

Lęk związany ze skokami spadochronowymi przyczyną zaburzeń równowagi red-ox

Anxiety associated with parachute jumping as the cause of blood red-ox balance impairment

Mateusz Kowalczyk¹, Katarzyna Kozak¹, Julita Ciećwierz¹,
Monika Sienkiewicz², Marcin Kura¹, Łukasz Jasiak¹,
Edward Kowalczyk¹

¹Zakład Farmakologii i Toksykologii UM w Łodzi

²Zakład Alergologii i Rehabilitacji Oddechowej, II Katedra Otolaryngologii UM w Łodzi

Summary

Aim. The aim of the study was to assess the effect of anxiety associated with parachute jumps on selected redox balance parameters in regular soldiers from airborne forces. The study allows estimating whether the paratroopers exposed to high level of mental stress are simultaneously under severe oxidative stress.

Methods. The investigations were carried out on 46 professional soldiers from airborne forces divided into groups depending on the number of performed parachute jumps. Peripheral venous blood samples were obtained under fasting conditions three times for the determination of selected parameters of red-ox balance: on an ordinary working day, on the day when the jump was performed and on the day after the jump. The time of the performed determinations was to reflect the initial balance of the organism, the state at the moment of stress and its effect on the organism.

Results. Our investigations showed lack of differences in characteristics of the activity of antioxidant enzymes (CAT and SOD) in response to mental stress depending on the experience of the investigated group in parachuting. Decrease in GSH-Px activity was demonstrated in response to mental stress in all the investigated groups. The TBARS level was higher in more experienced parachutists.

Conclusions. The analysis of changes in selected redox balance parameters may be useful for monitoring anxiety associated with parachute jumps.

Słowa kluczowe: lek, stres oksydacyjny, skoki spadochronowe

Key words: anxiety, oxidative stress, parachute jumps

Wstęp

Ostatnie lata są okresem intensywnych badań nad metaboliczną rolą tlenu. Od dawna było wiadomo, że życiodajny tlen może także szkodzić [1]. Doniesienia naukowe przyniosły dokładne wyjaśnienie mechanizmów jego toksyczności polegającej na zaburzeniu równowagi oksydacyjno-redukcyjnej organizmu poprzez wywoływanie tzw. stresu oksydacyjnego [2]. Równowaga oksydacyjno-redukcyjna może ulec zmianie między innymi pod wpływem czynników środowiskowych [3] oraz w przebiegu chorób [4, 5].

Osoby narażone na wysoki poziom stresu częściej chorują na choroby układu sercowo-naczyniowego [6], w których opisywane jest występowanie stresu oksydacyjnego [4, 7]. Rodzi się pytanie, czy wysoki poziom stresu psychicznego może zmieniać równowagę oksydacyjno-redukcyjną, wywołując np. stres oksydacyjny. We wcześniejszych badaniach własnych [8] wykazaliśmy, że u żołnierzy zawodowych wojsk powietrzno-desantowych skok spadochronowy jest istotnym bodźcem lękowym oraz że bodziec ten wpływa na stężenia ACTH i kortyzolu w zależności od doświadczenia badanej grupy w spadochroniarstwie [9]. Gdyby okazało się, że lęk związany ze skokami spadochronowymi jest przyczyną stresu oksydacyjnego, można by polecić zażywanie antyoksydantów przed skokami spadochronowymi w celu zapobieżenia zmian w równowadze oksydacyjno-redukcyjnej. Tego typu postępowanie może dać wymierne prozdrowotne korzyści, gdyż ze stresem oksydacyjnym związana jest m.in. bezpłodność [10, 11] i występowanie wielu chorób, m.in. neurodegeneracyjnych [7, 12] i nowotworowych [13, 14].

Cel

Celem badań była ocena wpływu lęku związanego ze skokami spadochronowymi na wybrane parametry równowagi oksydacyjno-redukcyjnej u zawodowych żołnierzy wojsk powietrzno-desantowych. Badanie pozwoliło ocenić, czy żołnierze – spadochroniarze narażeni, ze względu na specyfikę służby, na wysoki poziom stresu psychicznego znajdują się jednocześnie pod wzmożonym wpływem stresu oksydacyjnego.

Material i metody

Badanie przeprowadzono w grupie 46 żołnierzy zawodowych 16 Batalionu Powietrznodesantowego, pacjentów Ambulatorium z Izbą Chorych – SPZOZ JW. 4495, mężczyzn w wieku od 20 do 45 lat, zdrowych – dopuszczonych do wykonywania skoków spadochronowych w jednostkach desantowo-szturmowych.

Żołnierze zostali podzieleni na 5 grup:

- Grupa nr 1 – żołnierze wykonujący swój pierwszy skok (7 osób);
- Grupa nr 2 – żołnierze w trakcie pierwszego sezonu skoków wykonujący po raz pierwszy normę co najmniej 5 skoków w roku (14 osób);
- Grupa nr 3 – żołnierze zawodowi z tytułem skoczka spadochronowego wykonujący co najmniej 5 skoków spadochronowych rocznie (13 osób);

- Grupa nr 4 – instruktorzy spadochronowi wykonujący co najmniej 20 skoków spadochronowych rocznie (7 osób);
- Grupa nr 5 – członkowie spadochronowej grupy sportowej uprawiający spadochroniarstwo wyczynowo (5 osób).

Grupy odpowiadały wiedzy i doświadczeniu w wykonywaniu skoków, a więc odzwierciedlały odpowiednio poziomy stresu związane ze spadochroniarstwem. Dodatkowo, w celu wyeksponowania różnic w doświadczeniu, dokonano podziału ogółu badanych na dwie grupy, w zależności od liczby oddanych dotychczas skoków spadochronowych:

- Grupa A – skoczkowie spadochronowi mający dotychczas wykonanych do 20 skoków;
- Grupa B – skoczkowie spadochronowi mający dotychczas wykonanych ponad 20 skoków.

