

mgr Adam Prokopczyk

Rozprawa doktorska

**WPŁYW PROCESÓW TRENINGOWYCH
UKIERUNKOWANEGO I SPECJALNEGO
NA PRZYGOTOWANIE DO LOTÓW
PODCHORAŻYCH PILOTÓW
SAMOLOTÓW SZKOLNO-TRENINGOWYCH**



Promotor:
prof. LAW dr hab. Zbigniew Wochoński





Akademia Wychowania Fizycznego
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

mgr Adam Prokopczyk

**Wpływ procesów treningowych ukierunkowanego i specjalnego
na przygotowanie do lotów
podchorążych pilotów samolotów szkolno-treningowych**

Rozprawa doktorska

Promotor:
prof. LAW dr hab. Zbigniew Wochoński

Poznań 2023

*Pragnę serdecznie podziękować moim Rodzicom
za wzbudzenie we mnie chęci do zgłębiania wiedzy
oraz cenne wskazówki i pomoc w życiu codziennym
od najmłodszych lat, bez której osiągnięcie
tego etapu doskonalenia się byłoby niemożliwe*

SPIS TREŚCI

DANE O KANDYDACIE	4
WYKAZ SKRÓTÓW	5
STRESZCZENIE	6
ABSTRACT.....	8
1. WSTĘP	10
1.1. Uzasadnienie celu badań	11
2. CELE I HIPOTEZY	13
3. CYKL PUBLIKACJI	14
4. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE	15
4.1. Uczestnicy badań	15
4.2. Opis realizowanych procesów treningowych	15
4.2.1. Program szkolenia ukierunkowanego pilota – grupa badana (publikacja 1)	15
4.2.2. Program szkolenia grupy kontrolnej	16
4.2.3. Program szkolenia specjalnego pilota (publikacja 2)	16
4.3. Protokół badań	16
4.4. Analiza statystyczna	17
4.5. Zagadnienia bioetyczne.....	18
5. WYNIKI.....	19
6. DYSKUSJA	20
7. WNIOSKI.....	25
7.1. Praktyczne zastosowanie wyników badań własnych	25
8. PIŚMIENNICTWO	27
PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-ZAWODOWEJ – INFORMACJE DODATKOWE	31
ZAŁĄCZNIK 1. OŚWIADCZENIA	35
ZAŁĄCZNIK 2. PUBLIKACJE	37

DANE O KANDYDACIE

Data uzyskania tytułu magistra: 12.06.2017 r.

Nazwa jednostki organizacyjnej, w której nadany został tytuł: Wydział Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu.

Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora.

Aktualne miejsce pracy: Zakład Sportów i Edukacji Obronnej, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu.

Zajmowane stanowiska:

- od 1.10.2018 r. do 31.03.2022 r. – instruktor,
- od 1.04.2022 r. – asystent.

WYKAZ SKRÓTÓW

ASET (ang. *aviation synthetic efficiency test*) – lotniczy syntetyczny test sprawnościowy

BH (ang. *body height*) – wysokość ciała

BM (ang. *body mass*) – masa ciała

ECW (ang. *extracellular water*) – zawartość wody zewnątrzkomórkowej

FFM (ang. *fat free mass*) – tkanka beztłuszczowa

FM (ang. *fat mass*) – tkanka tłuszczowa

HR (ang. *heart rate*) – częstość skurczów serca

ICW (ang. *intracellular water*) – zawartość wody wewnątrzkomórkowej

LAW – Lotnicza Akademia Wojskowa

LGPS – lotnicze gimnastyczne przyrządy specjalne

LSTS – lotniczy syntetyczny test sprawnościowy

MM (ang. *muscle mass*) – masa mięśniowa

SAGI (ang. *special aviation gymnastics instruments*) – lotnicze gimnastyczne przyrządy specjalne

TBW (ang. *total body water*) – całkowita zawartość wody w organizmie

STRESZCZENIE

Cel dysertacji. Celem dysertacji doktorskiej było zbadanie zmian fizjologicznych i sprawnościowych po procesach treningowych ukierunkowanym i specjalnym podchorążych pilotów. W badaniach analizujących proces treningowy ukierunkowany dokonano analizy zmian poziomu sprawności fizycznej i składu ciała u podchorążych pilotów w stosunku do grupy kontrolnej. Celem badań procesu treningowego specjalnego była ocena wpływu szkolenia na lotniczych gimnastycznych przyrządach specjalnych (LGPS) na poprawę sprawności psychomotorycznej wyrażonej wzrostem liczby kołowrotów wykonywanych w przód na loopingu zaczopowanym.

