównomierność przebiegu obejmującą fazę szybką, trwającą 2-20 minut i wolną, trwającą 2-3 dni, (2) fazowy charakter, obejmujący fazę

wczesną, trwająca kilka minut i późną, trwającą kilka dni, (3) heterochronizm i (4) niejednoczasowość [2]. Nie mniej istotnym wydaje się okres, po którym występują optymalne warunki do podjęcia kolejnego wysiłku fizycznego, czas wczesnej i późnej restytucji, rozumianej tu jako fizjologiczne przywrócenie indywidualnej homeostazy spoczynkowej organizmu po wysiłku fizycznym, bez stosowania jakichkolwiek środków wspomagających ten naturalny proces [3].

Celem pracy jest wykazanie zmian w wielkości różnych frakcji hemoglobuliny we wczesnej i późnej restytucji samoistnej po wysiłku wytrzymałościowym u mężczyzny w 6 dekadzie życia.

2. Materiał badawczy

Badany mężczyzna był w wieku 61 lat o masie - 83,3 kg i wysokości ciała - 172 cm, wskaźniku BMI - 28,2, tłuszczu całkowitym - 24,4 i wewnętrznym - 14, odsetku mięśni - 34,1. Pomiarów dokonano na wadzie Obron BF511. Badany posiadał wskaźniki krwi w granicach referencyjnych i diagnozę lekarską, umożliwiającą wykonywanie wysiłków fizycznych w III zakresie intensywności. Badany realizuje zasady dekalogu zdrowego stylu życia, szczególnie w zakresie aktywności fizycznej [4].

3. Metodyka i przedmiot badania

Badania przeprowadzono zgodnie z zasadami zawartymi w Deklaracji Helsińskiej, a dla ich przeprowadzenia uzyskano: zgodę komisji bioetycznej na badania inwazyjne i funkcjonalne, pozytywną decyzję lekarza o dopuszczeniu do testów funkcjonalnych układu krążeniowo-oddechowego z maksymalnym wysiłkiem. Pomiary przeprowadzono w Zakładzie Rehabilitacji Szpitala PODIMED w Szczecinku, tym samym zabezpieczając: defibrylator i zestaw do ratowania życia osób z zawałem, obecność lekarza kardiologa, odpowiednie warunki sanitarno-higieniczne dla poboru materiału badawczego. Ze względów na właściwości krwi, jej pobór odbywał się w bezpośrednim sąsiedztwie laboratorium analitycznym szpitala PODIMED, tak aby natychmiast po jej pozyskaniu trafiła do analizy. Przed podjęciem badań dokonano wstępnej oceny przydatności zakresu analizowanych cech, kalibracji narzędzi oraz opracowanej procedury badawczej. Pomiary w zakresie biochemii wykonano na aparacie produkcji Roche, model Modular P800, immunochemię na aparacie produkcji Roche, model Modular E170, gazometrię na aparacie Roche, model Cobas b 221, morfologię na aparacie produkcji Abbot, model Cell-Dyn Ruby.

Określenie okresów samoistnej odnowy nie jest możliwe bez diagnostyki stanu zmęczenia i przebiegu wypoczynku. Do ich oceny stosuje się wiele wskaźników, a dobór ich

zależy od rodzaju i wielkości obciążenia oraz technicznych możliwości badającego. Przy wyborze przydatnych w realizacji celu badań wskaźników krwi, kierowano się rekomendacjami Łukaszewskiej i wsp. [5]: wskaźnik hematokrytowy (HCT), wskaźnik średniego stężenia hemoglobiny w erytrocytach (MCHC), wskaźnik masy hemoglobiny (MCH), stężenie hemoglobiny (HGB), hemoglobina całkowita (tHb), oksyhemoglobina (O₂Hb), hemoglobina tlenowęglowa, karboksyhemoglobina (COHb), deoksyhemoglobina (HHb), methemoglobina (MeHb),

Pobór krwi i pomiary odbywały zgodnie z opracowanym programem, zawsze w tej samej porze dnia, aby uniknąć zmian wydolności fizycznej w dobowym rytmie biologicznym i obejmowały: ciśnienie atmosferyczne, tętno, ciśnienie krwi skurczowe i rozkurczowe oraz temperaturę ciała. Pobór krwi zawsze z tętnicy łokciowej lub promieniowej kończyny górnej lewej lub prawej, przy całkowicie rozluźnionych mięśniach ręki i przedramienia.

Jako standardowy wysiłek fizyczny obrano pracę o dużej intensywności. Przyjęto za Ulatowskim [6], że powinna wywołać ciśnienie skurczowe w przedziale 130-180 mm Hg, a wskaźnik Browna powinien być poniżej 50. Zastosowany wysiłek wytrzymałościowy trwał 66 min. i składał się z dwóch bezpośrednio po sobie następujących cykli. Jeden cykl składał się z następujących obciążeń: 2 minuty: 20 W, 4 minut: 40 W, 2 minuty: 20 W, 4 minuty: 60 W, 2 minuty 20 W, 5 minut: 80 W, 2 minuty: 20 W, 4 minuty: 60 W, 2 minuty: 20 W, 4 minuty: 40 W i 2 minuty: 20 W. Pomiaru ilości obrotów na cykloergometrze dokonano elektronicznym miernikiem i wahał się od 60 do 70 obr/min. W ostatnich 15 sekundach drugiego cyklu badany pozostawał na ergometrze z zaleceniem dowolnej pracy bez obciążenia, co miało zapobiec zapaści krążeniowej. Elektrody kardiomonitora i mankiet ciśnieniomierza zakładany był w ostatniej minucie realizowanego obciążenia standardowego.

Materiał do analizy pobierany był przez pięć kolejnych dni, zgodnie ze schematem:

1. Przed wysiłkiem o 9.30, 10.30: krew, pomiar tętna obwodowego, wielkość skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego krwi, masy i wysokości ciała
2. Po wysiłku od 11.30
Okres wczesnej restytucji
 - a. cechy krwi o godz. 11.30, 12.30, 13.30, 15.30.
 - b. SO₂ od zakończenia wysiłku do 11.51 z odczytem co 15 s.
 - c. pomiar tętna obwodowego od zakończenia wysiłku do 11.51 z odczytem co 15 s.
 - d. ciśnienie skurczowe i rozkurczowe krwi od zakończenia wysiłku do 12.50 z odczytem co 10 minut

Okres późnej restytucji

- a. cechy krwi, przez kolejne 4 dni o 8.00.