Od badanych trzykrotnie w ciągu eksperymentu została pobrana na czczo krew żylna obwodowa w celu wykonania oznaczeń wybranych parametrów równowagi oksydacyjno-redukcyjnej:

- 1) w zwykły dzień roboczy (próba),
- 2) w dniu, w którym był wykonywany skok spadochronowy (skok), pomiaru dokonano przed skokiem,
- 3) w dniu następnym po skoku spadochronowym (24 godz. po skoku).

Terminy wykonywanych oznaczeń miały odzwierciedlać wyjściową równowagę stroju, stan w momencie działania czynnika stresowego i efekty jego działania na ustrój.

Pobranie krwi zostało dokonane w Ambulatorium z Izby Chorych – SPZOZ JW. 4495 sprzętem jednorazowego użytku, w warunkach aseptycznych, przez wykwalifikowany personel z zachowaniem wszelkich zasad bezpieczeństwa i higieny.

W hemolizacji krwinek czerwonych oznaczano następujące parametry równowagi oksydacyjno-redukcyjnej:

- stężenie związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) wg Placera i wsp. [15],
- aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) wg Misry i Fridovicha [16];
- aktywność katalazy (CAT) wg Beersa i Sizera [17],
- aktywność peroksydazy glutationowej (GSH-Px) wg Little'a i O'Briena [18],

Biorąc pod uwagę wpływ wielu chorób na równowagę oksydacyjno-redukcyjną, wyeliminowano z udziału w badaniu skoczków spadochronowych z nieprawidłowościami w badaniach krwi, tj. z nieprawidłowymi wskaźnikami morfotycznymi krwi obwodowej (RBC, WBC, PLT, HG, HCT), nieprawidłowym poziomem białka ostrej fazy (CRP) oraz nieprawidłowymi podstawowymi parametrami biochemicznymi krwi (glukoza, mocznik, kreatynina, AspAT, AlaAT, bilirubina całkowita) oraz żołnierzy przeżywających inny rodzaj stresu niż związany ze skokami – weryfikacji dokonywano w czasie wywiadu.

W celu oszacowania poziomu napięcia emocjonalnego i stresu psychicznego wśród uczestników na każdym etapie badania przeprowadzone zostały ankiety personalne na podstawie Inwentarza Stanu i Cechy Lęku (STAI) [19].

Oznaczenia parametrów równowagi oksydacyjno-redukcyjnej z pobranych próbek krwi wykonano w Laboratorium Katedry Nauk Podstawowych i Przedklinicznych Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Wskaźniki morfotyczne krwi obwodowej, poziom białek ostrej fazy i podstawowe wskaźniki biochemiczne oznaczono w Laboratorium Medycznym firmy Diagnostyka Sp. z o.o. w Krakowie. Inwentarz Stanu i Cechy Lęku (State-Trait Anxiety Inventory – STAI) opracowany przez C.D. Spielbergera, R. L. Gorsucha, R. E. Lushene'a w adaptacji K. Wrześniewskiego i wsp. [19] przeprowadzono we współpracy z psychoprofilaktykiem jednostki wojskowej.

Statystycznego opracowania wyników dokonano w Pracowni BioInformatyki i BioStatystyki – BioInforStats w Krakowie za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA dla systemu Windows. Istotność różnicy rozkładów wyników między grupami analizowano za pomocą testu Kruskala–Wallisa, a istotność różnic między poszczególnymi pomiarami w czasie analizowano przy użyciu testu Friedmana. Istotność różnicy rozkładów wyników w zależności od grupy pod względem ilości skoków grupami analizowano za pomocą testu U Manna–Whitneya, a istotność różnic między poszczególnymi pomiarami w czasie za pomocą testu Friedmana. Za istotne uznano prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p \leq 0,05$ a za wysoce istotne $p \leq 0,01$.

Projekt przedstawionego badania został zaakceptowany przez Komisję Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi (Uchwała nr RNN/430/07/KB z dn. 24.07.2007 r.) oraz Komisję Bioetyczną przy Wojskowej Izbie Lekarskiej (Uchwała nr 61/08 z dn. 14.03.2008 r.).