Materiał i metody badawcze. W zakresie szkolenia ukierunkowanego badaniami objęto 29 podchorążych pilotów Lotniczej Akademii Wojskowej (LAW) w Dęblinie. Grupa A (grupa badana) byli to mężczyźni ($n = 17$), piloci drugiego roku studiujący na Wydziale Lotnictwa LAW specjalizację pilot samolotu, którzy zrealizowali 35 godzin szkolenia w okresie 60 dni. Jego efekty oceniano na podstawie lotniczego syntetycznego testu sprawnościowego (LSTS). Średnia wieku w grupie badanej (A) wynosiła $19,94 \pm 1,30$ roku. Grupa B (grupa kontrolna) byli to mężczyźni ($n = 12$), studenci drugiego roku kierunku nawigacja, realizujący proces standardowego wychowania fizycznego w okresie 60 dni. Średnia wieku grupy kontrolnej wynosiła $19,83 \pm 1,27$ roku. Wszyscy badani zostali poddani badaniom sprawnościowym oraz analizie składu ciała przed okresem szkolenia ukierunkowanego – badanie I, oraz po zakończeniu procesu treningowego – badanie II. Do oceny sprawności fizycznej ogólnej wykorzystano analityczny test sprawnościowy, w którego skład wchodziły biegi na dystansach 40 m, 100 m i 1000 m oraz podciąganie na drążku. Do pomiaru poziomu sprawności ukierunkowanej wykorzystano LSTS. Zmierzono masę tłuszczową (FM), masę beztłuszczową (FFM), masę mięśniową (MM), wodę całkowitą (TBW), wodę zewnątrzkomórkową (ECW) i wodę wewnątrzkomórkową (ICW) metodą bioimpedancji.

Badaniami obejmującymi proces treningowy specjalny objętych zostało 20 podchorążych pilotów, mężczyzn, studentów drugiego roku Wydziału Lotnictwa LAW w Dęblinie, studiujących specjalizację pilot samolotu. Średnia wieku badanych wynosiła $20,80 \pm 1,30$ roku. Badani w okresie 80 dni zrealizowali 40 godzin szkolenia pilotów na LGPS. Zostali oni poddani badaniom wysiłkowym (kołowroty w przód na loopingu) przed okresem treningu specjalnego i po nim. Badania wysiłkowe wykonano z wykorzystaniem urządzenia diagnostyczno-treningowego służącego do oceny sprawności psychomotorycznej. Podczas obu badań (przed i po ich wykonaniu) mierzono częstość skurczów serca (HR) i ciśnienie tętnicze krwi.

Wyniki. Po procesie treningowym ukierunkowanym w grupie A w badaniu II (po okresie szkolenia ukierunkowanego) sprawność fizyczna była na dobrym poziomie, natomiast w grupie B – poniżej normy oczekiwanej dla pilotów. Stwierdzono statystycznie istotny spadek FM i wzrost FFM, MM, TBW w grupie A w porównaniu z grupą B. W badaniu II grupa A nie wykazała istotnej korelacji między LSTS a FM, FFM, MM i TBW, podczas gdy grupa B wykazała korelacje istotne statystycznie.

W badaniach procesu treningowego specjalnego stwierdzono statystycznie istotny wzrost procentu wykonania wszystkich zadań ($p < 0,01$) oraz nieistotne statystycznie

zwiększenie liczby kołowrotów w przód na loopingu w badaniu II w stosunku do badania I. Wykazano również istotną poprawę w zakresie prawidłowego wykonania działań arytmetycznych ($p < 0,05$) w badaniu II w stosunku do badania I. W pozostałych zadaniach odnotowano wzrost wyników w badaniu II, ale nie był on istotny statystycznie. Stwierdzono istotną korelację między procentem wykonania wszystkich zadań a liczbą wykonanych kołowrotów w przód na loopingu w badaniu I ($p < 0,05$) i nieistotną w badaniu II.

W badaniu II odnotowano nieistotny statystycznie wyższy poziom HR i ciśnienia tętniczego krwi przed wysiłkiem i po nim w porównaniu z badaniem I.