4. Analiza statystyczna

Z uwagi na to, że badania przeprowadzono na jednej osobie, zastosowane metody statystyczne obejmowały: wyliczenie średniej wielkości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego. Do opracowania wyników posłużyła aplikacja komputerowa: Excel pakietu Office 2000 firmy Microsoft. Wybrane cechy dla uchwycenia ich zmian w przebiegu wielkości i odsetka przedstawiono na rycinach.

5. Uzyskane wyniki

Ciśnienie atmosferyczne podczas realizacji badań wahało się od 719,8 do 732 mm Hg, temperatura ciała badanego od 36,6 do 37⁰C, ciśnienie skurczowe krwi od 121 do 123 mmHg przed rozpoczęciem wysiłku fizycznego i spadało od 142 do 112 mm Hg po jego zakończeniu. Rozkurczowe odpowiednio od 79 do 80 mm Hg i od 121 do 86 mm Hg. Średnie wielkości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego (M) wahały się od 100 do 101 mmHg przed rozpoczęciem wysiłku standardowego i od 131 do 99 mmHg po jego zakończeniu, ryc. 1. Wysycenie krwi tlenem przed wysiłkiem wahało się od 94 do 95 %, a po standardowym obciążeniu wahało się w przedziale od 91 do 95% natomiast tętno przed wysiłkiem wynosiło od 67 do 71 ud/min, a po standardowym obciążeniu stopniowo obniżało swoją wielkość z 111 do 77 ud/min, ryc. 2.

Wielkość HGB gwałtownie obniża się już od rozpoczęcia pracy do pierwszej godziny po jej zakończeniu, po czym przez kolejne 20 godzin zwiększa się i w kolejnych 36 obniża, zbliżając się do wielkości nieco niższej niż początkowa. Wielkości tHb wykazują podobny rozkład. Od rozpoczęcia pracy do jej zakończenia wielkości również obniżają się, dalej przez kolejne 21 godziny zwiększają, a kolejnych 12 ponownie obniżają, w następnych 12 zwiększają i kolejnych 12 opadają, nie uzyskując wielkości początkowej, ryc. 3.

Wielkości O₂Hb zwiększają się przez 4 godziny od rozpoczęcia pracy, w kolejnych 17 obniżają, aby przez dalsze 36 rosnąć. Końcowy poziom mierzonej cechy jest znacząco większy od początkowego. Wielkość HHb we krwi od rozpoczęcia pracy przez 3 godziny sukcesywnie obniża się, po czym przez 17 godzin rośnie i w kolejnych 12 ponownie obniża, w dalszych 24 utrzymuje tę samą wielkość. Po upływie 57 godzin od zakończenia wysiłku standardowego wielkość jest istotnie większa w stosunku do wyjściowej sprzed podjęcia pracy. Odsetek HCT nie wykazuje istotnych zmian w przebiegu eksperymentu. Od

rozpoczęcia pracy do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu nieznacznie obniża się, dalej przez 20 godzin nieistotnie zwiększa i kolejne 36 minimalnie obniża, ryc. 4.

Wielkości COHb wykazują stałą tendencję spadkową przez cały okres wczesnej i późnej restytucji. Przy czym od rozpoczęcia pracy do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu utrzymuje się na tym samym poziomie. Przez kolejne 3 godzin nieistotnie obniża się. W okresie kolejnych 29 godzin gwałtownie spada, wykazując dalej niewielkie wahania i nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość MeHb od pierwszego pomiaru do drugiej godziny po jej zakończeniu nie zmienia się, następnie rośnie przez 31 godzin, dalej nie zmienia istotnie swojej wielkości. Po upływie 57 godzin po wysiłku standardowym jej wielkość jest istotnie większa w stosunku do wyjściowej sprzed podjęcia pracy, ryc. 5.

Wielkość MCH wykazuje od pierwszego pomiaru do końca pierwszej godziny po zakończeniu wysiłku wytrzymałościowego stałą i istotną tendencję spadkową. W kolejnej godzinie równie istotnie zwiększa swoją wielkość, dalej do końca 56 godziny ulega nieznacznym wahaniom. Wielkość MCHC w przebiegu eksperymentu nie wykazuje znaczących zmian. Zwiększa się w trakcie realizacji pracy. W pierwszej godzinie po jej zakończeniu nieznacznie obniża się, dalej przez 32 godziny zwiększa, a w końcowych 24 godzinach ulega nieznacznemu obniżeniu, ryc. 6.

6. Dyskusja

Znaczenie wykazanych zmian nie zależy głównie od nasilenia reakcji stresowych organizmu na wykonaną pracę fizyczną. Bowiem znaczenie ma również rodzaj praktykowanego stylu życia, wykonywanego wysiłku fizycznego, pora dnia i metoda pobierania materiału badawczego. Jak wykazały doświadczenia w trakcie badań, znaczenia ma również sposób ułożenia kończyny, użyte przybory i osoba pobierająca materiał do analizy. Davis [7, 8] w eksperymencie na psach wykazał, że pod wpływem wysiłków fizycznych o podobnym obciążeniu a różniących się tylko formą (pływanie i bieg) mogą występować różne wartości badanych cech krwi. Pływanie spowodowało wzrost osmotycznej oporności erytrocytów, a bieg jej zmniejszenie.