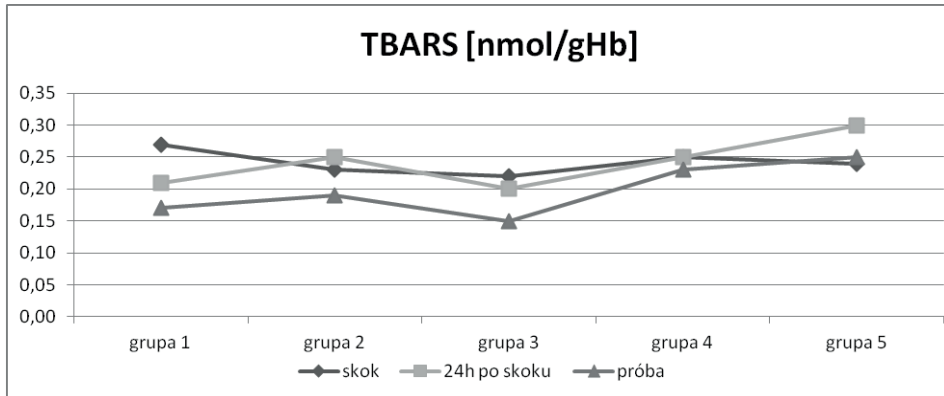
Wyniki

Wyniki – STAI

Wyniki badania inwentarzem STAI – arkusz X-1 (lęk-stan) i arkusz X-2 (lęk – cecha) zostały przez nas opublikowane w 2012 roku w Polskim Merkuriuszu Lekarskim [8]. Zaobserwowano, że istnieje związek pomiędzy doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych i ilością oddanych skoków a poziomem wyników STAI arkusz X-1 w poszczególnych pomiarach. W pomiarze wykonanym w dniu skoku stwierdzono zmiany poziomu wyników STAI arkusz X-1 w zależności od grupy – od najwyższych wartości u najmniej doświadczonych skoczków do najniższych w grupach z największym doświadczeniem. Jednocześnie w grupach z mniejszym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych najwyższy poziom wyników STAI arkusz X-1 obserwowano w pomiarach wykonywanych w dniu skoku, niższy w pomiarach 24 godz. po skoku, a najniższy w zwykły dzień roboczy (próba). Z kolei analizując dane STAI arkusz X-2 nie stwierdzono związku pomiędzy doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych i ilością oddanych skoków a poziomem wyników STAI arkusz X-2 w poszczególnych pomiarach. We wszystkich grupach najwyższy poziom wyników STAI arkusz X-2 obserwowano w pomiarach wykonywanych w dniu skoku.

Wyniki pomiaru biomarkerów równowagi oksydacyjno-redukcyjnej

Wykres 1 przedstawia poziom TBARS w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru (wyk. 1).

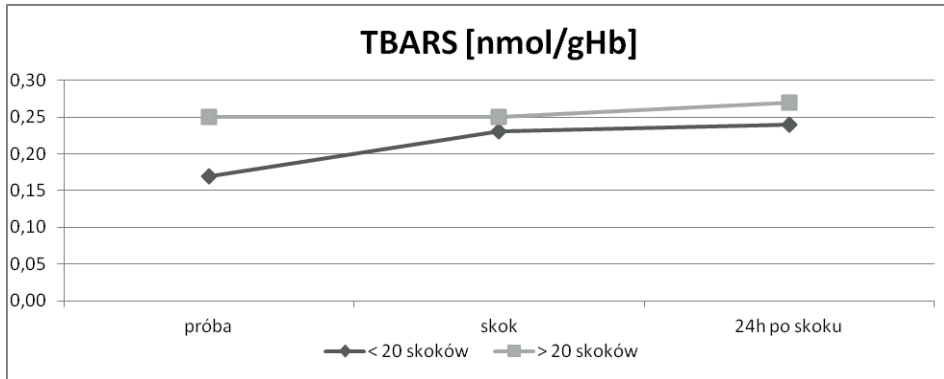


Wykres 1. Poziom TBARS w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany poziomu TBARS w zależności od grupy w pomiarze wykonanym 24 godz. po skoku (najniższe wartości dla grupy skoczków spadochronowych i grupy wykonującej pierwszy skok, a najwyższe dla sekcji spadochronowo-sportowej; $p = 0,0034$),
- zmiany poziomu TBARS w zależności od grupy w pomiarze próbnym (najniższe wartości dla grupy skoczków spadochronowych i grupy wykonującej pierwszy skok, a najwyższe dla grupy instruktorów spadochronowych i sekcji spadochronowo-sportowej; $p = 0,0104$),
- zmiany poziomu TBARS w grupie wykonującej pierwszy skok (najniższe wartości podczas próby, wyższe 24 godz. po skoku oraz najwyższe w dniu skoku; $p = 0,0388$),
- zmiany poziomu TBARS w grupie w pierwszym sezonie skoków (najniższe wartości podczas próby i najwyższe 24 godz. po skoku oraz w dniu skoku; $p = 0,0445$),
- zmiany poziomu TBARS w grupie skoczków spadochronowych (najniższe wartości podczas próby i najwyższe 24 godz. po skoku oraz w dniu skoku; $p = 0,0021$),
- zmiany poziomu TBARS w sekcji spadochronowo-sportowej (najniższe wartości podczas próby i w dniu skoku oraz najwyższe 24 godz. po skoku; $p = 0,0150$).

Wykres 2 przedstawia poziom TBARS w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach w zależności od ilości skoków.



Wykres 2. Poziom TBARS w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach w zależności od ilości skoków

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany poziomu TBARS w zależności od ilości oddanych skoków w pomiarze 24 godz. po skoku (niższe wartości dla grupy < 20 skoków, a wyższe dla grupy > 20 skoków; $p = 0,0051$),
- zmiany poziomu TBARS w zależności od ilości oddanych skoków podczas próby (niższe wartości dla grupy < 20 skoków, a wyższe dla grupy > 20 skoków; $p = 0,0033$),
- zmiany poziomu TBARS w grupie > 20 skoków (najniższe wartości w dniu skoku oraz podczas próby, natomiast najwyższe 24 godz. po skoku; $p = 0,0389$),
- zmiany poziomu TBARS w grupie < 20 skoków (najniższe wartości podczas próby, najwyższe 24 godz. po skoku i w dniu skoku; $p < 0,0001$).

Wnioski istotne statystycznie

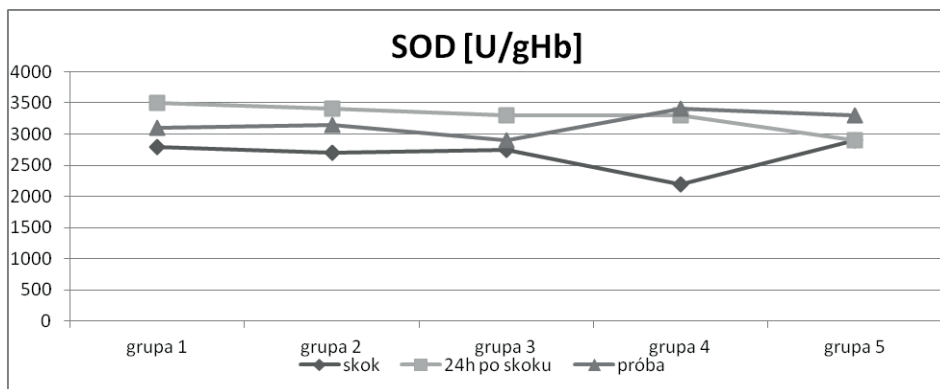
Stwierdzono związek pomiędzy doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych i ilością oddanych skoków a poziomem TBARS w poszczególnych pomiarach.