Wnioski. Wykazano wzrost ukierunkowanej sprawności fizycznej w grupach A i B mierzonej za pomocą LSTS. Zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej proces treningowy zmniejszył FM oraz zwiększył FFM, MM i TBW, ale większy efekt tych zmian zaobserwowano w grupie badanej. Wykazano, że specjalny proces treningowy na LGPS zwiększył poziom psychomotoryczności poprzez zwiększenie procentowej zdolności do wykonania wszystkich zadań oraz liczby kołowrotów w przód na loopingu w badaniu II w stosunku do badania I.

ABSTRACT

Purpose. The purpose of the dissertation was to study physiological changes and physical fitness after a directed and special training process of cadet-pilots. In the research on the directed training process, changes in physical fitness levels and body composition in cadet pilots were analyzed in relation to the control group. The purpose of the study of the special training process was to evaluate the impact of the training process with the use of special aviation gymnastic instruments (SAGI) on the improvement of psychomotor fitness expressed by an increase in the number of forward reels performed on the looping.

Material and methods. The study included 29 cadet pilots of the Air Force Military Academy in Dęblin, Poland. Group A (the study group) consisted of male ($n = 17$) second-year students in training to become aircraft pilots at the Faculty of Aviation at the Air Force Military Academy in Dęblin, who completed a 35-hour directed training process over a 60-day period. Its effects were evaluated based on the aviation synthetic efficiency test (ASET). The mean age in the study group (A) was 19.94 ± 1.30 years. Group B (control group) consisted of males ($n = 12$), second year navigation students, completing a standard physical education process over a 60-day period. The mean age of the control group was 19.83 ± 1.27 years. All participants were subjected to physical fitness tests and body composition analysis, before and after the directed training period. In both groups, fitness tests and physiological examinations were carried out twice: before the training process – Study I, and after the training process – Study II. An analytical fitness test was used to assess general fitness, which included a 40 m, 100 m and 1000 m run, and a pull-up on the bar. The ASET was used to measure the level of directed fitness. Fat mass (FM), fat-free mass (FFM), muscle mass (MM), total body water (TBW), extracellular water (ECW) and intracellular water (ICW) were measured by the bioimpedance method.

The study analyzing the special training process included 20 male cadet pilots, second-year students trained to become aircraft pilots at the Faculty of Aviation at the Air Force Military Academy in Dęblin. The average age of the subjects was 20.8 ± 1.3 years. The subjects completed a 40-hour special pilot training program on the SAGI over a period of 80 days. They were subjected to exercise tests (forward reels on looping) before and after the special training period. Exercise tests were performed using a diagnostic-training device to assess psychomotor performance. During both tests (before and after training program), heart rate (HR) and blood pressure were measured.

Results. After the directed training process in Group A in study II, physical fitness was at a good level, while in Group B it was below the standard expected for pilots. There was a statistically significant decrease in FM and an increase in FFM, MM, TBW in group A compared to group B. In study II, Group A showed no significant correlation between ASET and FM, FFM, MM, TBW, while Group B showed statistically significant correlations.

After the special training process, there was a statistically significant increase in the percentage ability to perform all tasks ($p < 0.01$) and a statistically insignificant change in the number of forward reels on the looping in study II compared to study I. There was a significant increase in the correct execution of arithmetic operations ($p < 0.05$) in study II compared to study I. In the other tasks, there was an increase in performance in study

II, but it was not statistically significant. A significant correlation was found between the percentage ability to complete all tasks and the number of forward reels completed on looping in study I ($p < 0.05$) and non-significant in study II. There was a statistically non-significant higher HR and blood pressure before and after exercise in study II compared to study I.

Conclusions. There was an increase in directed physical fitness in groups A and B as measured by the ASET. In both the study and control groups, the training process decreased FM and increased FFM, MM and TBW, but the statistical effect of these changes was observed in the study group. It was shown that the special training process on the SAGI increased the level of psychomotor performance by increasing the percentage ability to perform all tasks and the number of forward reels on looping in study II compared to study I.