Hemoglobina zbudowana jest z globiny i hemu. Hem jest pochodną związków porfirytowych, zbudowanych z symetrycznego układu czterech pierścieni pyrolowych. Występujące w hemoglobinie żelazo łatwo łączy się z tlenem, w toku reakcji zgodnej z prawem stałych stosunków. Hemoglobina związana z tlenem przechodzi w oksyhemoglobinę, połączenie z dwutlenkiem węgla daje nietrwały związek o nazwie karboksyhemoglobina. Na podstawie obserwacji sportowców różnych dyscyplin Jeger i wsp. [1] wykazali, że

długotrwanie i powtarzające się wysiłki, typowe dla treningu wytrzymałościowego mogą prowadzić do znacznego zmniejszenia stężenia hemoglobiny we krwi. Autorzy pośród czynników odpowiedzialnych za ten stan wymieniają: zwiększoną objętość krwi, zwiększoną destrukcję krwinek czerwonych, niedobór żelaza i zmniejszone wytwarzanie krwinek czerwonych przy normalnych zasobach żelaza. Przy czym anemia spowodowana niedoborem żelaza prowadzi do zmniejszenia średniej zawartości hemoglobiny w krwinkach.

Pod wpływem jednorazowego wysiłku fizycznego dochodzi do przesunięcia części wody osocza do przestrzeni pozanaczyniowej, co prowadzi do zmniejszenia objętości krążącej krwi. Odbiciem tych zmian jest powysiłkowy wzrost wartości hematokrytu [9]. Hornak i wsp. [10] stwierdzili, że intensywny roczny trening wioślarzy zmniejsza ilość erytrocytów i hemoglobiny oraz obniża poziom hematokrytu. Oznaczenia były wykonywane w okresie intensywnego treningu. Patriarca i Topi [11] stwierdzili po wykonanej pracy na cykloergometrze do wyczerpania (obciążenie 1250 kgm/min i czas pracy wynosił średnio 14-45 minut), że hematokryt rósł w czasie wysiłku fizycznego, ale po pracy wraca szybko do poziomu wyjściowego. Ilość erytrocytów zmniejszała się o nieistotną statystycznie wielkość, a hemoglobiny zmniejszała się po ćwiczeniach, następnie w okresie odpoczynku rosła, natomiast retikulocytów zwiększała się po pracy i obniżała się poniżej poziomu wyjściowego. De Lanne i wsp. [12] wykazali przyrost powysiłkowy ilości hemoglobiny i hematokrytu. Stwierdzili także, że ciężki i długotrwały wysiłek obniża ilość erytrocytów i zawartość hemoglobiny.

Z doniesień Jager, Nazar i Dziaka [1] wynika, że hemoglobina, której głównym zadaniem jest transport tlenu, wykazuje również pewne cechy buforu. W płucach gdzie ulega utlenowaniu, uwalniane są jony wodorowe, które częściowo wyrównują wzrosty pH na skutek wydychania dwutlenku węgla. Natomiast w tkankach hemoglobina oddając tlen, stwarza warunki do przyłączenia jonów wodorowych i tym samym podwyższa pH. Bufor hemoglobiny stanowi około 35% wszystkich buforów. Z doniesień autorów wynika także, że stężenie hemoglobiny, we krwi wzrasta. pod wpływem treningu. Autorzy zastrzegają, że efekt ten często nie występuje i dochodzi do obniżenia stężenia Hb. Pod wpływem wysiłku fizycznego u ludzi dochodzi do zmian w ilości krwinek czerwonych we krwi obwodowej. Charakter tych zmian zależy od wielu czynników i otrzymane wyniki przez różnych autorów są sprzeczne. Omawiając przesunięcia w ilości erytrocytów należy pamiętać, że zmiany te zależą bezpośrednio od intensywności procesów erytropoezy i od mechanizmów krwiogubnych [9]. Holmgren i wsp. [13] wykazali po zakończonym wysiłku fizycznym wzrost ilości hemoglobiny. Do podobnych wniosków doszli Morehouse i Miller [14]. Inne

badania wykazały, że podobny trening skutkuje obniżeniem erytrocytów [15, 16, 17] lub ich zmniejszenia po zakończonej pracy [18]. Halicka i wsp. [19] oznaczali oporność osmotyczną erytrocytów u sportowców i porównywali otrzymane wyniki z ogólnie przyjętymi normami. Badania przeprowadzono w grupie sportowców wyczynowych, składającej się z 20 kobiet i 20 mężczyzn. Stwierdzono obniżenie oporności osmotycznej erytrocytów zarówno u kobiet jak i u mężczyzn. Autorzy zwracają uwagę, na niski poziom retikulocytów w grupie osób badanych, który kształtował się w obrębie dolnej granicy normy oraz na statystycznie niezmiennie zwiększenie średniej objętości krwinek czerwonych i większą zawartość hemoglobiny w pojedynczym erytrocycie zarówno u kobiet, jak i mężczyzn. Podobne zmiany opisują Gollwicz i wsp. [20], którzy stwierdzili u trenujących szczurów obniżenie oporności osmotycznej erytrocytów przy nie zmienionej ilości hemoglobiny i poziomem hematokrytu. Niektóre prace sugerują, iż obserwowane przesunięcia w ilości erytrocytów zależą głównie od zmian zachodzących podczas wysiłku fizycznego w objętości krążącej krwi. Pogląd ten nie jest zgodny z wynikami prac, w których nie obserwowano równoległego przyrostu erytrocytów i wzrostu poziomu hematokrytu [11].

Lubańska-Tomaszewska [17] oznaczała zmiany hematologiczne zachodzące u szczurów pod wpływem długotrwałego treningu i jednorazowego wysiłku fizycznego. Zwierzęta były podzielone na dwie grupy. W pierwszej grupie szczury biegały na bieżni elektrycznej aż do wyczerpania. W drugiej zwierzęta były trenowane przez 33 dni, czas biegu był stopniowo wydłużany tak, że ostatniego dnia treningu wynosił 69 minut. Autorka otrzymała następujące rezultaty: jednorazowy wysiłek fizyczny powodował wzrost ilości erytrocytów i zawartości hemoglobiny. Jednorazowy wysiłek fizyczny, jak również trening, wywołał spadek ilości retikulocytów we krwi obwodowej na skutek zahamowania proliferacji erytroblastów w szpiku kostnych. Trening prowadził do spadku ilości erytroblastów we krwi obwodowej. Autorka uważa, że obserwowane zmiany w układzie czerwonokrwinkowym powstają na skutek uruchomienia erytrocytów ze „zbiorników rezerwowych” krwi oraz, że są spowodowane powysiłkowym zagęszczeniem krwi. Zmiany potreningowe, prowadzące do spadku ilości erytrocytów, mają być spowodowane wzmożeniem procesów destrukcyjnych krwinek czerwonych, magazynowaniem erytrocytów w śledzionie i mięśniach, jak również potreningowym wzrostem ilości krążącej krwi. Koncepcja zakładająca, że pod wpływem wysiłku fizycznego dochodzi do wyrzucenia erytrocytów ze „zbiorników rezerwowych” krwi, jest kwestionowana w świetle prac, w których nie stwierdzono istnienia u człowieka „zbiorników rezerwowych” [21]. Jednak z innych doniesień wynika, że niektóre narządy wewnętrzne mają dużą rozciągliwość i dlatego mogą gromadzić pewne ilości krwi, które