Zaobserwowano wyższy poziom TBARS w grupach z większym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych w stosunku do grup z mniejszym doświadczeniem w pomiarach wykonywanych 24 godz. po skoku i podczas próby.

W grupach z mniejszym doświadczeniem w wykonywaniu skoków stwierdzono wzrost poziomu TBARS w stosunku do próby w pomiarze w dniu skoku i 24 godz. po skoku.

Jednocześnie w grupach z większym doświadczeniem w wykonywaniu skoków najwyższe poziomy TBARS stwierdzono w pomiarze wykonywanym 24 godz. po skoku w stosunku do pomiarów w dniu skoku i podczas próby.

Wykres 3 ukazuje aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru.

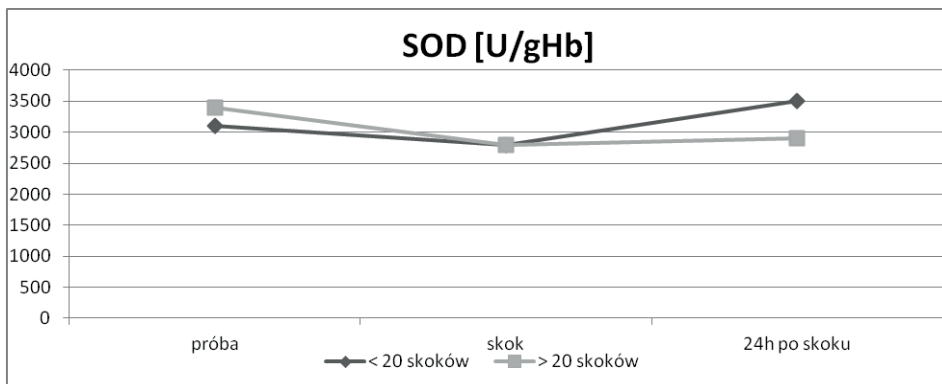


Wykres 3. Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany poziomu aktywności SOD w zależności od grupy w pomiarze wykonanym 24 godz. po skoku (najniższe wartości dla grupy instruktorów spadochronowych i sekcji spadochronowo-sportowej, a najwyższe dla grupy w pierwszym sezonie skoków i wykonującej pierwszy skok; $p = 0,0324$),
- zmiany poziomu aktywności SOD w zależności od grupy w pomiarze próbnym (najniższe wartości dla grupy skoczków spadochronowych, a najwyższe dla grupy instruktorów spadochronowych i sekcji spadochronowo-sportowej; $p = 0,0221$),
- zmiany poziomu aktywności SOD w grupie skoczków spadochronowych (najniższe wartości podczas skoku oraz próby i najwyższe 24 godz. po skoku; $p = 0,0347$),
- zmiany poziomu aktywności SOD w grupie instruktorów spadochronowych (najniższe wartości podczas skoku i najwyższe 24 godz. po skoku oraz podczas próby; $p = 0,0111$),
- zmiany poziomu aktywności SOD w sekcji spadochronowo-sportowej (najniższe wartości podczas skoku oraz 24 godz. po nim i najwyższe podczas próby; $p = 0,0150$).

Wykres 4 przedstawia aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach w zależności od ilości skoków.



Wykres 4. Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach w zależności od ilości skoków

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany aktywności SOD w zależności od ilości oddanych skoków w pomiarze 24 godz. po skoku (niższe wartości dla grupy > 20 skoków, a wyższe dla grupy < 20 skoków; $p = 0,0267$),
- zmiany aktywności SOD w zależności od ilości oddanych skoków podczas próby (niższe wartości dla grupy < 20 skoków, a wyższe dla grupy > 20 skoków; $p = 0,0090$),
- zmiany aktywności SOD w grupie > 20 skoków (najniższe wartości w dniu skoku, wyższe 24 godz. po skoku, natomiast najwyższe podczas próby; $p = 0,0005$),
- zmiany aktywności SOD w grupie < 20 skoków (najniższe wartości w dniu skoku, wyższe podczas próby, natomiast najwyższe 24 godz. po skoku; $p < 0,0001$).

Wnioski statystyczne

Stwierdzono związek pomiędzy doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych i ilością oddanych skoków a aktywnością SOD w poszczególnych pomiarach.

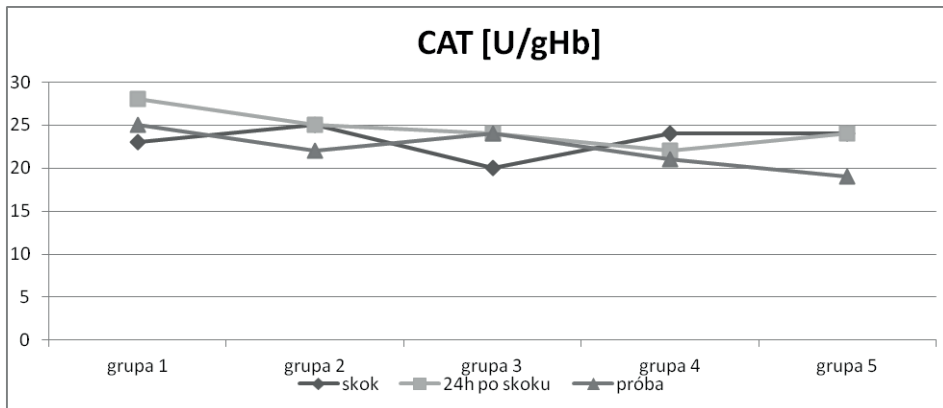
Zaobserwowano wyższe poziomy aktywności SOD w grupach z mniejszym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych w stosunku do grup z większym doświadczeniem w pomiarach wykonywanych 24 godz. po skoku.

