

Mrozkowiak Mirosław. Próba określenia wczesnej i późnej samoistnej restytucji oraz fazy superkompensacji po wysiłku wytrzymałościowym na przykładzie mężczyzny w 6 dekadzie życia. Opis przypadku = An attempt to determine the early and late spontaneous restitution and supercompensation phase after endurance effort on the example of a man in his sixties. A case study. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015;5(9):63-94. ISSN 2391-8306. DOI [10.5281/zenodo.29905](https://doi.org/10.5281/zenodo.29905)
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.29905>
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%289%29%3A63-94>
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/615767>
Formerly Journal of Health Sciences. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011–2014
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.

Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.
Zgodnie z informacją MNiSW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.

The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).

© The Author (s) 2015;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, 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/3.0/>) 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/3.0/>) 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: 25.07.2015. Revised 24.08.2015. Accepted: 24.08.2015.

Próba określenia wczesnej i późnej samoistnej restytucji oraz fazy superkompensacji po wysiłku wytrzymałościowym na przykładzie mężczyzny w 6 dekadzie życia. Opis przypadku

An attempt to determine the early and late spontaneous restitution and supercompensation phase after endurance effort on the example of a man in his sixties. A case study.

Mirosław Mrozkowiak

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Kultury Fizycznej Zdrowia, ul. Ogińskiego 16, Bydgoszcz

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

Streszczenie

Wstęp. Interpretacja aktywności w kontekście teorii stresu wydaje się kompleksowa i dobrze opisująca zjawiska zachodzące w organizmie. Jednym z problemów treningu fizycznego nie tylko 20-30 letniego ale i 60-70 letniego człowieka jest wybór właściwego pod względem objętości, intensywności i specyfiki obciążenia oraz właściwej formy i czasu wypoczynku. Celem badań jest określenie indywidualnych ram czasowych fazy wczesnej i późnej restytucji oraz fazy superkompensacji u mężczyzny w 6 dekadzie życia po wysiłku wytrzymałościowym. Opis przypadku.

Materiał i metody. Badany mężczyzna realizujący zdrowy styl życia poddał się oznaczeniu wybranych 46 wskaźników krwi po wysiłku wytrzymałościowym w czasie restytucji samoistnej.

Uzyskane wyniki. Pozytywne wyniki zaobserwowano w większości mierzonych cech krwi. Przy czym różnie prezentowała się ich konfiguracja w trakcie 5 dniowego cyklu pomiarowego, określająca fazę wczesną, późną i superkompensacji

Wnioski. (1) Pierwsza faza (szybka) restytucji po wysiłku wytrzymałościowym u mężczyzny w 6 dekadzie życia kończy się zależnie od analizowanej cechy krwi w pierwszej, drugiej lub trzeciej godzinie, druga faza (wolna) w wielu przypadkach badanych cech kończy się po 45 godzinie od zakończenia pracy, (2) Na podstawie analizowanych cech nie można jednoznacznie określić czasu występowania fazy superkompensacji, ale jak należy sadzić w przypadku probanta jest to 33 godzina od zakończenia pracy, (3) Dla określenia dokładniejszych stref czasowych występowania wczesnej i późnej restytucji wymagane są badania na stosunkowo większej populacji i po wysiłkach fizycznych angażujących odmienne zdolności motoryczne o różnych parametrach, płci i wieku.

Key words: endurance effort, early and late spontaneous restitution, supercompensation phase.

Summary

Introduction. The interpretation of physical activity in light of stress theory seems comprehensive and well suited to describe the processes taking place within the human body. One of the problems inherent in physical training, and encountered not only by the individuals in their twenties or thirties but also in their sixties and seventies, is the choice of a proper – in terms of volume, intensity and specificity – exercise load as well as form and time of rest. The aim of the present study is to determine individual time frames of the early and late restitution and supercompensation phase after endurance effort in a man in his sixties. A case study.

Material and methods. The studied male individual who lives a healthy life-style subjected himself to the markings of 46 selected blood indicators conducted after endurance effort in the spontaneous restitution phase.

Results. Positive results were observed in most of the blood features. However, their configuration within the 5-day measurement cycle varied and thus allowed one to determine both the early and late restitution and supercompensation phase.

Conclusions. (1) In a man in his sixties the first (fast) restitution phase after endurance effort ends, depending on the analysed blood feature, in the first, second or third hour after finished effort; the second phase (slow), as observed in many of the measured blood features, ends 45 minutes after finished effort. (2) Based on the analyzed blood features, however, one cannot unambiguously determine the time occurrence of supercompensation phase; nevertheless, one may assume that for the studied individual it occurs thirty-three hour after finished effort. (3) 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.

Wprowadzenie

Nowoczesne podejście do każdego przejawu aktywności człowieka wymusza traktowanie takiego incydentu w kategoriach stresu. Wysiłek fizyczny jest jednym z jego przejawów. Interpretacja aktywności w tym kontekście wydaje się kompleksowa i dobrze opisująca zjawiska zachodzące w organizmie. Pozwala na stosowanie bodźców o sile i natężeniu wzorcowo modelujących środowisko wewnętrzne człowieka, adekwatnie do jego etapu rozwoju ontogenetycznego i reprezentowanego poziomu sprawności fizycznej. Jednym z problemów treningu nie tylko 20-30 letniego ale i 60-70 letniego człowieka jest wybór właściwego pod względem objętości, intensywności i specyfiki obciążenia oraz właściwej formy i czasu wypoczynku. Trening holistyczny to zdaniem Ambrożego [1] aktywność pośrednia pomiędzy treningiem zdrowotnym a sportowym. Bowiem obciążenia treningowe w zakresie objętości i intensywności są większe niż w treningu zdrowotnym, ale mniejsze niż w treningu sportowym. Najistotniejszym elementem biologicznym wydaje się tu być prawo pracy (zmęczenia) i regeneracji (odpoczynku). Każda aktywność zaburza homeostazę ustroju, prowokując zmiany morfologiczne, funkcjonalne i psychiczne. Wg Łukaszewskiej [2] w wyniku powtarzanych wysiłków o zwiększającym się obciążeniu, organizm adoptuje się tj. osiąga wysoki poziom równowagi czynnościowej, będącej podstawą wysokiej wydolności wysiłkowej. Przyspieszenie restytucji musi opierać się na znajomości nasilenia i kierunku zmian w funkcjonalnej, biochemicznej i morfologicznej charakterystyce organizmu, które to zmiany nie zależą tylko od zastosowania obciążenia, ale także od aktualnego stanu czynnościowego organizmu sportowca. Przy czym wypoczynek i odnowa biologiczna to pojęcia nietożsame, choć integralnie związane. W odróżnieniu od wypoczynku, w odnowie biologicznej (w optymalizacji wypoczynku) stosuje się wiele metod, środków i form oddziaływania zewnątrzustrojowego wraz z kontrolą efektywności [3].

Specyfika restytucji związana jest z charakterem obciążenia fizycznego. W jej dynamice można wydzielić pewne prawidłowości: nierównomierność przebiegu (faza szybka – trwa 2-20 minut i wolna – trwa od 2-3 dni), fazowy charakter odnowy zdolności do pracy (I faza - wczesnych i późnych zmian wywołanych wysiłkiem fizycznym, II faza – superkompensacji,

III faza – dochodzi w niej do ustalenia nowego, wyższego jakościowo poziomu procesów fizjologicznych, występuje po fazie superkompensacji i częściowo nakłada się na I fazę późną, zachodzi heterochronizm). Odpowiednie kształtowanie procesu treningowego umożliwi skrócenie poszczególnych faz, przyspieszenie procesów restytucji oraz uzyskanie większej zdolności do wysiłku dzięki wystąpieniu fazy superkompensacji [4]. Egoroff [5] i Cybertowicz [6] zaproponowali podział zmian powysiłkowych w obrębie leukocytów w krwi obwodowej, zależnie od intensywności i czasu trwania pracy fizycznej na: fazę limfocytarną, w której zachodzi limfocytoza, fazę neutrofilii, w której następuje zwiększenie liczby granulocytów obojętnochłonnych i spadek eozynofili, fazę intoksykacyjną (po biegu maratońskim), w której rozróżnia się dwa typy reakcji: typ regeneracyjny, w którym następuje zwiększenie liczby leukocytów i typ degeneracyjny, w którym zachodzi spadek liczby krwinek białych.

Celem badań jest określenie indywidualnych ram czasowych fazy wczesnej i późnej restytucji oraz fazy superkompensacji u mężczyzny w 6 dekadzie życia po wysiłku wytrzymałościowym. Opis przypadku.

1. 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 wadze 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 [7].

2. 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.

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. [2]: Na (sód), K (potas), Ca (wapń), Fe (żelazo), Mg (magnez), mocznik, mleczały, GOT (aminotransferaza asparaginianowa), GPT (aminotransferaza alaninowa), insulina, kortyzol, WBC (leukocytoza), NEU (neutrofile), NEU% (odsetek neutrofilii), LYM (limfocyty), LYM% (odsetek limfocytów), EOS (eozynofile), EOS% (odsetek eozynofilii), MONO (monocyty), MONO% (odsetek monocytów), BAZO (bazofile), BAZO% (odsetek bazofilii), RBC (liczebność erytrocytów), HCT (wskaźnik hematokrytowy), MCV (wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej), MCH (wskaźnik masy hemoglobiny w krwince czerwonej), MCHC (wskaźnik średniego stężenia hemoglobiny w erytrocytach), RDW (wskaźnik rozrzutu zmierzonej objętości poszczególnych krwinek czerwonych wokół wartości średniej), PLT (wskaźnik płytek krwi w mm^3 krwi), MPV (objętość płytek krwi), PCT (wielkość prokalcytoniny), PDW (wskaźnik anizocytozy płytek krwi), pH (skala kwasowości i zasadowości krwi), PCO_2 (ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla), PO_2 (ciśnienie parcjalne tlenu), BB (zasady buforujące osocze), BE (niedobór/ nadmiar zasad), BE_{act} (aktualny nadmiar zasad), CHCO_3 (stężenie jonów wodorowęglowych), SO_2 (c) (wysycenie tlenem), HGB (stężenie hemoglobiny), tHb (hemoglobina całkowita), O_2Hb (oksyhemoglobina), COHb (hemoglobina tlenkowęglowa), HHb (dezoksyhemoglobina), MeHb (methemoglobina). Rejestrowano także: ciśnienie krwi skurczowe i rozkurczowe, wysycenie krwi tlenem, wielkość tętna, temperatura ciała i ciśnienie atmosferyczne.

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 [8], 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 mankieta 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. SO_2 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.

3. Analiza statystyczna

Z uwagi na to, że badania przeprowadzono na jednej osobie, zastosowane metody statystyczne obejmowały: wyliczenie średniej wielkości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego oraz różnic między uzyskanymi wynikami analizowanych wskaźników krwi. Wybrane cechy dla uchwycenia przebiegu ich zmian przedstawiono na rycinach i pogrupowano ze względu na rząd wielkości, dla zminimalizowania ilości rycin oraz objętości pracy.