zostają uwolnione w momencie większego zapotrzebowania organizmu na tlen (np. podczas wysiłku fizycznego). Zalicza się do nich wątrobę, która może uwolnić kilkaset mililitrów krwi, śledzionę – 100 ml, duże żyły w obszarze trzewnym – 300 ml, płuca – 100-200 ml. Należy sądzić, że wiele obserwowanych przesunięć w poziomie erytrocytów, retikulocytów i hemoglobiny zależy od zmian fizykochemicznych, zachodzących pod wpływem wysiłków fizycznych w osoczu jak i krwince czerwonej. I tak stwierdzane w czasie pracy zwiększenie CO₂ we krwi, jak i przesunięcie pH w stronę kwaśną może prowadzić do zmniejszenia oporności krwinek czerwonych, a tym samym przyczynić się do nasilenia procesów hemolitycznych, powodujących spadek ilości erytrocytów we krwi obwodowej. Powtarzający się wysiłek fizyczny pozostaje również prawdopodobnie nie bez wpływu na metabolizm krwinek czerwonych [2]. Swallen [22] zaobserwował iż przebywanie krwinki czerwonej w środowisku o zmniejszonej zawartości glukozy prowadzi do zakłócenia równowagi energetycznej erytrocytu i obniża jego oporność osmotyczną. Można więc przypuszczać, że stany hipoglikemiczne, do których w organizmie sportowca dochodzi podczas wykonywania długotrwałych wysiłków fizycznych, pozostają nie bez wpływu na obniżenie oporności osmotycznej erytrocytów.

Na podstawie przedstawionego przeglądu literatury można stwierdzić, że wyniki badań autorów były przeprowadzone na różnym materiale ludzkim, stosując wysiłki fizyczne o różnej objętości i intensywności, a zastosowane narzędzia badawcze posiadały zapewne różny zakres czułości. Przytoczona wyżej specyfika restytucji samoistnej znajduje potwierdzenie w konfiguracji przyjętych do analizy częstości tętna, wysycenia krwi tlenem, cech ciśnienia tętniczego i wybranych wskaźników krwi. Nierównomierność przebiegu restytucji i fazowy charakter wykazano we wszystkich badanych wskaźnikach. Okres wczesnej samoistnej odnowy u badanego 61-letniego mężczyzny przypada pomiędzy 3 a 4 godziną wypoczynku, co potwierdzają badania własne i doniesienia innych autorów [3, 5, 23, 24]. Tym samym można przyjąć, że okres późnej samoistnej restytucji rozpoczyna się z conajmniej piątą godziną wypoczynku. Jego długość jest zapewne zależna od intensywności, objętości, charakteru obciążenia, cech morfologicznych i somatycznych oraz płci i wieku. W przypadku probanta można przyjąć, że następuje to z 45 godziną wypoczynku. Z poczynionych rozważań wynika, że przyjmując za godzinę „0” koniec pracy, to okres wczesnej odnowy trwa 3-4 godziny, a później - kolejne 41 godzin. Autor zastrzega jednak, że są to ustalenia odnoszące się do tego konkretnego osobnika. Bowiem na przedstawiony obraz modulacji badanych wskaźników krwi nakłada się prowadzony styl życia, zaczynające się zmiany involucyjne w obrębie układu mięśniowego, krążeniowego czy oddechowego. W

czasie pracy submaksymalnej po pewnym czasie osiągnięta jest równowaga czynnościowa. U osób w 6-tej dekadzie życia (szczególnie u osobników sedenteryjnych) potrzeba więcej czasu, by częstość skurczów serca, ciśnienie tętnicze i wentylacja minutowa płuc ustabilizowała się. Częściowo spowodowane jest to niekorzystnymi zmianami mechanizmów kontrolnych. Również z powodu niższej wydolności fizycznej, właściwej dla badanego, powrót do wartości spoczynkowych jest wydłużony. Wzrasta także udział przemian beztlenowych w całkowitej pracy na określonym poziomie, a powstałe ciepło na skutek wykonywanego wysiłku fizycznego jest wolniej usuwane [2]. Pomiarzy zrealizowane na większej populacji i z rygorystycznym zachowaniem opisaną procedurę, mogą wykazać odmienne ale zbliżone wyniki.

7. Wnioski

Na podstawie analizy literatury i zmienności wybranych cech krwi można sformułować następujące wnioski:

1. Proces wczesnej i późnej restytucji po wysiłku wytrzymałościowym u 61 letniego mężczyzny przebiega zgodnie z ogólnie przyjętymi przedziałami czasowymi. Okres wczesnej odnowy trwa 3-4 godziny, a późnej kończy się po 45 godzinie od zakończonej pracy.
2. Dla określenia dokładniejszych stref czasowych występowania wczesnej i późnej restytucji wymagane byłyby badania na stosunkowo większej populacji po wysiłkach fizycznych angażujących odmienne zdolności motoryczne o różnych parametrach, różnej płci i wieku.