Zaobserwowano wyższe poziomy aktywności SOD w grupach z większym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych w stosunku do grup z mniejszym doświadczeniem w pomiarach wykonywanych w dniu wolnym od skoków.

We wszystkich badanych grupach najniższe wartości badanego parametru obserwowano w dniu skoku. Natomiast najwyższe wartości aktywności dysmutazy

ponadtlenkowej w grupach z mniejszym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych obserwowano w próbach wykonywanych 24 godz. po skoku, a w grupach z większym doświadczeniem podczas próby.

Wykres 5 przedstawia aktywność katalazy (CAT) w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru.

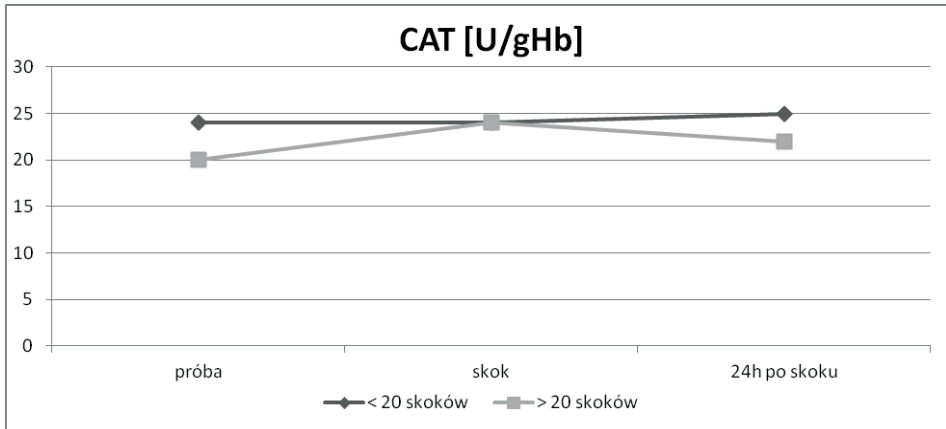


Wykres 5. Aktywność katalazy (CAT) w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany aktywności CAT w zależności od grupy w pomiarze wykonanym w dniu skoku (najniższe wartości dla grupy skoczków spadochronowych, a najwyższe dla grupy w pierwszym sezonie skoków; $p = 0,0005$),
- zmiany aktywności CAT w zależności od grupy w pomiarze wykonanym 24 godz. po skoku (najniższe wartości dla grupy instruktorów spadochronowych, a najwyższe dla grupy wykonującej pierwszy skok; $p = 0,0124$),
- zmiany aktywności CAT w zależności od grupy w pomiarze wykonanym podczas próby (najniższe wartości dla sekcji spadochronowo-sportowej, a najwyższe dla grupy wykonującej pierwszy skok; $p = 0,0078$),
- zmiany aktywności CAT w grupie skoczków spadochronowych (najniższe wartości w dniu skoku i najwyższe podczas próby i 24 godz. po skoku; $p = 0,0211$),
- zmiany poziomu aktywności CAT w grupie instruktorów spadochronowych (najniższe wartości podczas próby, wyższe 24 godz. po skoku i najwyższe w dniu skoku; $p = 0,0062$),
- zmiany aktywności CAT w sekcji spadochronowo-sportowej (najniższe wartości podczas próby i najwyższe w dniu skoku i 24 godz. po nim; $p = 0,0067$).

Wykres 6 przedstawia aktywność katalazy (CAT) w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach i w zależności od ilości skoków.



Wykres 6. Aktywność katalazy (CAT) w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach i w zależności od ilości skoków

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany aktywności CAT w zależności od ilości oddanych skoków w pomiarze 24 godz. po skoku (niższe wartości dla grupy > 20 skoków, a wyższe dla grupy < 20 skoków; $p = 0,0083$),
- zmiany aktywności CAT w zależności od ilości oddanych skoków podczas próby (niższe wartości dla grupy > 20 skoków, a wyższe dla grupy < 20 skoków; $p = 0,0015$),
- zmiany aktywności CAT w grupie > 20 skoków (najniższe wartości podczas próby, wyższe 24 godz. po skoku, natomiast najwyższe w dniu skoku, $p = 0,0003$).

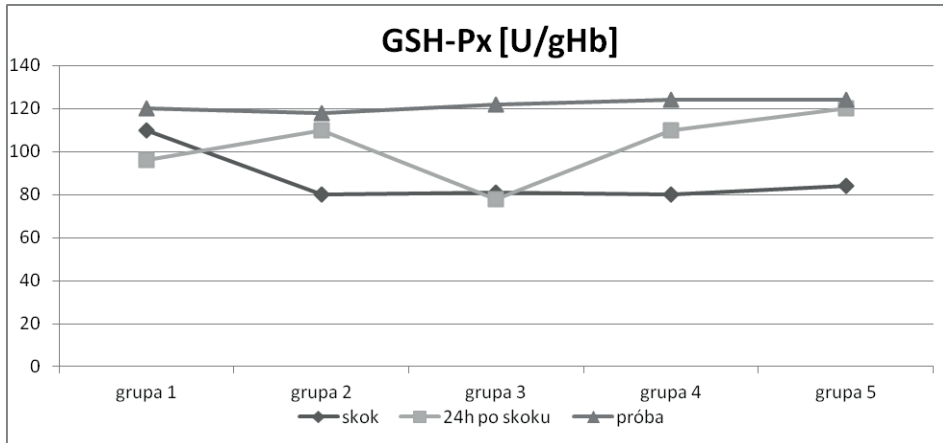
Wnioski statystyczne

Stwierdzono związek pomiędzy ilością oddanych skoków a aktywnością CAT w poszczególnych pomiarach.