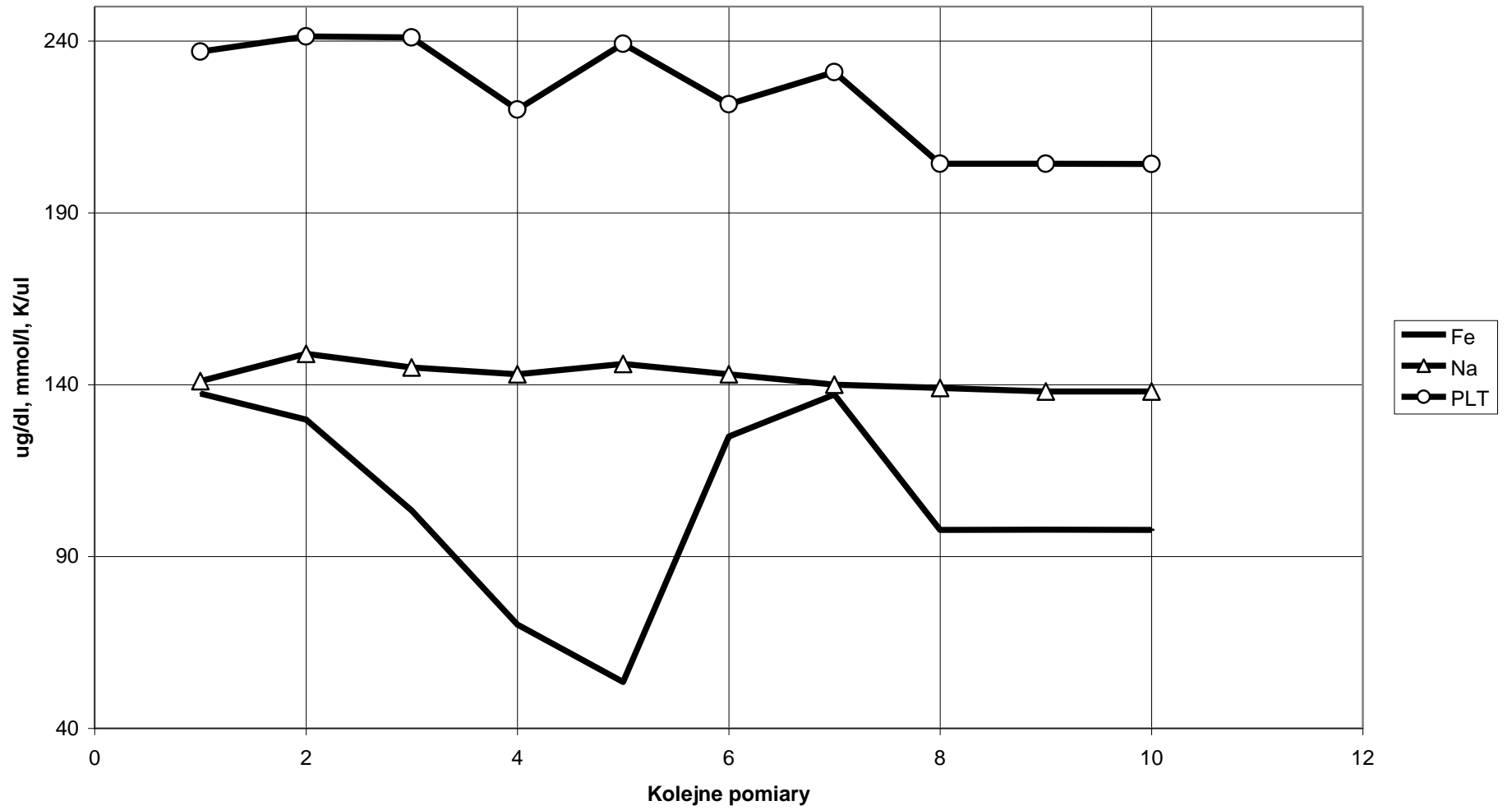
4. Uzyskane wyniki

Ciśnienie atmosferyczne podczas realizacji badań wahało się od 719,8 do 732 mm Hg, temperatura ciała probanta 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. 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

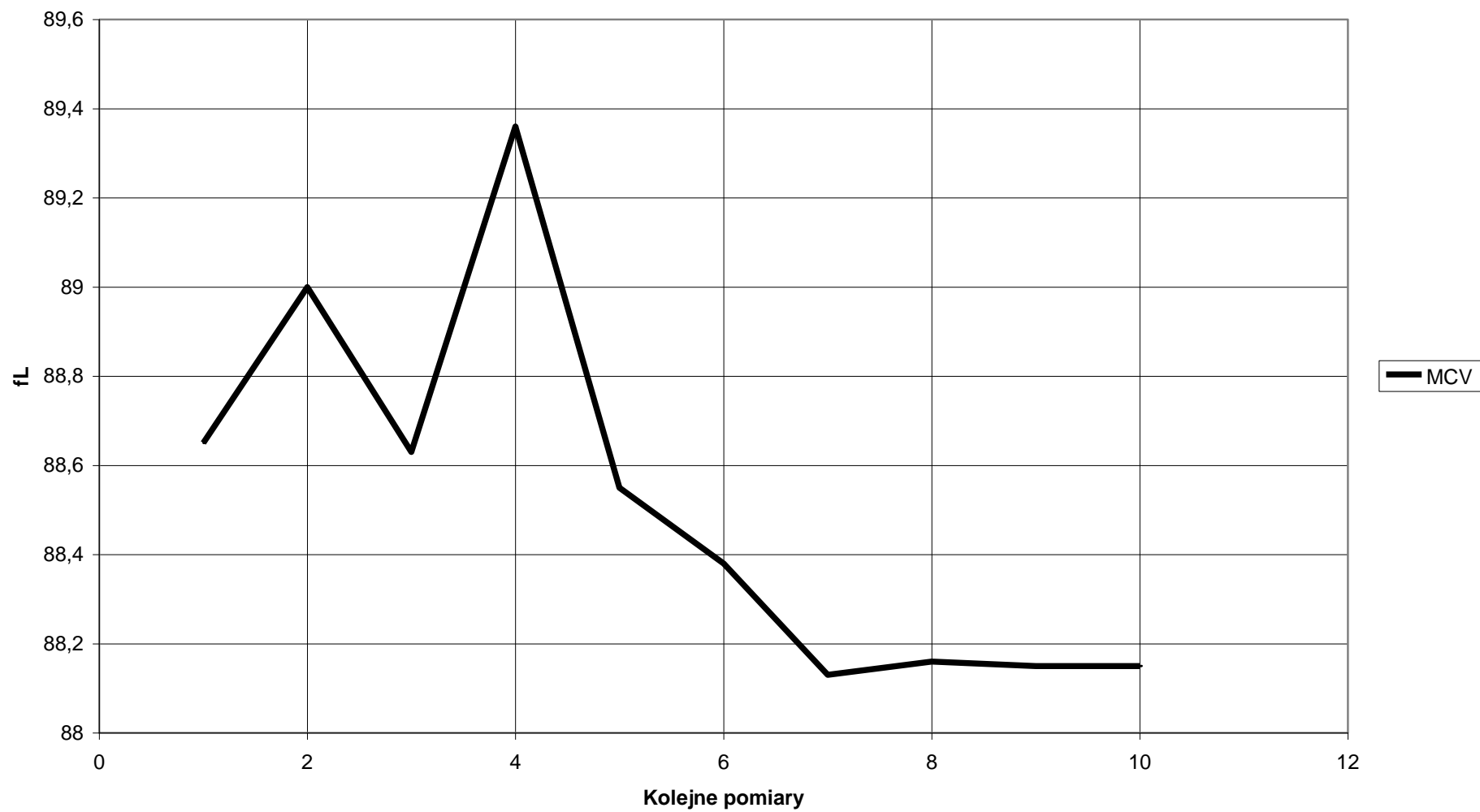
wysiłkiem wynosiło od 67 do 71 ud/min, a po standardowym obciążeniu stopniowo obniżało swoją wielkość z 111 do 77 ud/min.

Wielkość żelaza od pierwszego pomiaru do końca drugiej godziny po zakończeniu wysiłku spada, następnie zwiększa się w kolejnych 19 godzinach, po czym spada w 12 i dalej w 24 utrzymuje na tym samym poziomie, osiągając poziom znacznie niższy od początkowego. Wielkość sodu od rozpoczęcia pracy zmniejsza się do końca pierwszej

Ryc. 1. Przebieg zmian wielkości Fe, Na, PLT we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

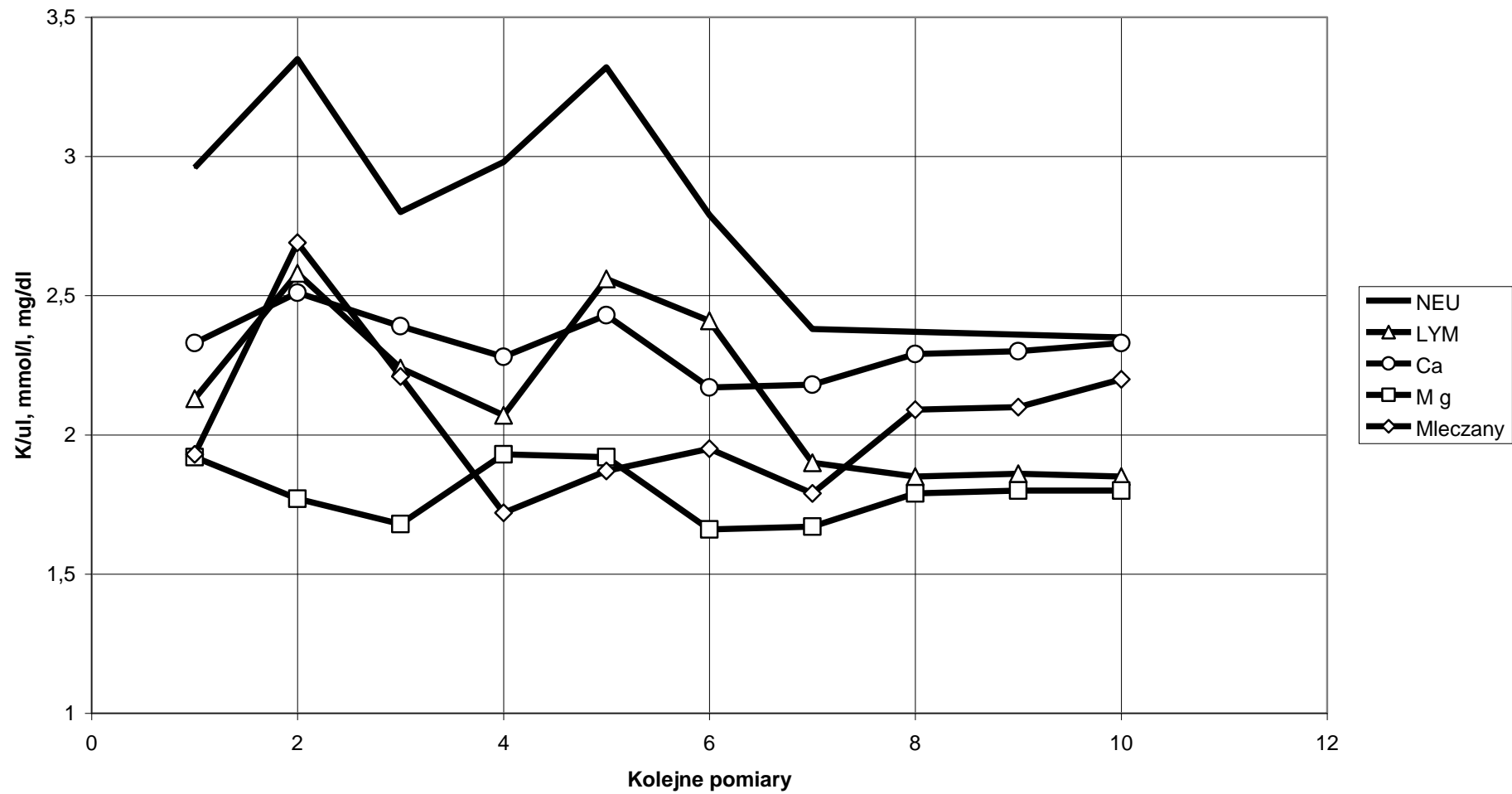


Ryc. 2. Przebieg zmian wielkości MCV we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