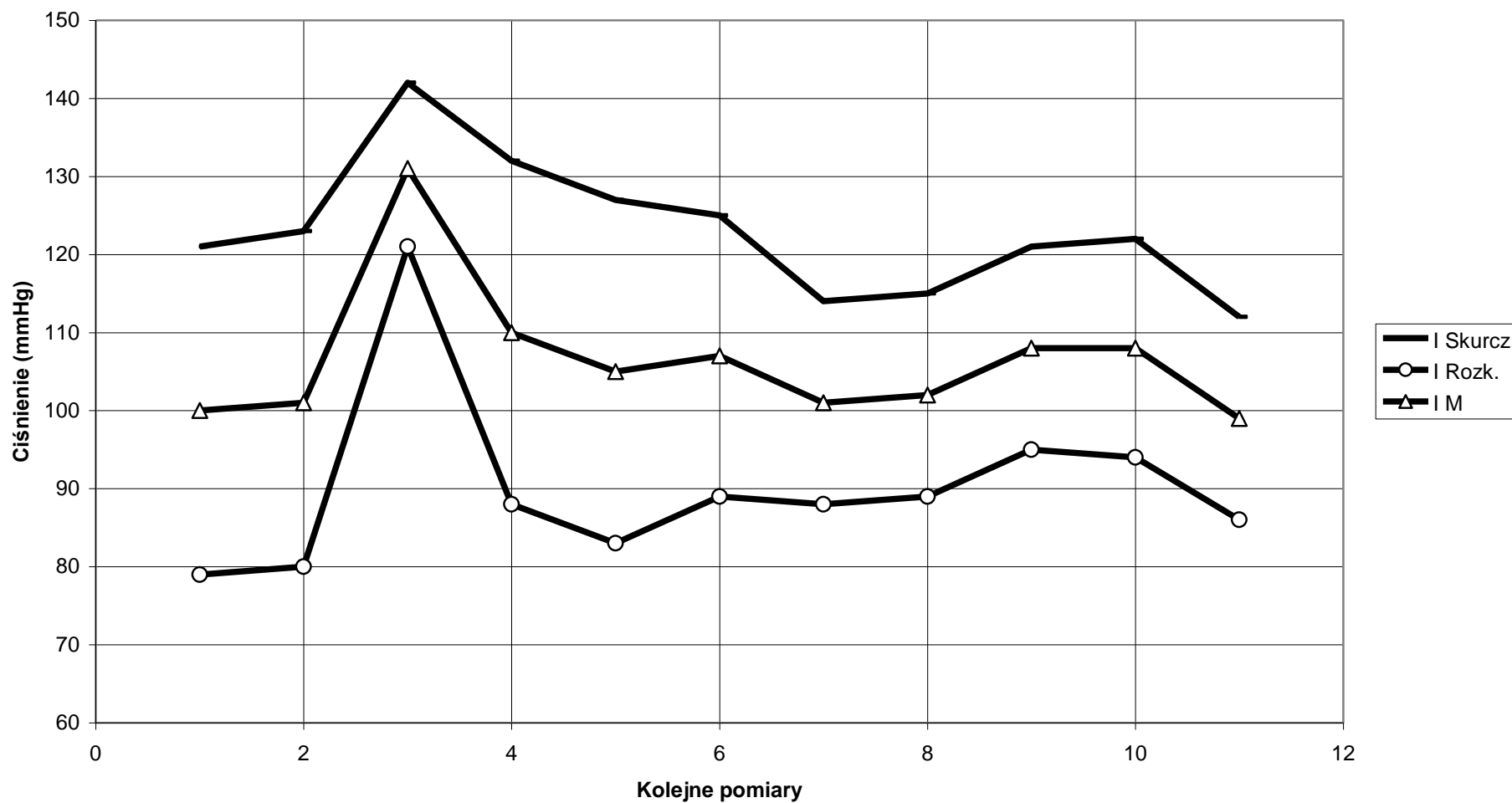
Piśmiennictwo

1. Jeger A., Nazar K., Dziak. A., *Medycyna Sportowa*, PZWL, wyd. II, Warszawa, 2013, 81.
2. Jaskólski Artur i Anna, *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka*, AWF Wrocław, 2009, 389.
3. Gieremek K., Dec L., *Zmęczenie i regeneracja sił. Odnowa Biologiczna*, AWF, Katowice, 2000, 35.
4. Mrozkowiak Mirosław, Mrozkowiak Magdalena: *Co to jest zdrowy styl życia = What is meant by the healthy lifestyle? [W:] Ontogeneza i promocja zdrowia : w aspekcie medycyny, antropologii i wychowania fizycznego*. Red. nauk. Józef Tatarczuk, Ryszard Asienkiewicz, Ewa Skorupka. Zielona Góra : Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2011, s. 117-130.