Zaobserwowano wyższy poziom aktywności CAT w grupach z mniejszym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych w stosunku do grup z większym doświadczeniem w pomiarach wykonywanych 24 godz. po skoku i podczas próby.

Jednocześnie w grupach z większym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych stwierdzono wzrost aktywności CAT w stosunku do próby w pomiarach w dniu skoku i 24 godz. po nim.

Wykres 7 ukazuje aktywność peroksydazy glutationowej (GSH-Px) w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru.



Wykres 7. Aktywność peroksydazy glutationowej (GSH-Px) w hemolizacie krwinek czerwonych w zależności od grupy oraz terminu wykonania pomiaru

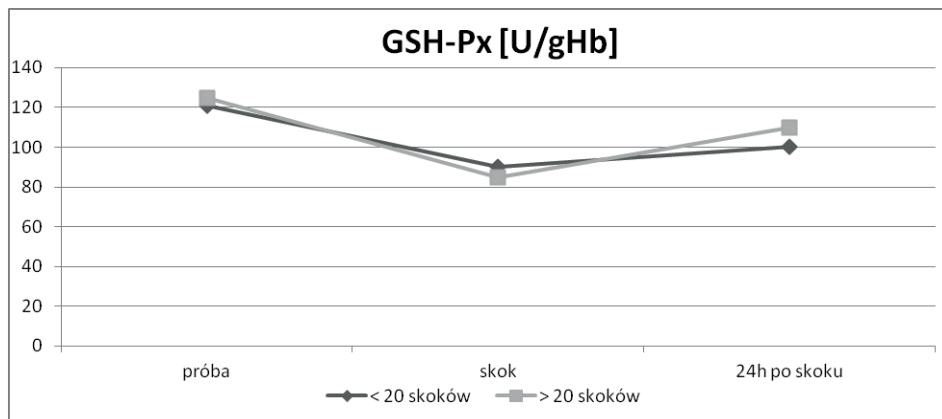
Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany aktywności GSH-Px w grupie w pierwszym sezonie skoków (najniższe wartości podczas skoku, najwyższe w pomiarze 24 godz. po nim i podczas próby; $p = 0,0302$),
- zmiany aktywności GSH-Px w grupie skoczków spadochronowych (najniższe wartości podczas pomiaru 24 godz. po skoku i w dniu skoku, natomiast najwyższe podczas próby; $p = 0,0562$);
- zmiany aktywności GSH-Px w grupie instruktorów spadochronowych (najniższe wartości podczas skoku, wyższe 24 godz. po nim oraz najwyższe podczas próby; $p = 0,0155$).

Wykres 8 przedstawia aktywność peroksydazy glutationowej (GSH-Px) w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach i w zależności od ilości skoków.

Stwierdzono istotne statystycznie:

- zmiany aktywności GSH-Px w grupie > 20 skoków (najniższe wartości w dniu skoku, wyższe 24 godz. po skoku, natomiast najwyższe podczas próby; $p = 0,0023$),
- zmiany aktywności GSH-Px w grupie < 20 skoków (najniższe wartości w dniu skoku, wyższe 24 godz. po nim, natomiast najwyższe podczas próby; $p = 0,0021$).



Wykres 8. Aktywność peroksydazy glutationowej (GSH-Px) w hemolizacie krwinek czerwonych w poszczególnych pomiarach i w zależności od ilości skoków

Wnioski statystyczne

Nie stwierdzono związku pomiędzy doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych i ilością oddanych skoków a aktywnością GSH-Px w poszczególnych pomiarach.

We wszystkich badanych grupach najniższe wartości badanego parametru obserwowano w dniu skoku, natomiast najwyższe podczas próby.

Dyskusja

Wielu badaczy oceniających równowagę oksydacyjno-redukcyjną organizmu poddaje analizie tzw. biomarkery stresu oksydacyjnego, między innymi zawartość produktów peroksydacji lipidów, zawartość grup karbonylowych białek bądź grup tiolowych białek oraz aktywności enzymów antyoksydacyjnych [20, 21]. Nie ma prac dotyczących wpływu stresu psychicznego na biomarkery stresu oksydacyjnego u zdrowych ludzi. Najczęściej stres wywoływany był u zwierząt, np. myszy. Romana-Souza i wsp. [22] odnotowali zwiększoną peroksydację lipidów oraz wzrost zawartości grup karbonylowych białek u myszy poddanych 28-dniowemu stresowi psychicznemu.

Doświadczenia z wykorzystaniem zwierząt przeprowadzone przez innych badaczy wskazują na powiązanie poziomu zachowań lękowych z wewnątrzkomórkowym stężeniem reaktywnych form tlenu w komórkach krwi obwodowej [2, 23]. U ludzi obserwowano zależność pomiędzy poziomem lęku a ilością reaktywnych form tlenu w monocytach pacjentów chorujących na nadciśnienie tętnicze [24]. Wykazano wzrost parametrów stresu oksydacyjnego w chorobach psychicznych związanych z zaburzeniami lękowymi [25, 26]. Doniesienia te wskazują na związek pomiędzy stresem psychicznym i zaburzeniami lękowymi oraz sugerują obecność zależności

pomiędzy poziomem reakcji stresowej a parametrami gospodarki oksydacyjno-redukcyjnej.