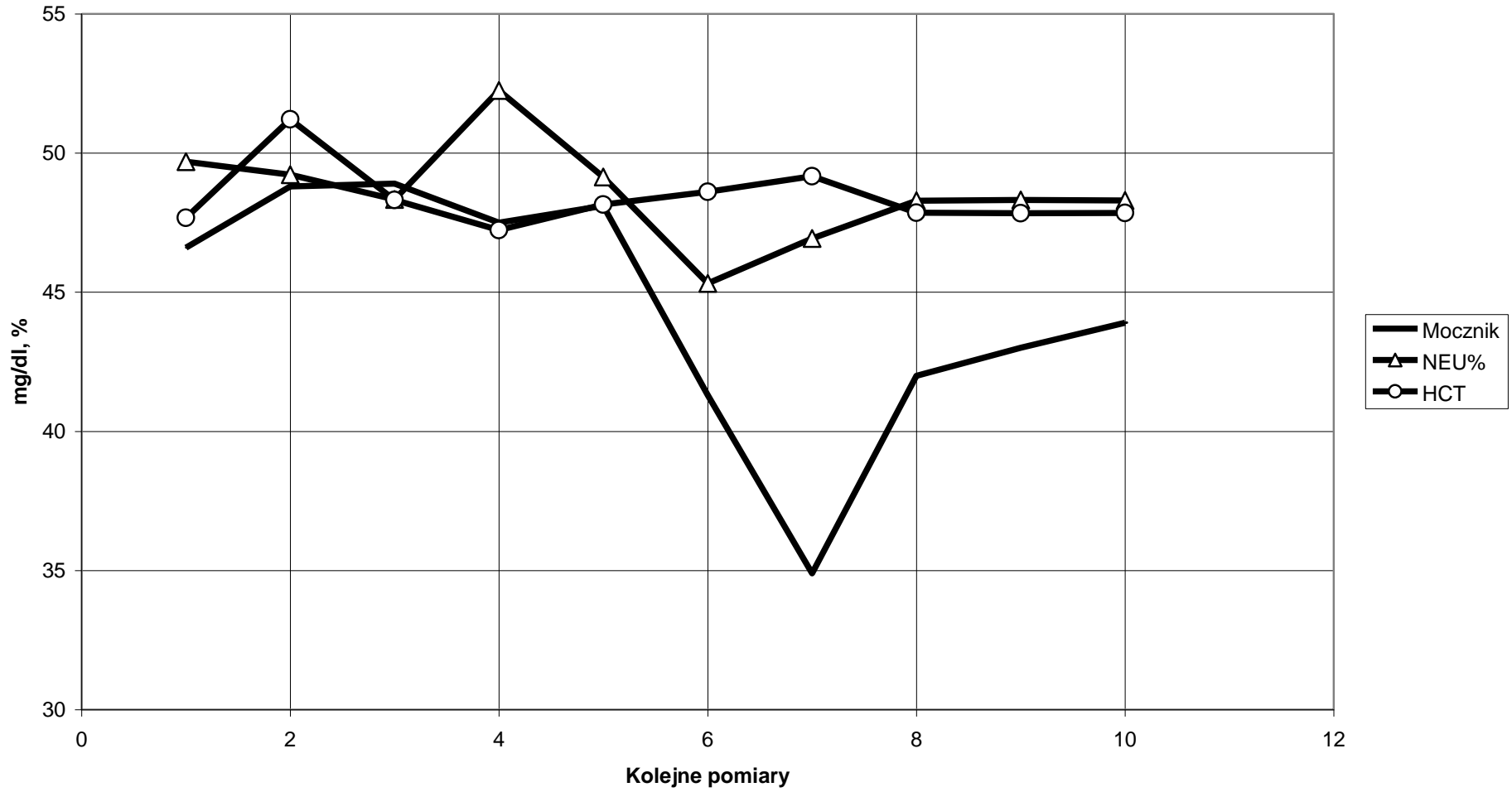


godziny po jego zakończeniu, w kolejnej godzinie większa się, a w kolejnych 55 już tylko spada, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość wskaźnika płytek krwi zwiększa się do zakończenia pracy, w kolejnej godzinie rośnie, a następnych dwóch spada. W kolejnych 17 godzinach zwiększa swoją wielkość, dalej w 12 zmniejsza. W końcowych 24 godzinach pozostaje na tym samym poziomie, nie osiągając stanu wyjściowego, ryc. 1. Wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej zwiększa się przed podjęciem wysiłku standardowego. W trakcie realizacji pracy spada, a do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu zwiększa się. W kolejnych 20 godzinach jego wielkość znacząco spada, dalej w końcowych 36 ulega niewielkim wahaniom, nie osiągając poziomu początkowego, ryc. 2. Wielkość neutrofilii we krwi podczas pracy obniża się, dalej przez dwie godziny zwiększa, następnych 55 zmniejsza się, osiągając poziom niższy niż wyjściowy. Wielkość limfocytów również obniża się od rozpoczęcia wysiłku ale do końca pierwszej godziny po jego zakończeniu, w kolejnej zwiększa, dalej przez następne 55 godzin wielkości zmniejszają się nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość wapnia we krwi także zmniejsza się od rozpoczęcia pracy do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu. W kolejnej godzinie zwiększa się, a dwóch następnych obniża. W następnych 53 godzinach wielkości zwiększają się osiągając poziom wyjściowy. Wielkości magnezu zmniejszają się do zakończenia wysiłku standardowego, w następnej godzinie zwiększają się i dalej w kolejnej utrzymują na tym samym poziomie. W następnych dwóch godzinach wielkość magnezu spada, by w kolejnych 53 zwiększać się, nie osiągając stanu początkowego. Wielkość mleczanów we krwi zwiększa się do rozpoczęcia wysiłku, dalej do końca pierwszej godziny po jego zakończeniu wielkości zmniejszają się. W kolejnych 56 godzinach przybierają stałą tendencję wzrostową z incydentalnym załamaniem w 21 godzinie od zakończenia pracy. Wielkość końcowa jest niższa od wyjściowej, ryc. 3. Wielkość mocznika po wzroście przed podjęciem pracy, przez czas realizacji obciążenia i następne 2 godziny ulega niewielkim wahaniom. W kolejnych 19 godzinach istotnie zmniejsza się, dalej przez 36 już tylko zwiększa, nie osiągając poziomu wyjściowego. Odsetek neutrofilii spada od pierwszego pomiaru do końca realizowanej pracy, a po jej zakończeniu przez godzinę zwiększa się. Przez kolejne 3 godziny obniża się, po czym przez 53 godziny zwiększa, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość wskaźnika hematokrytowego zwiększa się przed podjęciem wysiłku fizycznego, dalej obniża się z chwilą jego rozpoczęcia do końca pierwszej godziny po jego zakończeniu. W 20 kolejnych godzinach sukcesywnie rośnie, a przez następne 36 wielkość wskaźnika obniża się, przyjmując nieco większą wielkość od początkowej, ryc. 4. Odsetek limfocytów wzrasta od pierwszego pomiaru do końca wykonywanej pracy. W pierwszej godzinie od jej zakończenia

Ryc. 3. Przebieg zmian wielkości NEU, LYM, Ca, Mg, Mleczanów we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

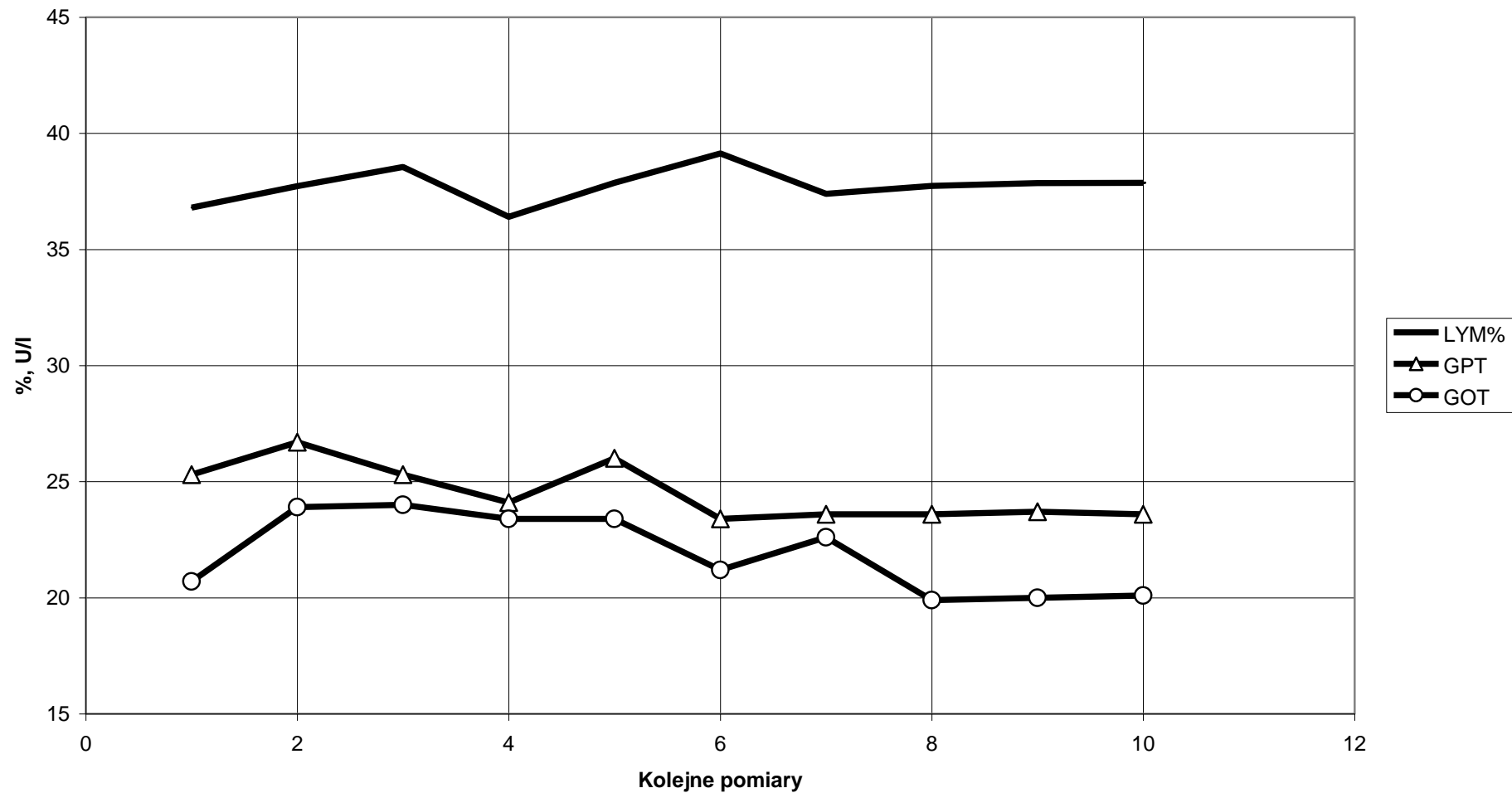


Ryc. 4. Przebieg zmian wielkości Mocznika, NEU%, HCT we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