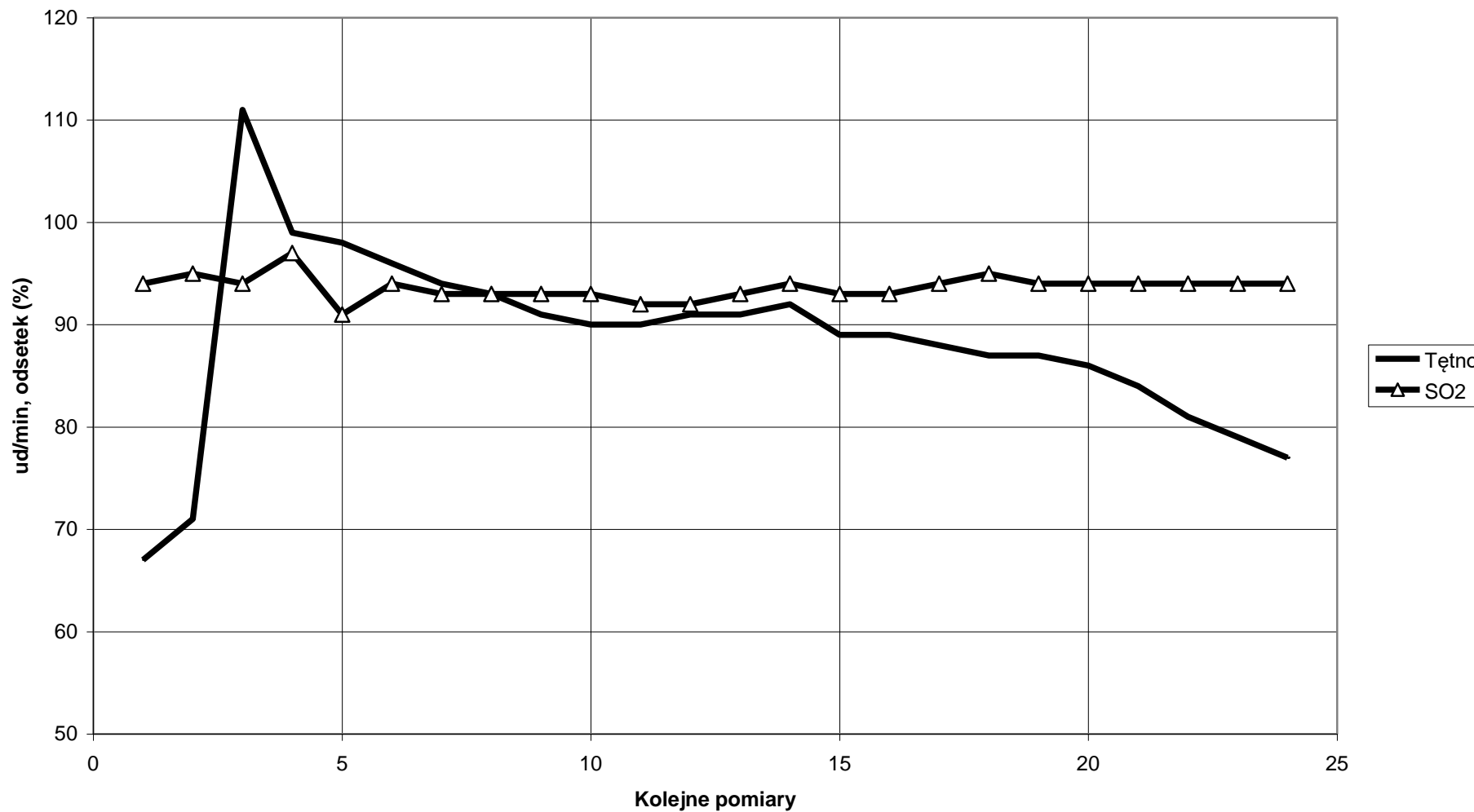
5. Łukaszewska J., Raczyńska B., Wawrzyńczak-Witkowska A., Restytucja w procesie treningowym, II Kongres Naukowy Kultury Fizycznej, 1986, s. 298-315.
6. Ulatowski T., Teoria i metodyka sportu, SiT, Warszawa, 1981, s. 67.
7. Davies J. E., 1936, Effect of physical training on blood volume, hemoglobin alkali and osmotic resistance of erythrocytes. Ph. P. Dissertation University of Chicago, Illinois.
8. Davies J. E., 1937, Changes in erythrocyte fragility due physical exercise and variation of body temperature, J. Lab. Clin. Med., 23, 786.
9. Romanowski W., Eberhard A., Profilaktyczne znaczenie zwiększonej aktywności fizycznej, PZWL, Warszawa, 1972, 33.
10. Hornak E., Hajkova M., Komadel L., Influence of an intensive one-year lasting training on the blood picture at rest of rowers. Teorie a praxe tel. vych, 1965, 13, 113.
11. Patriarca L., Topi G.C., Hematological alterations in strenuous work. Medicina dello Sport, Torino 1967, 20, 1.
12. De Lanne R. J., Barnes J. R., Brouha L., Changes in osmotic pressure and ionic concentrations of plasma during muscular work and recovery. J. Appl. Physiol, 1959, 14.
13. Holmgren A., Mossfeldt F., Sjostrand T., Strom G., Effects of training on work capacity, total hemoglobin, blood volume, heart volume and pulse rate in recumbent and upright position. Acta Physiol. Scand., 1960, 50, 72.
14. Morehouse L. E, Miller A. T., Physiology of Exercise. (III Edition). C. V. Mosby Company St. Luis 1959, 136.
15. Brown G. O., Blood destruction during exercise III. Exercise as a bone marrow stimulus. J. exp. Med. 1923a, 37.
16. Brown G. O., Blood destruction during exercise IV. The development of equilibrium between blood destruction and regeneration after a period of training. J. exp. Med. 1923b, 37, 207.
17. Lubańska-Tomaszewska L., Zmiany hematologiczne w krwi i narządach krwiotwórczych po wysiłku fizycznym w treningu (dysertacja doktorska), Bibl. Ins. Dośw. PAN. im. M. Nenckiego, Warszawa, 1965.
18. Glass H. J. R., Edwards H. T., Garreta A. C., Clark I. C., Co red cell labeling for blood volume and total hemoglobin in athletes effect of training. J. Appl. Physiol 1969, 26, 131.
19. Halicka-Ambroziak H.D., Spoczynkowy i wysiłkowy metabolizm mięśni białych i czerwonych w świetle badań oddychania tkankowego, AM, Warszawa, 1971.
20. Gollwick P.D., Struck P.J., Souler R.G., Heinrick J.R., Effect exercise and training on the blood of normal and splenectomized rats. Int. Z. Physiol. 1965, 21, 2.

21. Nylin G., The effect of heavy muscular work on the volume of circulating red corpuscles in a man. *Am. J. Physiol.* 1947, 149, 180.
22. Swallen T., Erythrocyte osmotic fragility test. *Postgraduate Med.*, 1967, 36, A-46.
23. Mrozkowiak M, Przebieg samoistnej restytucji po wysiłku wytrzymałościowym mężczyzny w 6 dekadzie życia. Opis przypadku, [W] *Behawioralne i środowiskowe uwarunkowania zdrowia funkcjonariuszy grup dyspozycyjnych*, [red.] Kaiser A, Warszawa, 2015 r., 165-182.
24. Mrozkowiak Mirosław. Zmiany wybranych wskaźników i cech gazometrii krwi w okresie fizjologicznej restytucji po wysiłku wytrzymałościowym mężczyzny w 6 dekadzie życia. Opis przypadku = Changes in selected indicators and characteristics of blood gases during the period of physiological restitution after exercise endurance man in the 6 decade of life. A case report. *Journal of Education, Health and Sport.* 2015;5(7):489-506.ISSN 2391-8306. DOI 10.5281/zenodo.21437.