We wcześniejszych badaniach własnych stwierdziliśmy, że skok spadochronowy jest istotnym bodźcem stresowym przede wszystkim dla żołnierzy mniej doświadczonych w wykonywaniu skoków. Poziom lęku (stresu) w tych grupach w dniu wykonywania skoku spadochronowego był wyższy zarówno w stosunku do ich wyników wyjściowych, jak i w stosunku do wyników grup żołnierzy bardziej zaawansowanych w wykonywaniu skoków [8]. Biorąc pod uwagę wpływ wielu czynników na równowagę oksydacyjno-redukcyjną, u badanych przez nas żołnierzy wykonano także szereg oznaczeń podstawowych wskaźników morfotycznych krwi obwodowej, parametrów biochemicznych i poziomów białka ostrej fazy w celu wykluczenia podstawowych chorób, a przede wszystkim stanu zapalnego, które mogłyby być związane ze stresem oksydacyjnym. Z dalszych badań wykluczono osoby z nieprawidłowymi wyżej wymienionymi wynikami. U wszystkich zakwalifikowanych do badań żołnierzy nie odnotowano odstępstw od tzw. normy laboratoryjnej, stąd u wszystkich przeprowadzono badanie, którym była ocena wybranych parametrów równowagi oksydacyjno-redukcyjnej.

W badaniach oceny peroksydacji lipidów najczęściej stosowana jest metoda oparta na reakcji aldehydu malonowego (MDA) z kwasem tiobarbiturowym [27]. Jej podstawą jest powstanie barwnego adduktu w reakcji pomiędzy kwasem tiobarbiturowym i niektórymi produktami peroksydacji lipidów, w kwaśnym środowisku, w podwyższonej temperaturze. Reakcja ta, jakkolwiek czuła, jest jednak niespecyficzna. Oprócz aldehydu malonowego szereg innych związków reaguje z kwasem tiobarbiturowym, np. bilirubina, kwas sjałowy, produkty degradacji cukrów. W naszych badaniach interesująca była nie wartość bezwzględna wyniku TBARS, a ewentualna dynamika zmian tej wartości pod wpływem lęku związanego ze skokami spadochronowymi. Analiza wyników stężeń TBARS wskazuje na związek pomiędzy doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych oraz ilością oddanych skoków a poziomem TBARS w poszczególnych pomiarach. W grupach z mniejszym doświadczeniem w spadochroniarstwie stwierdzono stosunkowo niski poziom TBARS w badaniach kontrolnych w porównaniu z grupami bardziej zaawansowanymi. Oznaczając z kolei stężenie TBARS 24 godz. po skoku, w obu grupach odnotowano jego wzrost.

W naszych badaniach wykazaliśmy również, że doświadczenie w wykonywaniu skoków spadochronowych i liczba oddanych skoków wpływają nie tylko na stężenie TBARS, ale również na aktywność enzymów antyoksydacyjnych CAT i SOD. Zaobserwowano wyższe poziomy aktywności CAT i SOD w grupach z mniejszym doświadczeniem w wykonywaniu skoków spadochronowych w stosunku do grup z większym doświadczeniem w pomiarach wykonywanych 24 godz. po skoku i podczas próby. Różne profile zmian równowagi oksydacyjno-redukcyjnej u skoczków spadochronowych mogą być związane z występującymi u nich zmianami hormonalnymi. Wśród doświadczonych skoczków spadochronowych obserwowaliśmy niskie stężenia wyjściowe hormonów ACTH i kortyzolu na stres oraz ich znaczny wzrost w odpowiedzi. W grupach z mniejszym doświadczeniem w spadochroniarstwie

obserwowaliśmy niewielki spadek stężenia ACTH w oznaczeniach wykonywanych 24 godz. po oddanym skoku i niewielkie wahania stężenia kortyzolu. Być może duża reaktywność osi PPN wśród doświadczonych skoczków spadochronowych jest mechanizmem rozwiniętym w odpowiedzi na przewlekłe powtarzane bodźce stresowe [9].

Zależności te mogą być jednak bardziej złożone i być może dalsze badania przybliżą nam wyjaśnienie obserwowanych przez nas zmian.

Wnioski

W przeprowadzonym badaniu, mającym na celu ocenę wpływu lęku związanego ze skokami spadochronowymi na wybrane parametry równowagi oksydacyjno-redukcyjnej u żołnierzy zawodowych:

- wykazano różną charakterystykę aktywności enzymów antyoksydacyjnych (CAT i SOD) w odpowiedzi na stres psychiczny w zależności od doświadczenia badanej grupy w spadochroniarstwie,
- wykazano obniżenie aktywności GSH-Px w odpowiedzi na stres psychiczny we wszystkich badanych grupach,
- stwierdzono wpływ bodźca stresowego, jakim jest skok spadochronowy, na stężenie TBARS we wszystkich badanych grupach, jednak poziom ten był wyższy u bardziej doświadczonych skoczków spadochronowych.