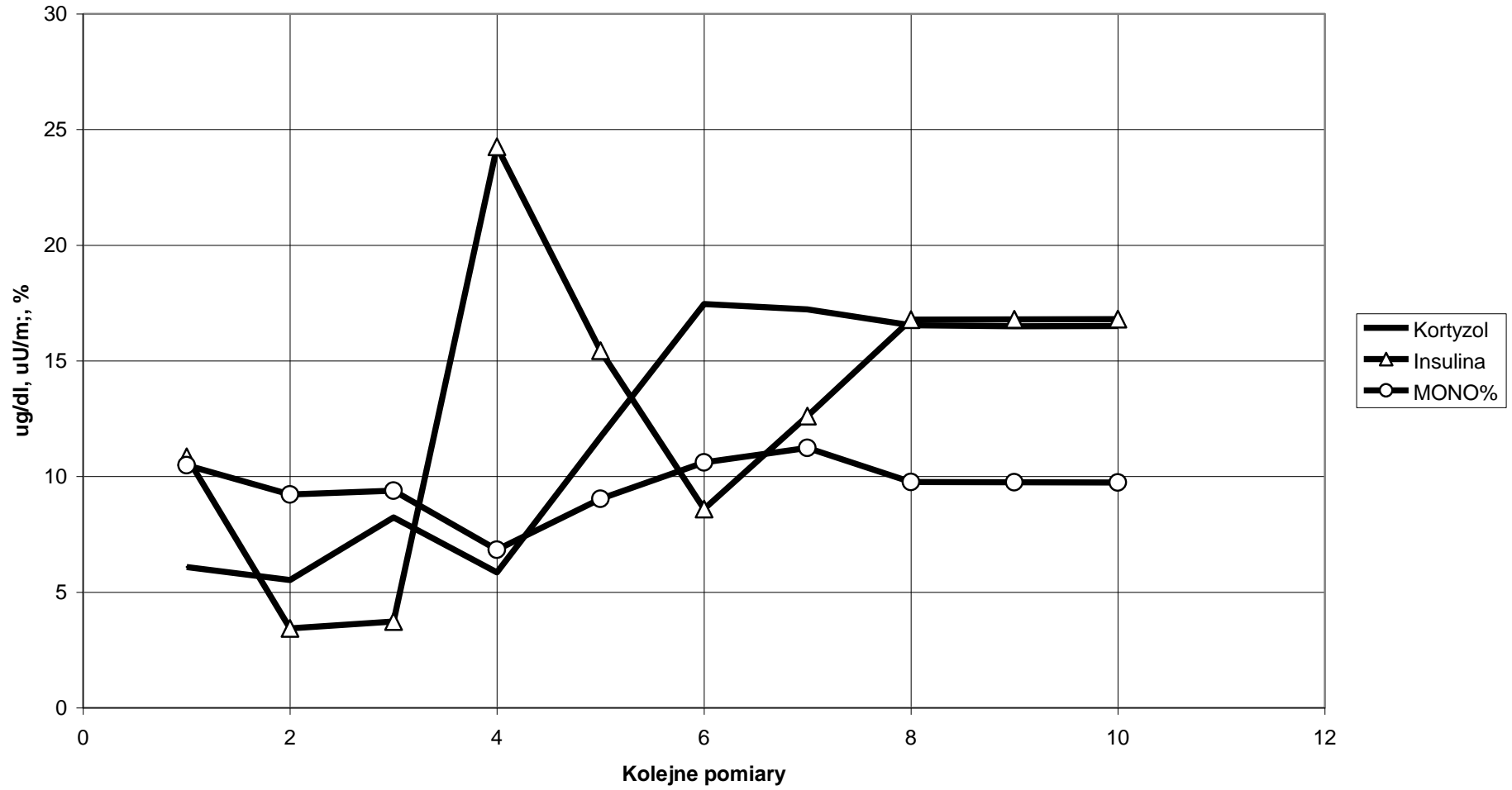


spada, dalej przez 3 godzin zwiększa się, a przez kolejne 53 nie wykazując istotnych zmian osiąga wyższy poziom niż wyjściowy. Wielkość aminotransferazy alaninowej zwiększa się przed podjęciem obciążenia standardowego, następnie w trakcie realizacji pracy i w pierwszej godzinie po zakończeniu zmniejsza się, w kolejnej rośnie, a następnymi dwoma obniża. W kolejnych 53 godzinach wykazuje niewielkie rosnące wahania. Wielkość aminotransferazy asparaginianowej zwiększa się od pierwszego pomiaru do zakończenia wysiłku. Przez 57 godzin od zakończenia pracy sukcesywnie jej poziom obniża się i przyjmuje wielkość niższą od wyjściowego. Przy czym w 21 godzinie występuje incydentalne zwiększenie wielkości., ryc. 5. Wielkość kortyzolu zwiększa się podczas realizacji pracy, w następnej godzinie spada, a w kolejnych 3 godzinach znacząco rośnie. W następnych 53 godzinach wykazuje niewielkie wahania, przyjmując ostatecznie wyższy poziom niż początkowy. Wielkość insuliny po zmniejszeniu wielkości przed podjęciem pracy, rośnie w trakcie jej realizacji. W pierwszej godzinie po jej zakończeniu następuje istotne zwiększenie, w następnych 3 również znaczące obniżenie. W kolejnych 53 godzinach jej wielkość zwiększa się, osiągając znacząco wyższy poziom od wyjściowego. Odsetek monocytów podczas obciążenia fizycznego nieznacznie zwiększa się, w pierwszej godzinie po zakończeniu zmniejsza, a przez kolejne 20 godzin ponownie zwiększa. W czasie końcowych 36 godzin wykazuje niewielkie wahania i nie osiąga poziomu wyjściowego, ryc. 6. Wskaźnik rozrzutu zmierzonej objętości poszczególnych krwinek czerwonych wokół wartości średniej przed podjęciem wysiłku fizycznego zwiększa się, podczas pracy i następnych 21 godzinach obniża się. W kolejnych 12 godzinach zwiększa swoją wielkość, a w końcowych 24 wykazuje niewielkie wahania, przyjmując wyższy poziom w stosunku do wyjściowego. Wielkość stężenia hemoglobiny, zwiększa się przed podjęciem wysiłku standardowego. W trakcie realizacji pracy i pierwszej godzinie po jego zakończeniu obniża się. W kolejnych 20 godzinach stężenie rośnie, dalej w 12 spada i następnych 12 stabilizuje się, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość hemoglobiny całkowitej zwiększa się przed podjęciem wysiłku standardowego, a w trakcie realizacji pracy zmniejsza się. W kolejnych 21 godzinach jej wielkość z nieznacznymi wahaniami rośnie, dalej w 12 spada i następnych 12 ponownie zwiększa się, nie osiągając poziomu wyjściowego, ryc. 7. Wielkość objętości płytek krwi spada od pierwszego pomiaru do zakończenia wysiłku fizycznego, w dwóch następnych godzinach zwiększa się, w kolejnych 55 wykazuje stałą tendencję spadkową, nie uzyskując poziomu wyjściowego. Wielkość wskaźnika leukocytozy obniża się od pierwszego pomiaru do zakończenia wysiłku fizycznego, dalej do 5 godziny zwiększa się i przez następne 55 godzin wykazuje stałą tendencję spadkową. Wielkość potasu zwiększa się od pierwszego pomiaru do zakończenia

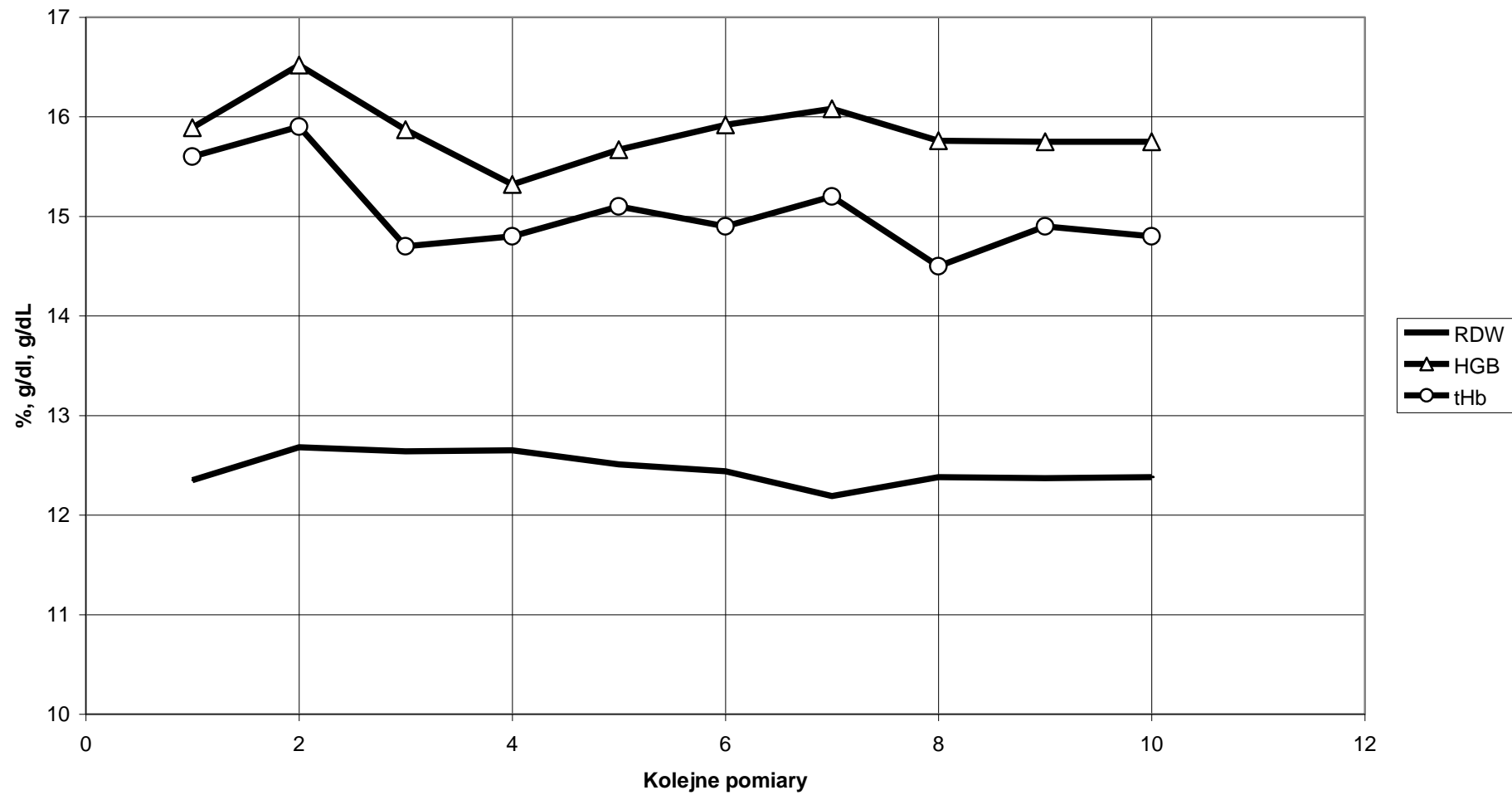
Ryc. 5. Przebieg zmian wielkości LYM%, GPT, GOT we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 6. Przebieg zmian wielkości Kortyzolu, Insuliny, MONO% we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

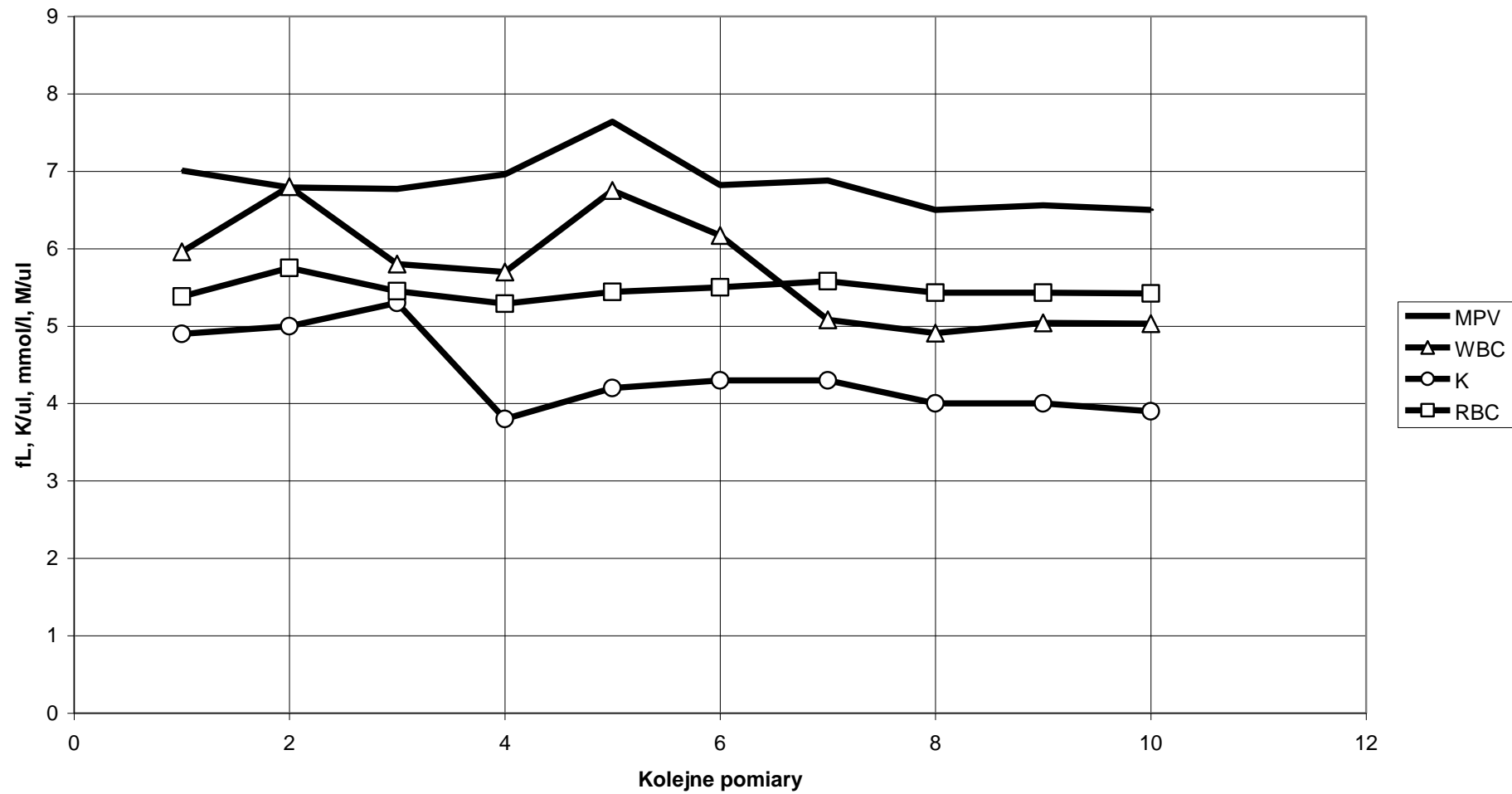


Ryc. 7. Przebieg zmian wielkości RDW, HGB, tHb we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