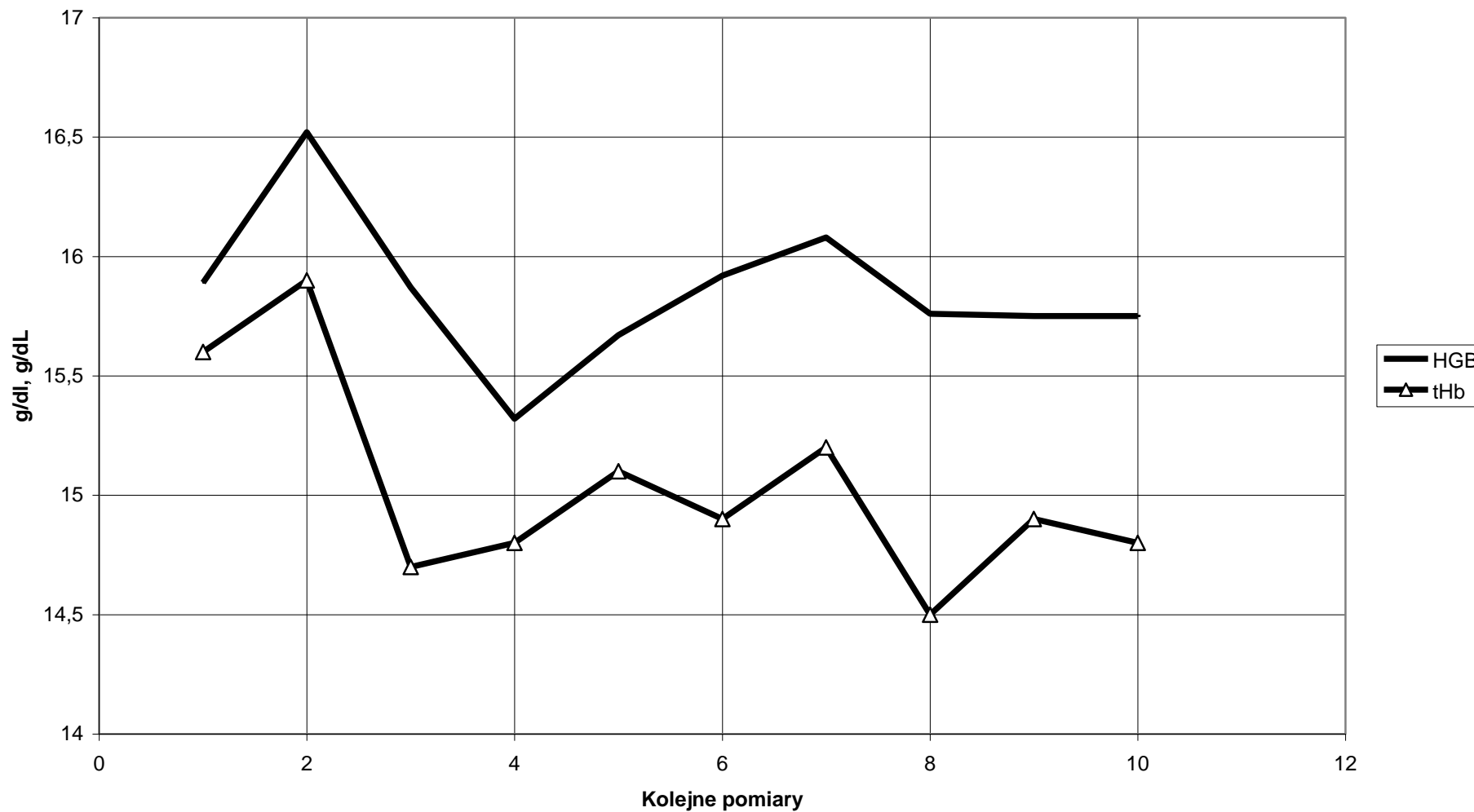
Ryc. 1. Restytucja ciśnienia skurczowego, rozkurczowego i ich średniej wielkości przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



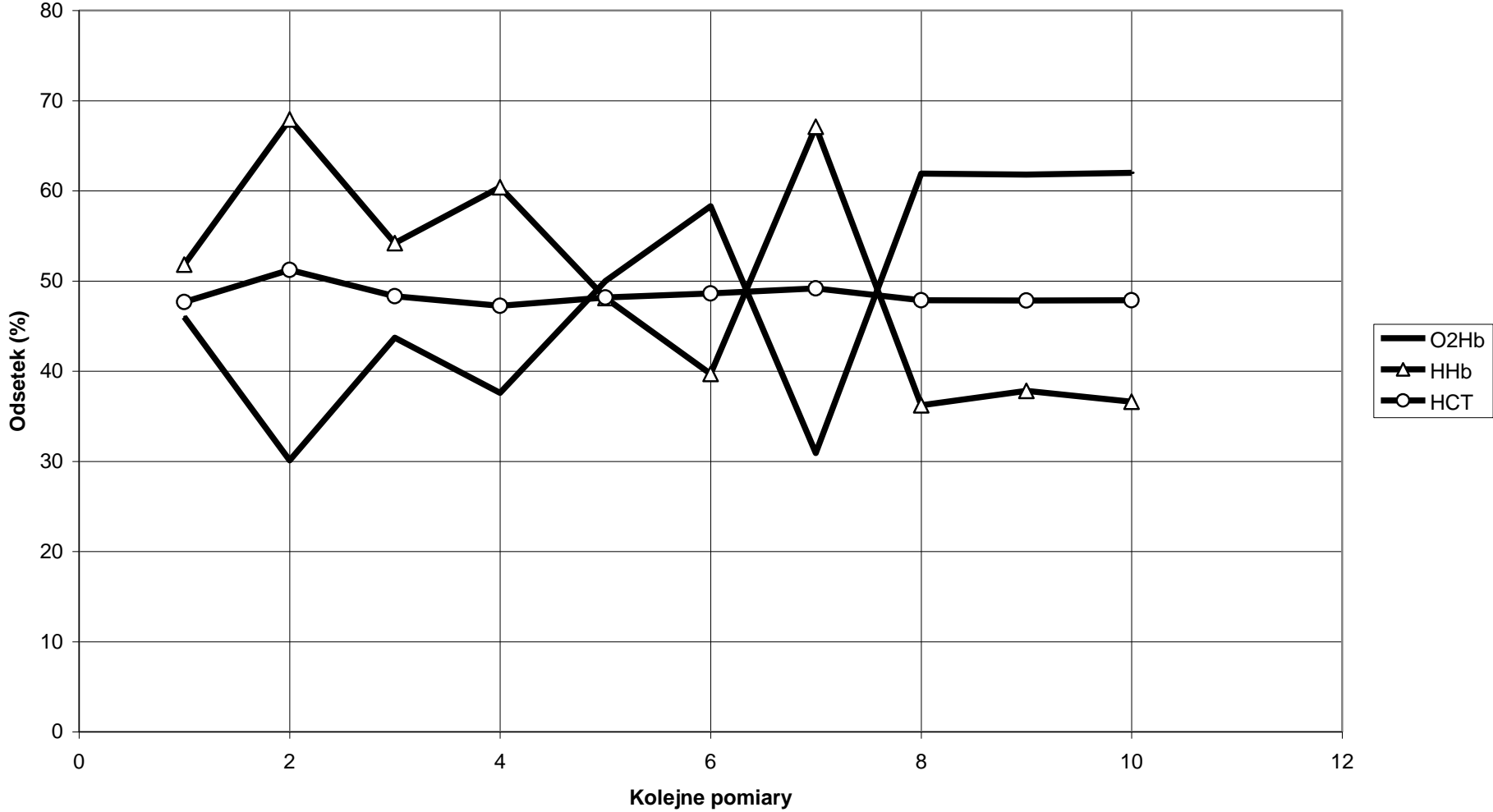
Ryc. 2. Restytucja tętna i wysycenia krwi tlenem przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