Piśmiennictwo

1. Bartosz G. *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*. Wyd. 2. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2004.
2. Rammal H, Bouayed J, Younos C, Soulimani R. *Evidence that oxidative stress is linked to anxiety-related behaviour in mice*. Brain Behav. Immun. 2008; 22(8): 1156–1159.
3. Zhu YW, Lu L, Li WX, Zhang LY, Ji C, Lin X. i wsp. *Effect of dietary manganese on antioxidant status and expression levels of heat-shock proteins and factors in tissues of laying broiler breeders under normal and high environmental temperatures*. Br. J. Nutr. 2015; 114(12): 1965–1974.
4. Matthews AT, Ross MK. *Oxyradical stress, endocannabinoids, and atherosclerosis*. Toxics 2015; 3(4): 481–498.
5. Lavender N, Hein DW, Brock G, Kidd CR. *Evaluation of oxidative stress response related genetic variants, pro-oxidants, antioxidants and prostate cancer*. AIMS Med. Sci. 2015; 2(4): 271–294.
6. Wei J, Rooks C, Ramadan R, Shah AJ, Bremner JD, Quyyumi AA. i wsp. *Meta-analysis of mental stress-induced myocardial ischemia and subsequent cardiac events in patients with coronary artery disease*. Am. J. Cardiol. 2014; 114(2): 187–192.
7. Quijano C, Trujillo M, Castro L, Trostchansky A. *Interplay between oxidant species and energy metabolism*. Redox Biol. 2015; 30(8): 28–42.
8. Kowalczyk E, Kura M, Cieciewicz J. *Lęk związany ze skokami spadochronowymi*. Pol. Merkur. Lekarski 2012; 33(194): 97–100.

9. Kowalczyk E, Kura M. *Wpływ stresu związanego ze skokami spadochronowymi na stężenie ACTH i kortyzolu w surowicy krwi*. Psychiatr. Pol. 2012; 46(5): 731–742.
10. Riaz M, Mahmood Z, Shahid M, Saeed MU, Tahir IM, Shah SA. i wsp. *Impact of reactive oxygen species on antioxidant capacity of male reproductive system*. Int. J. Immunopathol. Pharmacol. 2016; 29(3): 421–425.
11. O’Flaherty C. *Redox regulation of mammalian sperm capacitation*. Asian J. Androl. 2015; 17(4): 583–590.
12. Kim GH, Kim JE, Rhie SJ, Yoon S. *The role of oxidative stress in neurodegenerative diseases*. Exp. Neurobiol. 2015; 24(4): 325–340.
13. Freitas Be, de Castro LL, Aguiar JR, de Araújo CG, Visacri MB, Tuan BT. i wsp. *Antioxidant capacity total in non-melanoma skin cancer and its relationship with food consumption of antioxidant nutrients*. Nutr. Hosp. 2015; 31(4): 1682–1688.
14. Liu B, Tan X, Liang J, Wu S, Liu J, Zhang Q. i wsp. *A reduction in reactive oxygen species contributes to dihydromyricetin-induced apoptosis in human hepatocellular carcinoma cells*. Sci. Rep. 2014; 13: 7041.
15. Placer ZA, Cushman LL, Johnson BC. *Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems*. Anal. Biochem. 1966; 16(2): 359–364.
16. Misra HP, Fridovich J. *The role of the superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay superoxide dismutase*. J. Biol. Chem. 1972; 247(10): 3170–3175.
17. Beers FR Jr, Sizer IW. *A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase*. J. Biol. Chem. 1952; 195(1): 133–140.
18. Little C, O’Brien P. *An intracellular GSH peroxidase with a lipid peroxide substrate*. Biochem. Biophys. Res. Commun. 1968; 31(2): 145–150.
19. Wrześniewski K, Sosnowski T, Jaworowska A, Fecenec D. *Inwentarz Stanu i Cechy Lęku, polska adaptacja STAI*. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych PTP; 2006.
20. Medeiros MS, Schumacher-Schuh A, Cardoso AM, Bochi GV, Baldissarelli J, Kegler A. i wsp. *Iron and oxidative stress in Parkinson’s disease: an observational study of injury biomarkers*. PLoS One 2016; 11(1): e0146129.
21. Resim S, Kurutas EB, Gul AB, Eren M, Benlioglu C, Efe E. i wsp. *The levels of oxidative stress biomarkers in rats as a response to different techniques of testicular biopsy*. Indian J. Surg. 2015; 77(2): 310–313.
22. Romana-Souza B, Santos Lima-Cezar G, Monte-Alto-Costa A. *Psychological stress-induced catecholamines accelerates cutaneous aging in mice*. Mech. Ageing Dev. 2015; 152: 63–73.
23. Rammal H, Bouayed J, Younos C, Soulimani R. *The impact of high anxiety levels on the oxidative status of mouse peripheral blood lymphocytes, granulocytes and monocytes*. Eur. J. Pharmacol. 2008; 589(1–3): 173–175.
24. Yasunari K, Matsui T, Maeda K, Nakamura M, Watanabe T, Kiriike N. *Anxiety – induced plasma norepinephrine augmentation increases reactive oxygen species formation by monocytes in essential hypertension*. Am. J. Hypertens. 2006; 19: 573–578.
25. Ozdemir E, Cetinkaya S, Ersan S, Kucukosman S, Ersan EE. *Serum selenium and plasma malondialdehyde levels and antioxidant enzyme activities in patients with obsessive-compulsive disorder*. Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatr. 2009; 33(1): 62–65.
26. Pasupathi P, Deepa M, Rani P, Sankar RR. *Circulating lipid peroxidation, plasma and erythrocyte antioxidant status in patients with rheumatoid arthritis*. Bangladesh Med. Res. Counc. Bull. 2009; 35(2): 57–62.

-
27. Siddique YH, Ara G, Afzal M. *Estimation of lipid peroxidation induced by hydrogen peroxide in cultured human lymphocytes*. Dose Response 2012; 10(1): 1–10.

Adres: Monika Sienkiewicz
Zakład Alergologii i Rehabilitacji Oddechowej
II Katedra Otolaryngologii UM w Łodzi
90-647 Łódź, pl. Hallera 1

Otrzymano: 8.11.2015
Zrecenzowano: 29.12.2015
Otrzymano po poprawie: 29.03.2016
Przyjęto do druku: 31.03.2016