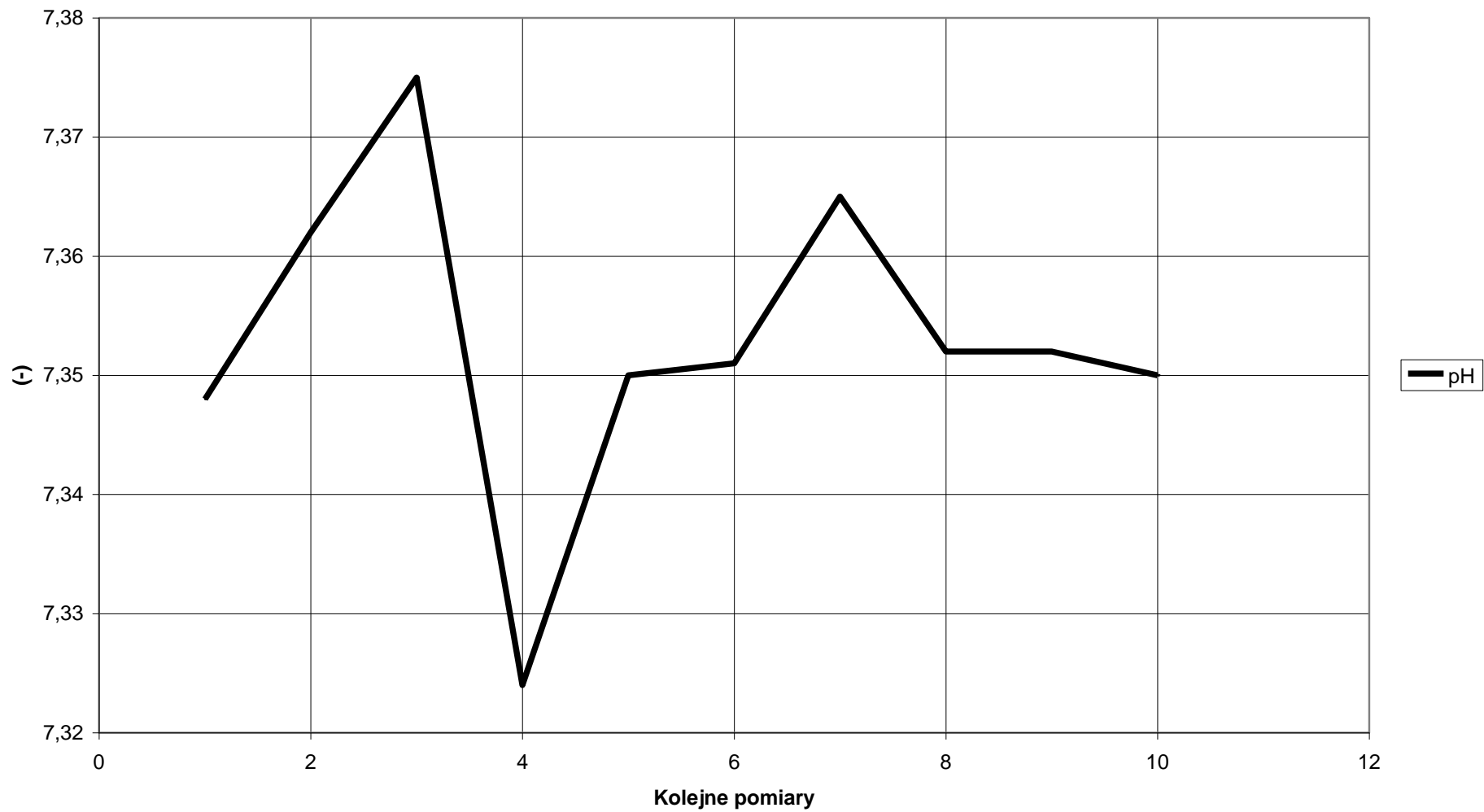


wysiłku fizycznego. W pierwszej godzinie po jej zakończeniu obniża się, w kolejnych 4 zwiększa, by w dalszych 36 obniżyć się. Liczebność erytrocytów zwiększa się przed podjęciem pracy, w trakcie jej realizacji i do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu spada. W kolejnych 20 godzinach ich liczebność zwiększa się, a w kolejnych 36 wykazuje tendencję spadkową, ryc. 8. Wskaźnik pH przesuwają się w kierunku zasadowości w pomiarach przed wysiłkiem. Podczas realizacji pracy gwałtownie obniża się, po jej zakończeniu do 21 godziny przesuwają się w kierunku zasadowości, w kolejnych 36 godzinach obniża się do poziomu wyższego niż początkowy, ryc. 9. Wielkość methemoglobiny nie wykazuje znaczących wahań od pierwszego pomiaru do końca 4 godziny po zakończeniu obciążenia standardowego, w kolejnych 29 godzinach zwiększa się, dalej wykazuje niewielkie wahania, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość hemoglobiny tlenkowej nie wykazuje znaczących wahań od pierwszego pomiaru do końca 4 godziny po zakończeniu obciążenia standardowego, w kolejnych 29 godzinach zmniejsza się, dalej wykazuje niewielkie wahania, nie osiągając poziomu wyjściowego. Odsetek eozynofili zmniejsza się od pierwszego pomiaru do końca realizacji pracy, w kolejnych 4 godzinach po jej zakończeniu zwiększa się, w następnych 29 godzinach odsetek obniża się, dalej ulega niewielkim wahaniom, nie osiągając początkowego poziomu początkowego. Wielkość zasobów zasad (niedobór/nadmiar) obniża się od pierwszego pomiaru do końca realizacji pracy, w pierwszej godzinie po jej zakończeniu rośnie, a w kolejnych 3 spada. W następnych 17 godzinach wielkość zasobów rośnie, 12 ponownie obniża się. W końcowych 24 godzinach ulega niewielkim wahaniom, nie osiągając wyjściowego poziomu. Odsetek bazofili zwiększa się od rozpoczęcia wysiłku fizycznego do pierwszej godziny po jego zakończeniu, w kolejnej godzinie spada, a w następnych 2 rośnie. W kolejnych 53 godzinach ulega niewielkim wahaniom, osiągając poziom większy niż początkowy, ryc. 10. Wielkość monocytów obniża się z rozpoczęciem wysiłku fizycznego do końca pierwszej godziny po jego zakończeniu, dalej zwiększa się przez kolejne 3 godziny, po czym spada przez następne 53 godziny, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość aktualnego nadmiaru zasad obniża się od pierwszego pomiaru do końca realizacji obciążenia standardowego, dalej przez 2 godziny zwiększa się, po czym przez kolejne 2 godziny spada. W kolejnych 29 godzinach ich wielkość rośnie, a w następnych 24 spada, osiągając poziom wyższy niż początkowy, ryc. 11. Wielkość bazofili obniża się z rozpoczęciem pracy do końca drugiej godziny po jej zakończeniu, w kolejnych dwóch godzinach zwiększa się, w następnych 17 obniża. W końcowych 36 godzinach ulega niewielkim wahaniom, nie osiągając stanu wyjściowego. Wielkość eozynofili obniża się podczas trwania wysiłku wytrzymałościowego. Po zakończeniu pracy w kolejnych 2

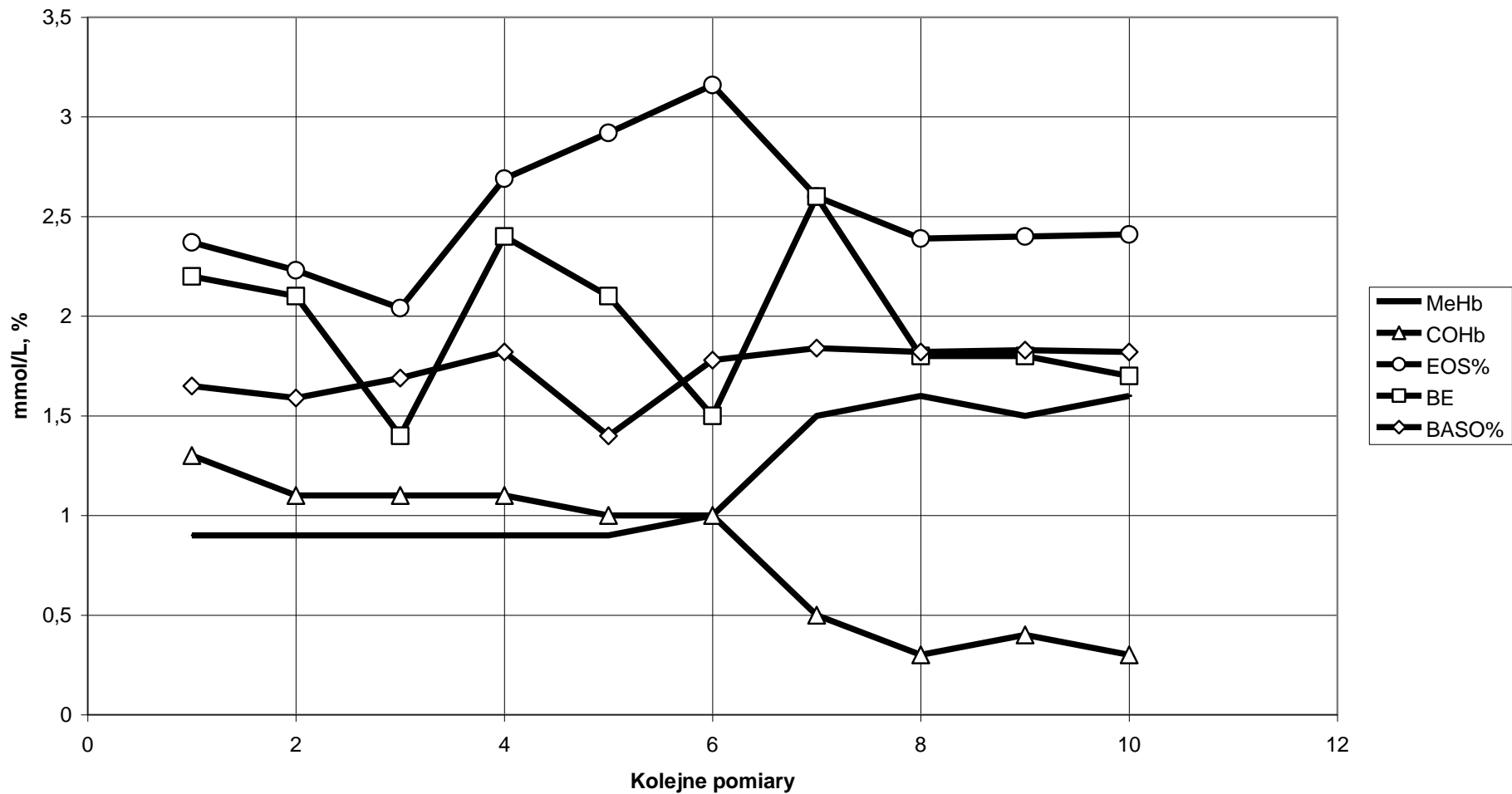
Ryc. 8. Przebieg zmian wielkości MPV, WBC, K, RBC we krwi przed i po wysiłku
wytrzymałościowym (n) 1



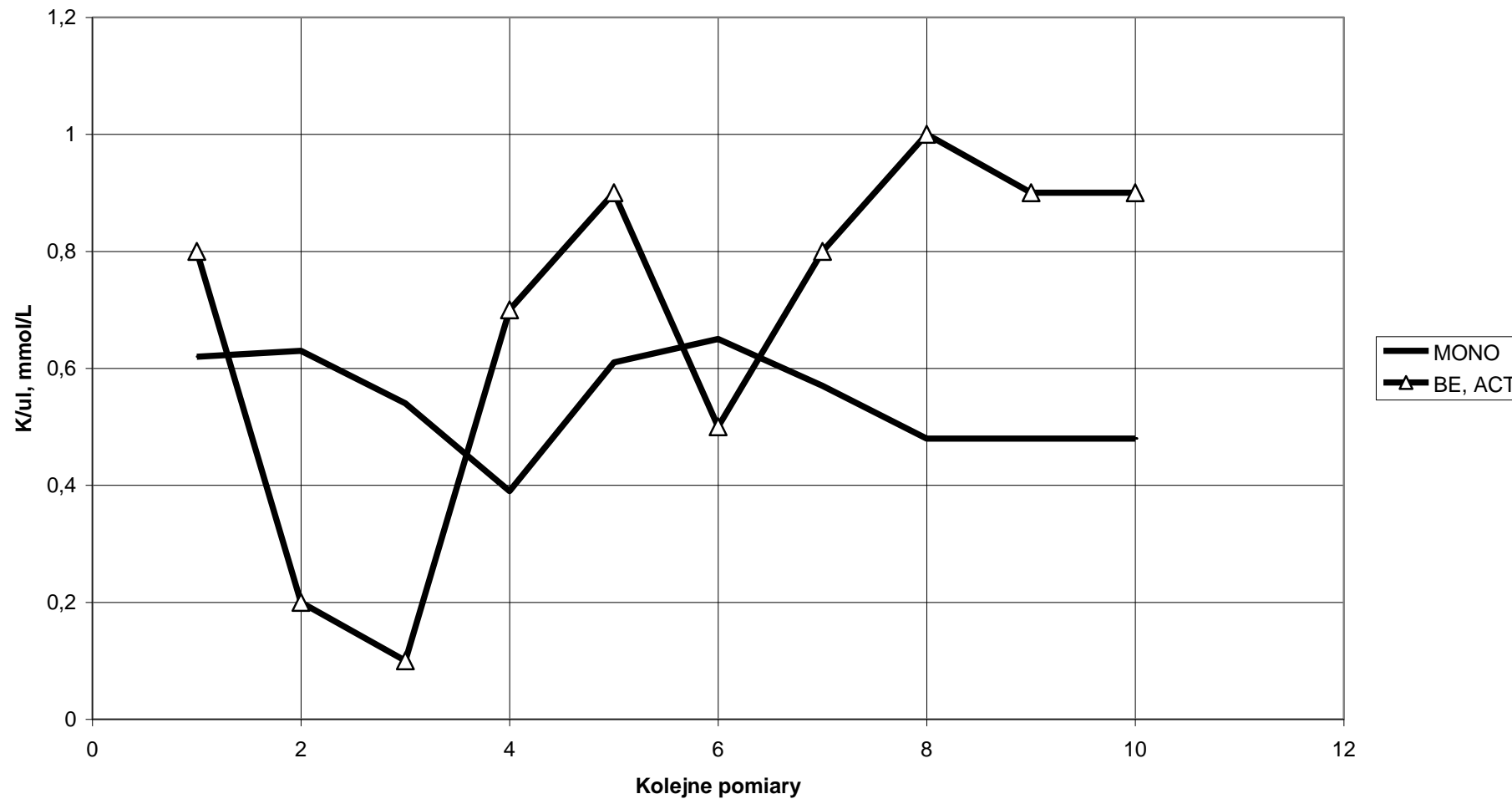
Ryc. 9. Przebieg zmian pH we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 10. Przebieg zmian wielkości MeHb, COHb, EOS%, BE, BASO% we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1