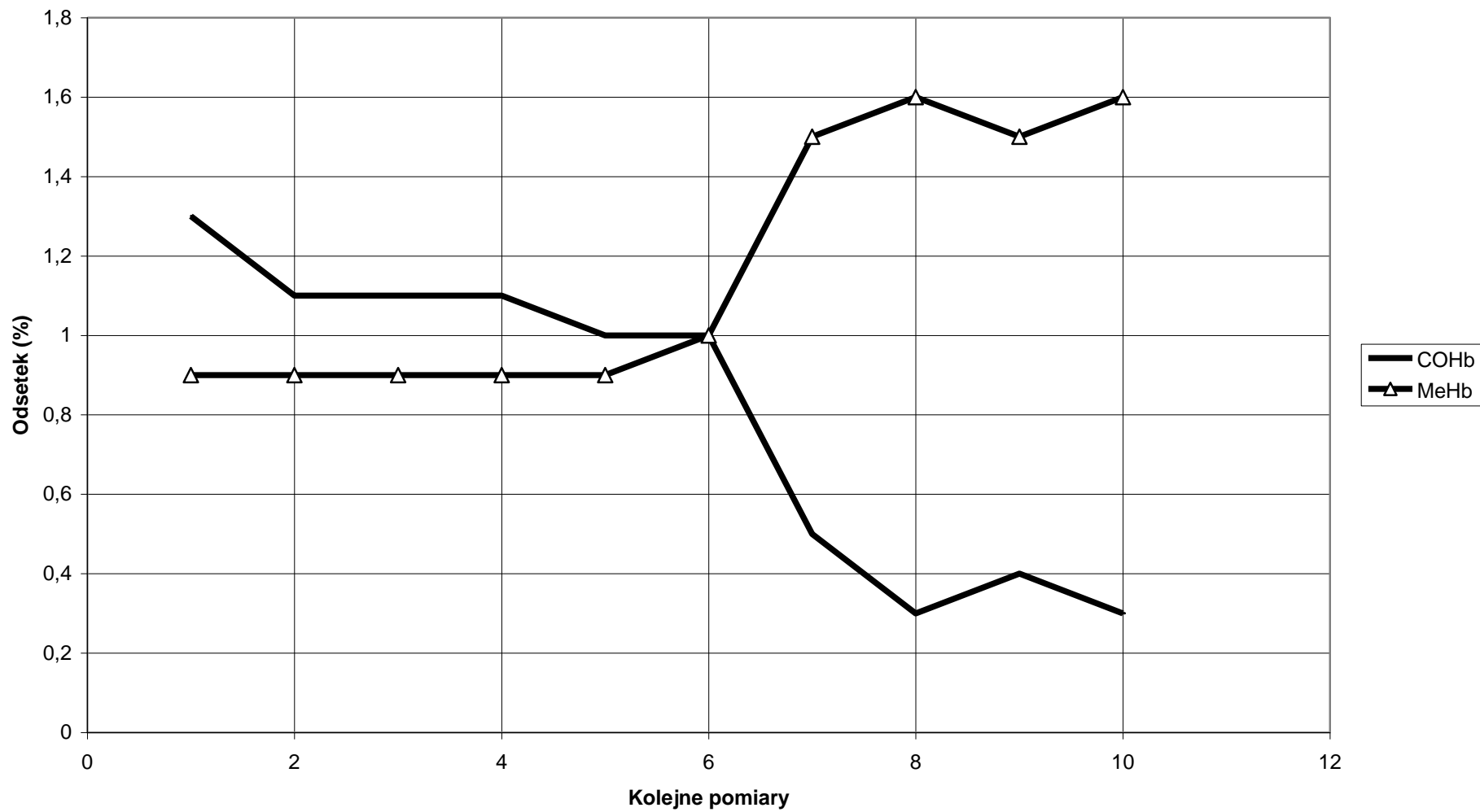
Ryc. 3. Przebieg zmian wielkości HGB, tHb we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 4. Przebieg zmian O2Hb, HHb, HCT we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 5. Przebieg zmian wielkości COHb i MeHb we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 6. Przebieg zmian wielkości MCH, MCHC we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