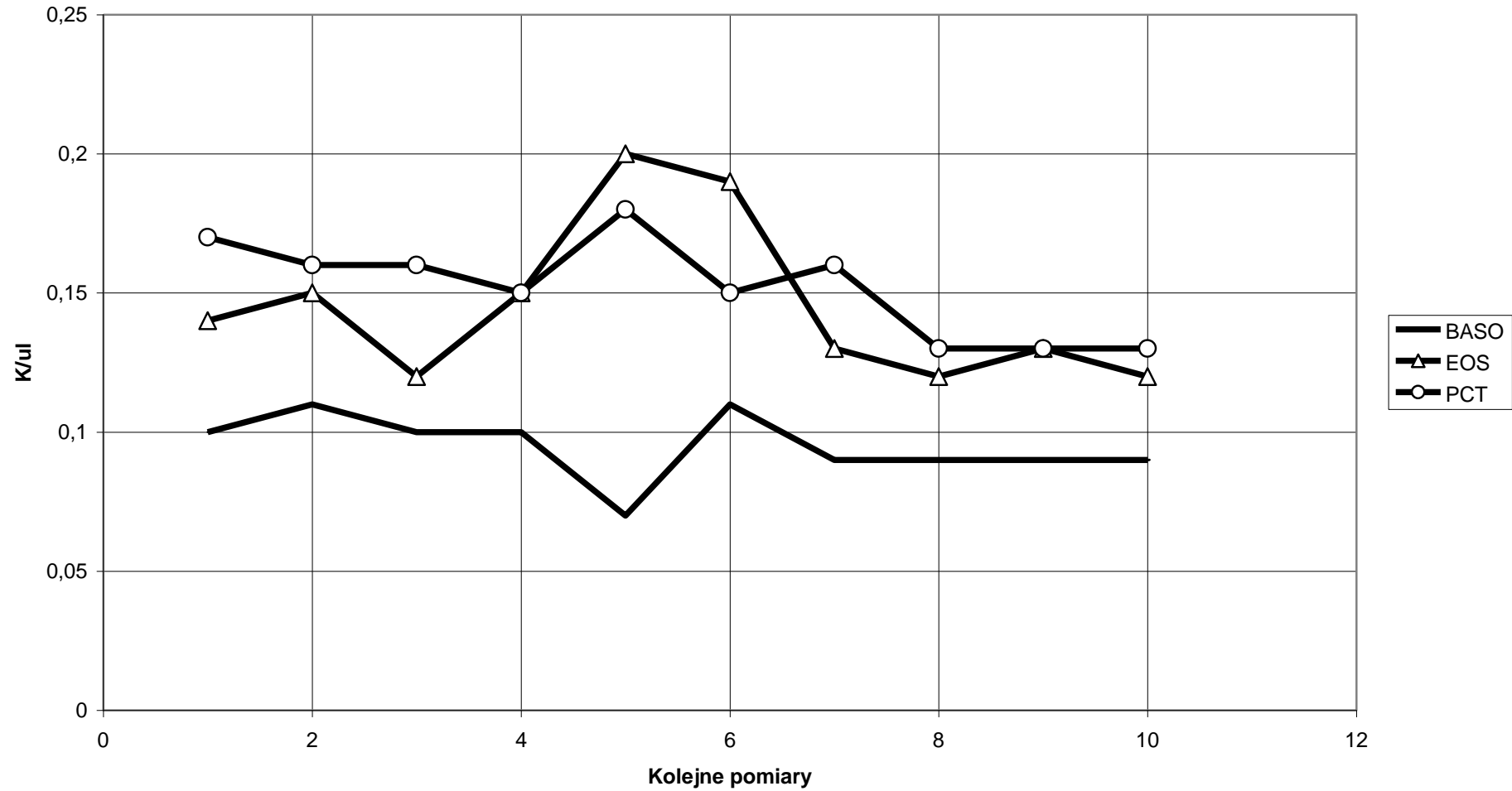


Ryc. 11. Przebieg zmian wielkości MONO, BEact we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n)
1

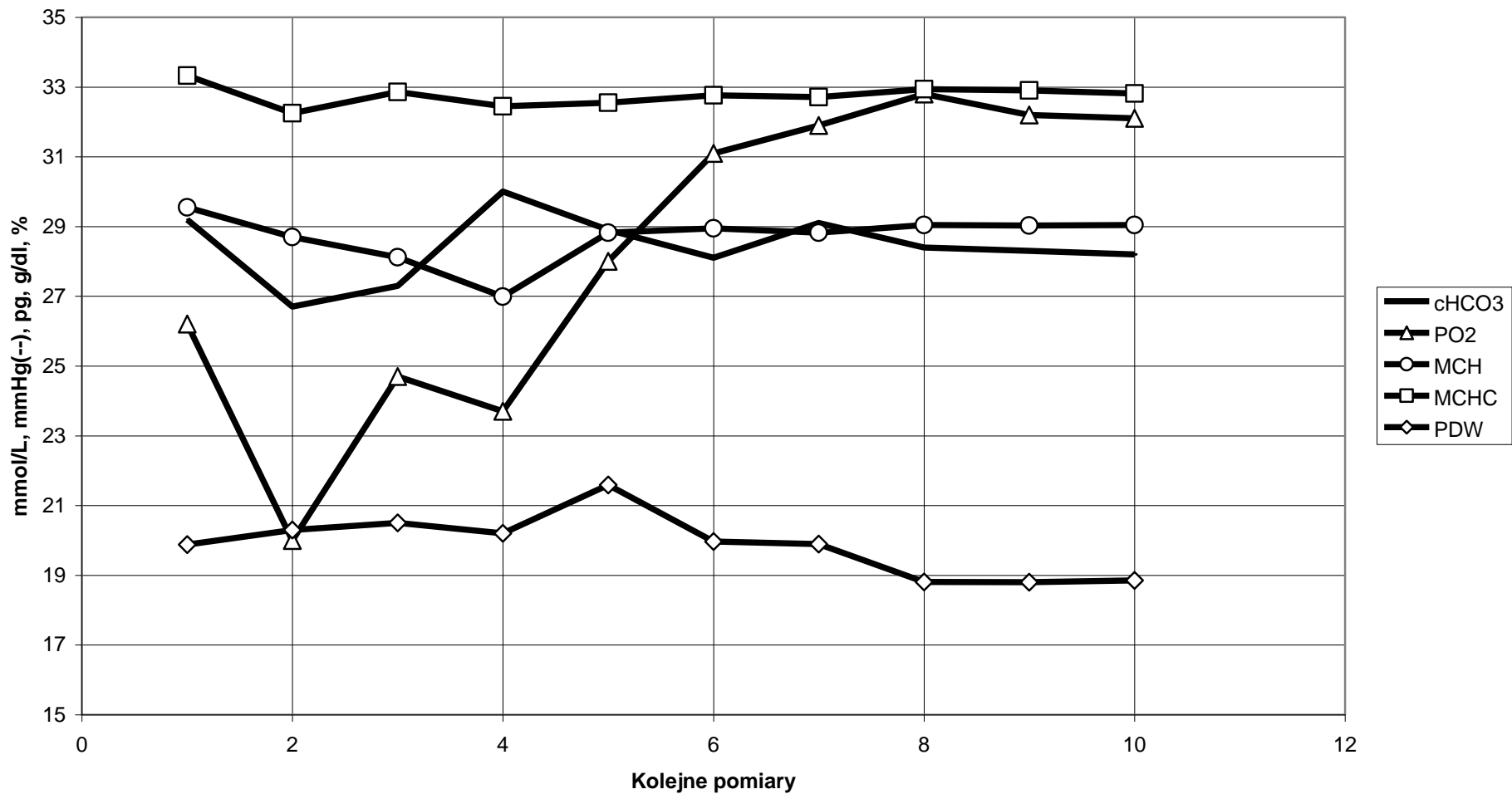


godzinach zwiększa się, w następnych 19 obniża. W końcowych 36 godzinach ulega niewielkim wahaniom, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość prokalcytoniny obniża się od pierwszego pomiaru do końca pierwszej godziny po zakończeniu pracy. W kolejnej godzinie zwiększa się, a w kolejnych 53 godzinach wykazuje stałą tendencję spadkową, nie osiągając poziomu początkowego, ryc. 12. Wielkość stężenia jonów wodorowęglowych przed podjęciem wysiłku fizycznego obniża się, a z chwilą podjęcia zwiększa do końca pierwszej godziny po jego zakończeniu. W kolejnych 3 godzinach ich wielkość spada, dalej w 17 godzinach zwiększa się, natomiast w końcowych 36 ulega niewielkim wahaniom, nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość ciśnienia parcjalnego tlenu obniża się znacząco przed wysiłkiem fizycznym, podczas jego trwania zwiększa się, a w pierwszej godzinie po zakończeniu pracy obniża się. W kolejnych 32 godzinach zwiększa się, a w końcowych 24 ulega niewielkim wahaniom, nie przyjmując istnie wyższego poziomu niż początkowy. Wielkość wskaźnika masy hemoglobiny w krwi czerwonej spada od pierwszego pomiaru do końca pierwszej godziny po zakończeniu obciążenia standardowego. W kolejnej godzinie zwiększa się, dalej ulega niewielkim wahaniom, osiągając poziom bardzo zbliżony do wyjściowego. Wielkość wskaźnika średniego stężenia hemoglobiny w erytrocytach obniża się przed podjęciem pracy, w trakcie jej realizacji zwiększa się, a do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu obniża. Przez kolejne 32 godziny znacząco zwiększa się, natomiast w końcowych 24 nieznacznie spada, osiągając wyższy poziom od sprzed rozpoczęcia pracy. Wielkość wskaźnika anizocytozy płytek krwi zwiększa się od pierwszego pomiaru do 2 godziny po zakończeniu obciążenia. Przez kolejne 55 godzin jego wielkość sukcesywnie obniża się, przyjmując niższy poziom od początkowego, ryc. 13. Przebieg zmian wielkość oksyhemoglobiny i wysycenie tlenem jest identyczny, przy czym wielkości oksyhemoglobiny są nieco większe. Wielkości obu cech obniżają się przed podjęciem pracy, w trakcie jej realizacji zwiększa się, a do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu obniżają. Przez kolejne 3 godziny znacząco zwiększają się, dalej w następnych 17 istotnie spadają. W końcowych 12 spadają, a kolejnych 24 nie wykazują znaczących wahań i osiągają poziom wyższy niż początkowy. Wielkość dezoksyhemoglobiny zwiększa się przed podjęciem obciążenia standardowego, zmniejsza w trakcie pracy i ponownie rośnie w pierwszej godzinie po jej zakończeniu. W kolejnych 3 godzinach jej wielkość spada, dalej w następnych 17 rośnie, a w kolejnych 12 obniża się. W końcowych 24 godzinach wykazuje niewielkie wahania nie osiągając poziomu wyjściowego. Wielkość ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla obniża się od pierwszego pomiaru do zakończenia wysiłku fizycznego, w godzinie po jego zakończeniu zwiększa się. W kolejnych 3 godzinach ponownie spada, dalej przez 53

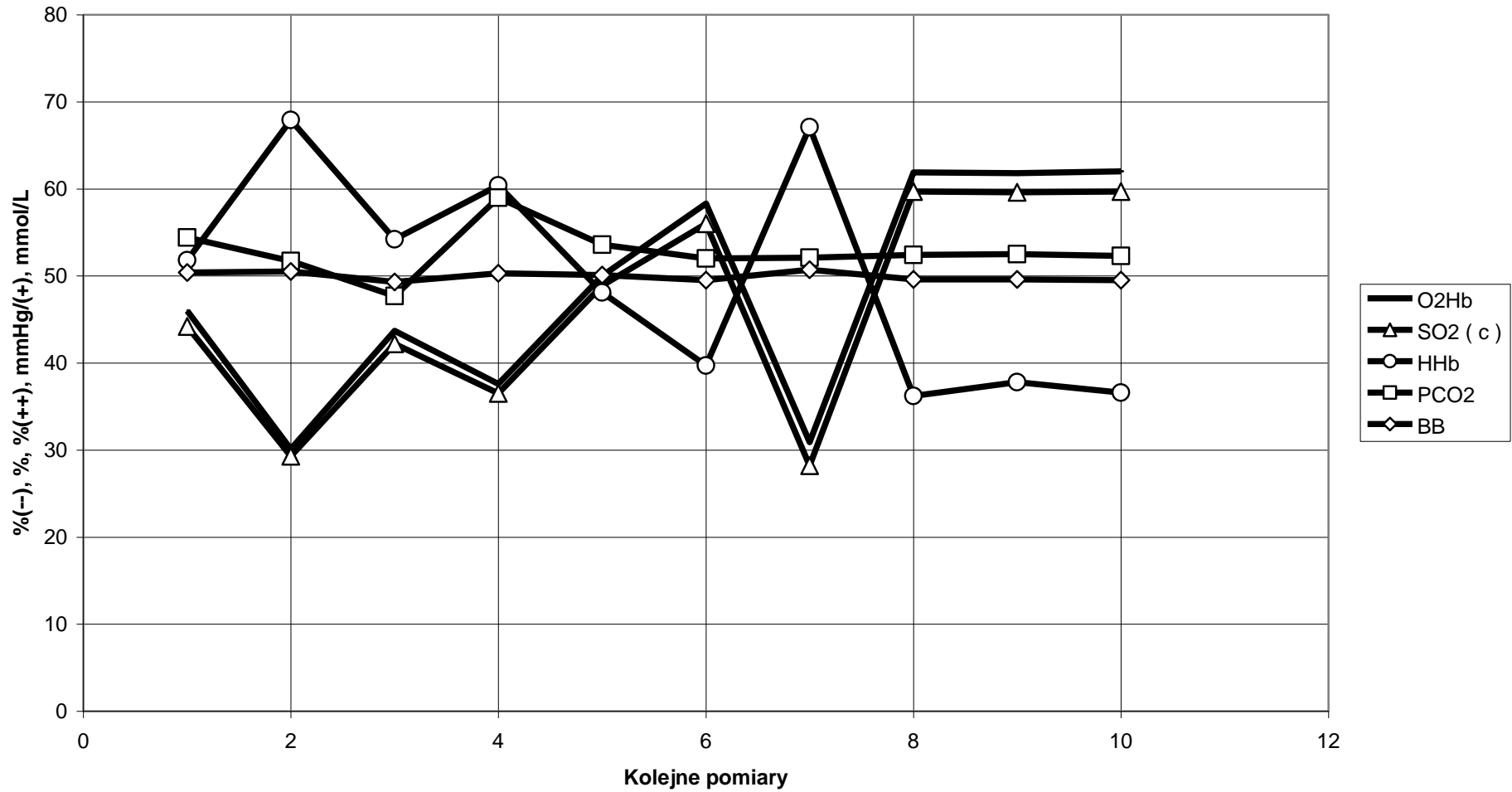
Ryc. 12. Przebieg zmian wielkości BASO, EOS, PCT we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 13. Przebieg zmian wielkości cHCO₃, PO₂, MCH, MCHC, PDW we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



Ryc. 14. Przebieg zmian wielkości O2Hb, SO2 (c), HHb, PCO2, BB we krwi przed i po wysiłku wytrzymałościowym (n) 1



godziny ulega niewielkim wahaniom, przyjmując ostatecznie wyższy poziom niż początkowy. Wielkość zasad buforujących osocze spadają w trakcie realizacji obciążenia, do końca pierwszej godziny po jego zakończeniu zwiększają się, po czym w 3 kolejnych obniżają. W następnych 17 godzinach ich wielkość rośnie, a 12 następnych spada. W końcowych 24 godzinach ulegają niewielkim wahaniom, nie osiągając poziomu wyjściowego, ryc. 14.

5. Dyskusja

Bezsporny jest fakt, że wysiłek fizyczny powoduje zmęczenie, po którym bezwzględnie następuje i rozwija się restytucja dla regeneracji zdolności wysiłkowych ustroju. Najistotniejszym czynnikiem w tym procesie jest czas, który w zależności od szeregu warunków (m. in. płeć, wiek, stan zdrowia, wydolności) określa trzy jego fazy: szybką (odbudowa związków wysokoenergetycznych, normalizacja tętna, ciśnienia krwi i wentylacji płuc, wolną (powrót do normy stężenia mleczanów i jonów wodorowych, wyrównanie się zaburzeń wodno-elektrolitowych, odbudowa glikogenu mięśniowego i uszkodzonych białek) i fazę superkompensacji (zwiększenie możliwości wysiłkowych, utrzymujące się na podwyższonym poziomie przez kilka dni [9]. Gieremek i Dec [10] zmęczenie traktują jako produkt pracy, jako fizjologiczny odruch ochronny, jest nieodłącznym przejawem każdej aktywności. Towarzyszy różnym formom działalności człowieka, ograniczając nieraz znacznie m. in. jego wydolność fizyczną, psychiczną i metaboliczną. Występuje w czasie wykonywania pracy zawodowej – fizycznej lub umysłowej. Chroni organizm przed nadmiernym zużyciem zasobów energetycznych, daje znać o potrzebie odpoczynku. Objawem zmęczenia jest obniżenie wydolności kory mózgowej, co znajduje wyraz w: osłabieniu reakcji na bodźce słuchowe, pogorszenie precyzji wykonywanych ruchów. Duże zmęczenie powoduje duszność, sinicę, obfite pocenie się, ziewanie. Zgodnie z poglądem Rozenblata [za:11] przyczyną zmęczenia są zmiany wydolności centrów nerwowych. Uważa, że „początkowo ogniwo zmęczenia lokalizuje się nie w mięśniach, a w centrach nerwowych, (...) istotne zmiany w stanie aparatów wykonawczych przy zmęczeniu przeważnie są wtórne i zależą od czynnościowych zmian systemów regulacyjnych, przy wyborze przerw odpoczynkowych między powtórzeniowymi obciążeniami należy (...) opierać się na fazie superkompensacji rezerw przede wszystkim w centrach korowych”. Autor zmęczenie uzależnia mniej od zmian zachodzących w mięśniach, a bardziej od czynności centralnego układu nerwowego, synaps nerwowo-nerwowych i nerwowo-mięśniowych. Uważa, że istotne zmiany w obrębie narządu ruchu są wtórne i zależą od czynnościowych zmian systemów regulacyjnych. Określając cechy przerwy wypoczynkowej między kolejnymi obciążeniami

treningowymi, należy opierać się na fazie superkompensacji rezerw, a przede wszystkim na poziomie ośrodków korowych. Autor wyszedł z założenia, że skoro procesy odnowy biologicznej przebiegają w sposób heterochroniczny, to superkompensacja i odnowa funkcji organizmu nie występują jednocześnie. Zimkin [12] zgadzając się z tym poglądem, zwraca jednocześnie uwagę na ujawnienie w pracy mięśniowej zaburzeń funkcji tych układów, które warunkują jego powstawanie. Wołkow [13] wyraża opinię, że teoria centralno-nerwowej genezy zmęczenia reprezentowana przez Rozenblata jest zmodernizowanym wariantem poprzednich koncepcji z tą różnicą, że „*centrum najbardziej istotnych zmian prowadzących do rozwoju zmęczenia przesunięto w niej z obwodowych organów wykonawczych na centralny system nerwowy*”. Autor stwierdza dalej, że zmęczenie należy rozpatrywać jako skutek wyjścia z „szyku” dowolnego elementu systemu narządów układów lub naruszenia współzależności między nimi, a rolę wiodącego ogniwa w rozwoju zmęczenia może przyjąć każdy narząd lub funkcja, jeżeli tylko dojdzie do niezgodności między poziomem obciążenia i rezerwami czynnościowymi [za: 11]. Inną teorię zmęczenia sformułował Issekutz [14]. Zauważył, że w chwili powstawania zmęczenia istotnie i szybko obniża się poziom glukozy we krwi, a w mięśniach wyczerpują się zapasy glikogenu.

Diagnostyka stanu zmęczenia i przebiegu wypoczynku opiera się na wielu wskaźnikach, a dobór ich zależy od rodzaju i wielkości obciążenia i technicznych możliwości. Do najbardziej przydatnych należy wymienić [2]: (1) zawartość glikogenu we włóknach mięśniowych (biopsje), (2) aktywność kinazy fosfokreatynowej (CPK), będąca znacznie podniesiona przez wiele godzin po pracy, (3) dehydrogenaza mleczanowa (LDH), której największe zmiany występują bezpośrednio po pracy [15], o intensywności przemian energetycznych w mięśniu i wzroście przepuszczalności błony komórkowej dla białek wnioskuje się na podstawie aktywności tych enzymów w surowicy krwi żyłnej, (4) poziom anhidrazy węglowej jest wskaźnikiem uszkodzeń mięśni szkieletowych po intensywnych długich biegach (może być podniesiony do 7 dni po zakończeniu wysiłku), (5) obecność mioglobuliny w surowicy, a także w moczu po pracy świadczy o „przecieku” jej z mięśni podczas wysiłku, (6) aktywność CPK w surowicy po pracy wysoko koreluje ze stężeniem mioglobuliny i kwasu moczowego [16], sugeruje możliwość stosowania jednego z tych wskaźników, z wyboru dla określenia „uszkodzeń” tkanki mięśniowej, (7) o nie zakończonej fazie wypoczynku świadczy utrzymujące się podwyższone stężenie mocznika we krwi po pracy, którego źródłem są rozpadające się białka mięśniowe. Poortmans [17] wykazał, że degradacja białek może wystąpić w wysiłkach trwających ponad 1 godzinę. Dlatego zastosowanie oznaczeń mocznika w wielu dyscyplinach sportowych jest celowe, (8) stężenie

aminokwasów we krwi dostarcza informacji o przemianach związków azotowych tj. włączania ich w glikoneogenezę bądź utlenianie, (9) oznaczenie aminokwasu 3-metylohistydyny w moczu jako nieinwazyjnej metody oceny związanego z pracą rozpadu białek miofibrynarnych [17]. Przy czym Varrik [18] skłania się ku pogładowi, że zarówno ten jak i inne związki pochodzące z degradacji białek mogą świadczyć o wzmożonym obrocie białek mięśniowych w anabolicznej fazie wypoczynku, a nie tylko po przedłużonym katabolizmie białek, (10) znaczenia amoniaku we krwi, może być wskaźnikiem dezaminacji nukleotydów adreninowych w mięśniach, co może stanowić jedną z przyczyn zmęczenia podczas wysiłków maksymalnych [19], (11) poziom trójglicerydów, insuliny, kortyzolu, aldosteronu, testosteronu i wolnych kwasów tłuszczowych, dostarcza informacji o funkcjonowaniu organizmu podczas zaawansowanego wypoczynku. Istotne zmiany w ich stężeniu obserwuje się do 24 godzin, (12) stężenie niektórych pierwiastków we krwi (np. żelaza, magnezu) po kilku lub kilkunastu godzinach po zakończonej pracy są wykładnikiem ich niedoboru, (13) o wielkości obciążenia wewnętrznego organizmu, o szybkości restytucji, o stopniu odwodnienia (Na), o brakach dietetycznych (Ca i P) informują K, Na, Ca, Mg w moczu, w zbiórkach przedłużonych do 24 godzin po pracy. Również oznaczenie witamin we krwi po zakończeniu wypoczynku służy wykryciu ich deficytu, a przede wszystkim nieprawidłowościach dietetycznych, (14) po intensywnych fizycznych nerki wydalają z moczem jon wodorowy w postaci zwiększenia ilości kwasów nieorganicznych (kwasowość miareczkowa) i amoniaku. Wg Whiting'a i wsp. [20] ewentualne uszkodzenie nerek, wynikające z ich niedotlenienia w czasie pracy można zdiagnozować w powysiłkowym moczu zawartością enzymu N-acetylo- β -D-glukozamidazy (NAG), (15) oznaczenie stężenia kwasu mlekowego we krwi włósniczkowej w aspekcie mięśniowej glikolizy i parametry równowagi kwasowo-zasadowej (BE, pH...), w związku ze zmianą homeostazy krwi i powstającej w czasie wysiłku kwasicy metabolicznej znajduje zastosowanie przy wysiłkach trwających od 30 do kilku minut, bowiem powysiłkowe zmiany tych parametrów po 60 minutach praktycznie cofają się całkowicie. Podobną wartość diagnostyczną posiadają enzymy i aminokwasy, glukoza, WKT, glicerol, aminy katecholowe, somatotropina, hormon tarczycy i wazopresyna. Tak we krwi jak i w pocie oznaczają się elektrolity i pierwiastki śladowe, normalizujące się w czasie 60 minut po pracy, (16) przebieg wypoczynku diagnozuje także rejestracja tętna i ciśnienia krwi (do 20 min po zakończeniu pracy), (17) pobór tlenu znacznie (25%) zwiększony w porównaniu ze spoczynkiem, aż do 48 godzin po ciężkich wysiłkach [21], (18) pomiary EEG, EKG, EMG (do 24 godzin po zakończeniu pracy), (19) stosuje się również testowanie siły mięśniowej (izometrycznej i dynamicznej)

oraz (20) obserwacje i pomiary psychologiczne po pracy w celu stworzenia pełnego obrazu stanu zmęczonego, a następnie wypoczywającego i „superkompensującego się” organizmu.

Z analizy uzyskanych wielkości mocznika wynika, że faza szybka restytucji może występować bezpośrednio po zakończenia wysiłku standardowego i trwa co najmniej jedną godzinę, faza wolna jak należy sądzić trwa przez kolejne 19 godzin. Podwyższone stężenie mocznika we krwi w drugiej godzinie od zakończenia pracy jest skutkiem nie zakońzonego procesu rozpadania się białek mięśniowych. Faza superkompensacji w przypadku probanta może występować po 57 godzinie restytucji, ryc. 4. Potwierdza to także stwierdzone stężenie kortyzolu, które rośnie podczas wysiłku i obniża się w pierwszej godzinie po jego zakończeniu. W kolejnych 3 godzinach istotnie zwiększa się, a dalej przez co najmniej 53 godziny utrzymuje się na względnie stałym podwyższonym poziomie. Stężenie insuliny zwiększające się od rozpoczęcia pracy do końca pierwszej godziny po jej zakończeniu z następowym obniżeniem w kolejnej godzinie oraz zwiększeniem wielkości w dalszych 29 godzinach, wydaje się to także potwierdzać. Spośród wielkości zmian enzymów GPT i GOT pod wpływem zastosowanego obciążenia, drugi wykazuje wahania bardziej zróżnicowane. Należy zatem domniemać, że faza szybka w przypadku GPT kończy się z drugą godziną po wysiłku, a w GOT z 21. Nieliczne cechy krwi także potwierdzają występowanie fazy szybkiej (wczesnej) do końca pierwszej godziny po zakończeniu pracy: neutrofile, eozynofile. Do końca drugiej godziny powracają cechy: limfocyty, monocyty, a do końca trzeciej bazofile. Zachwiana równowaga kwasowo-zasadowa wyrażająca się wskaźnikami pH, BB, BE_{act}, BE wyraźnie odzwierciedla stan ustroju. Podczas pracy pH gwałtownie spada, powracając do stanu wyjściowego w końcu 3 godziny po wysiłku (ryc. 9), podobnie stan zasad (niedobór/nadmiar) i aktualny nadmiar zasad w pierwszej godzinie (ryc. 10, 11). Natomiast zasady buforujące osocze nie wykazywały istotnych zmian (ryc. 14). Przebieg zmian BE i BE_{act} sugeruje początek fazy późnej po 6 godzinie od zakońzonego wysiłku, a fazy superkompensacji od 33 godziny. Stężenie pierwiastków we krwi (Fe, Mg) będące wykładnikiem ich niedoboru, diagnozuje wielkość obciążenia wewnętrznego organizmu, szybkości restytucji, stopień odwodnienia (Na), o brakach dietetycznych (Ca). Stężenie żelaza w badanym przypadku istotnie obniża się od pierwszego (spoczynkowego) pomiaru do końca pierwszej godziny, a odbudowuje się do 20 godziny po zakońzonej pracy (ryc. 1). Stężenie potasu zwiększa się od pierwszego pomiaru do końca wysiłku, później spada i nie uzyskuje wielkości spoczynkowej (ryc. 8), a magnez i sód nie wykazuje tak dużych wahań (ryc. 1, 3). Z analiza wybranych cech gazometrii krwi wynika, że faza restytucji wczesnej w przypadku PO₂ rozpoczyna się z drugą godziną i trwa nieprzerwanie do końca 32 godziny po wysiłku,

SO₂ (c) do 4 godziny, a PCO₂ do końca pierwszej godziny. Trudno w przypadku tych cech mówić o restytucji późnej (ryc. 13, 14). Z analizy pozostałych rezultatów badań, obejmujących między innymi pochodne hemoglobiny wynika, że przebieg zmian methemoglobiny i karboksyhemoglobiny do końca czwartej godziny po zakończeniu pracy nie wykazują znaczących zmian, a z początkiem szóstej pierwsza istotnie zwiększa a druga zmniejsza swoje wielkości. Nasuwa się więc przekonanie, że w zakresie tych dwóch cech restytucja wczesna rozpoczyna się z piątą godziną po wysiłku (ryc. 10). W przypadku oksyhemoglobiny, występuje identyczny przebieg zmian wielkości jak w saturacji tlenowej (ryc. 14). Stężenie hemoglobiny po spadku w trakcie wysiłku i pierwszej godzinie po jego zakończeniu, zwiększa się w kolejnych 20 godzinach, a hemoglobina całkowita właśnie w tym czasie przyjmuje najwyższe wielkości od zakończenia pracy (ryc. 7). Mierzone cechy MCH i MCHC wykazują w swoim przebiegu nieistotne wahania. Przy czym wskaźnik masy hemoglobiny w krwince czerwonej z końcem pierwszej godziny po pracy przyjmuje najniższą wielkość (ryc. 13). Cechy opisujące erytrocyty jak np. RBC nie wykazuje istotnych zmian w całym okresie restytucji (ryc. 8). Podobne zmiany zachodzą w przypadku RDW, MPV (ryc. 7, 8). Wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej nie wykazuje co prawda znaczących wahań, ale zwraca uwagę jego wzrost w pierwszej godzinie po zakończonym wysiłku i 32 godzinny czas jego spadku (ryc. 2).

Przeprowadzony eksperyment potwierdza doniesienia Whiting'a i wsp. [20] o zmianach stężenia mleczanów we krwi w aspekcie mięśniowej glikolizy i równowagi kwasowo-zasadowej (BE, pH...), w związku ze zmianą homeostazy krwi i powstającej w czasie wysiłku kwasicy metabolicznej w wysiłkach od 30 do kilku minut, bowiem powysiłkowe zmiany tych parametrów po 60 minutach praktycznie cofają się całkowicie (ryc. 3). Uzyskane wyniki pomiarów także dobrze wpisują się w zaproponowany przez Egoroff [5] i Cybertowicz [6] podział zmian powysiłkowych w obrębie leukocytów w krwi obwodowej. Po zrealizowanym obciążeniu wystąpiła faza limfocytarna (ryc. 3) i neutrofilia (ryc. 4).

Na podstawie przedstawionego przeglądu literatury i uzyskanych wyników 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 2 a 3 godziną wypoczynku, co potwierdzają badania własne i doniesienia innych autorów [2, 10, 22, 23) . Tym samym można przyjąć, że okres późnej samoistnej restytucji rozpoczyna się z conajmniej czwartą 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 2-3 godziny, a późnej - kolejne 40-41 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, oddechowego, nerwowego. 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 opisanej procedury, mogą wykazać zbliżone wyniki.

6. Wnioski

1. Pierwsza faza (szybka) restytucji po wysiłku wytrzymałościowym u mężczyzny w 6 dekadzie życia kończy się zależnie od analizowanej cechy krwi w pierwszej, drugiej lub trzeciej godzinie, druga faza (wolna) w wielu przypadkach badanych cech kończy się po 45 godzinie od zakończenia pracy.
2. Na podstawie analizowanych cech nie można jednoznacznie określić czasu występowania fazy superkompensacji, ale jak należy sadzić w przypadku probanta jest to 33 godzina od zakończenia pracy.
3. Dla określenia dokładniejszych stref czasowych występowania wczesnej i późnej restytucji wymagane są badania na stosunkowo większej populacji i po wysiłkach fizycznych angażujących odmienne zdolności motoryczne o różnych parametrach, płci i wieku.

7. Literatura

1. Ambroży T., Trening Holistyczny, EAS Kraków, 2005, 9.
2. Łukaszewska J., Raczyńska B., Wawrzyńczak-Witkowska A., Restytucja w procesie treningowym, II Kongres Naukowy Kultury Fizycznej, 1986, 298-315.
3. Tomaszewska L., Odnowa biologiczna w sporcie, Wychowanie fizyczne i Higiena, 1985, 2, 52-54.
4. Mika T., Czynniki fizyczne w praktyce odnowy biologicznej, Trening, 1989, 1, 47-84.
5. Egoroff A., 1924, Die Veränderung des Blutbildes während der Muskelarbeit bei Gesunden (Die myogene Leukocytose). Zeitschr. Für Klinische Medizin, 100.
6. Cybertowicz K., 1934, Wpływ pracy fizycznej na obraz morfologiczny krwi, Przegląd Fizjologiczny Ruchu, 6, 111.
7. Mrozkowiak Mirosław, Mrozkowiak Magdalena, Co to jest zdrowy styl życia, [W:] Ontogeneza i promocja zdrowia: w aspekcie medycyny, antropologii i wychowania fizycznego. Red. Nauk. Tatarczuk J. Sienkiewicz R., Skorupka E., Zielona Góra, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2011, 117-130.
8. Ulatowski T., Teoria i metodyka sportu, SiT, Warszawa, 1981, s. 67
9. Jeger A., Nazar K., Dziak. A., Medycyna Sportowa, PZWL, wyd. II, Warszawa, 2013, 373.
10. Gieremek K., Dec L., Zmęczenie i regeneracja sił. Odnowa Biologiczna, AWF, Katowice, 2000, 35
11. Piekarski J., Odnowa biologiczna w sporcie – zmęczenie i przetrenowanie, Wychowanie Fizyczne i Zdrowie, 1990, 9-10, 223-226.
12. Zimkin N. W., Właściwości integracji funkcji ruchowych i wegetatywnych przy złożonych i dużych wysiłkach mięśniowych, Kultura Fizyczna, 1963, 10, 661.
13. Wołkow N., Skuteczność różnych rodzajów odpoczynku w warunkach narastającego zmęczenia, Sport Wyczynowy, 1971, 5, 55.
14. Issekutz B., Blizzard J.J., Birkhead N.C., Rodahl K., Effect of prolonged bed Rest on urinary calcium output, J. Appl. Physiol 1966, 21, 1013-192
15. Berg A., Keul J., Serumenzymkinetik während und nach intensiver Langzeitbelastung „Deutsche Zeitschrift für Sport medizin, 1982, 1, 12
16. Schaff H.B., MacSeattaigh E.T.M., Kallmayer J.C., Myoglobinuria rhabdomyolysis and marathon running, Quarterly Journal of Medicine, 1979, 47, 463.

17. Poortmans J.R., Protein turnover and amino acid oxidation during and after exercise, *Medicine Sport Science*, 1984, 17, 130.
18. Varrik E., Oopik V., Viru A., Protein metabolism in muscles after their activity, *Clinical Physiology*, 1985, v. 5, suppl. 4, Abstr. 131.
19. Konopka P., Obergfell W., *Die gesunde Ernährung des Sportlers*, CD-Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1980, 143.
20. Whiting P.H., Maugham R.J., Miller J.O.B., Dehydration and serum biochemical changes in marathon runners, *European Journal of Applied Physiology*, 1984, 52, 183
21. Hermansen L., Grandmontagne M., Moehlum S., Ingres I., Postexercise elevation of resting oxygen uptake: possible mechanisms and physiological significance, *Medicine Sport Science*, 1984, 17, 119
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.