1. WSTĘP

Proces treningowy ukierunkowany jest realizowany przed procesem treningowym specjalnym i ma za zadanie kształtowanie zdolności i umiejętności w zakresie wykonania manewru przeciwprzeciążeniowego L-1 (zwiększającego tolerancję przyspieszeń +Gz) za pomocą mięśni szkieletowych (kończyn dolnych, kończyn górnych i mięśni brzucha). W badaniach elektromiograficznych wykazano, że w manewrze przeciwprzeciążeniowym udział biorą następujące mięśnie szkieletowe: *m. latissimus dorsi*, *m. intercostalis*, *m. buccinator*, *m. sternocleidomastoideus*, *diaphragma*, *m. pectoralis major* (Chen i in. 2004) oraz *m. rectus femoris*, *m. rectus abdominis*, *m. erector spinae* (Oksa i in. 1996). Spośród ujemnych czynników lotu do najczęściej występujących należało zaliczyć sytuacje wymagające szybkiego reagowania, a w szczególności przyspieszenia (przeciążenia) typu +Gz (kierunek głowa–nogi) (Huttunen i in. 2011; Mohler 1972). Z tego względu nowoczesny proces ukierunkowanego przygotowania sprawnościowego pilotów wymaga monitorowania obciążeń fizycznych (w celu zapewnienia optymalnego obciążenia) oraz odpowiedniej selekcji i dostosowania motorycznego (predyspozycje) w środowisku pracy pilota. W tym celu zastosowano Lotniczy Syntetyczny Test Sprawnościowy (LSTS) oraz test analityczny składający się z biegów na 40 m, 100 m, 1000 m i podciągania się na drążku (Wochyński 2021; Wochyński i in. 2010, 2020, 2021). Określenie podstawowych predyspozycji motorycznych podchorążych było niezbędne do wytypowania osób, które osiągają maksymalne wyniki podczas wykonywania LSTS (Wochyński i in. 2020). Wykorzystane zostało to również do wyznaczenia optymalnego obciążenia dla podchorążych pilotów w procesie treningowym, dla zapewnienia wysokiego poziomu koordynacji ruchowej (Herrador-Colmenero i in. 2014; Wochyński i in. 2010; Wochyński i in. 2021) oraz w celu przygotowania do etapu szkolenia specjalnego (Astani i Macarie 2013). Wcześniejszy, ukierunkowany proces treningowy pilota obciążał mięśnie szkieletowe niezbędne do wykonania manewru L-1, a co za tym idzie – wywoływał zmiany fizjologiczne w organizmie, takie jak zmiana częstości skurczów serca oraz zmiany w komponentach ciała, po jego realizacji. Ponadto zmiany komponentów ciała mogły rozszerzyć wartość diagnostyczną przygotowania ukierunkowanego pilotów do lotów (Bustamante-Sánchez i Clemente-Suárez 2020; Cárdenas i in. 2020; Gaźdzńska i in. 2015; Wochyński i in. 2021). Były istotnym czynnikiem w modyfikacji diety pilota (Anyżewska i in. 2020), a także intensywności (obciążenia) wysiłku fizycznego, które miały znaczący wpływ na bezpieczeństwo i skuteczność misji lotniczej (Rintala i in. 2015). Uzyskanie adaptacji do intensywności i rodzaju ćwiczeń w procesie treningowym ukierunkowanym daje podstawę do rozpoczęcia procesu treningowego specjalnego. Mogłyby to potwierdzić zmiany składu ciała – wzrost zawartości tkanki beztłuszczowej (FFM), tkanki mięśniowej (MM) i spadek zawartości tkanki tłuszczowej (FM) na końcu procesu treningowego ukierunkowanego, mierzonego za pomocą LSTS.

Proces treningowy specjalny jest bardzo ważnym elementem nowoczesnego przygotowania do lotu (Alexander i Stead 2018), którego cel stanowi wdrożenie do funkcjonowania oraz skutecznego wykonywania złożonych i wymagających zadań w środowisku pracy pilota (Carretta 2000, Paśko i in. 2022). Stopień tego przygotowania jest jednym z determinantów poziomu bezpieczeństwa i skuteczności misji lotniczej. Trudności, jakie stawia środowisko pracy pilota wojskowego, wymagają wysokiego poziomu zdolności psychomotorycznych, testowanych w systemach szkolenia i stanowiących kryterium selek-

cji pilotów wojskowych (Clem 2020; McMahon i Newman 2015). Psychomotoryczność w ujęciu ogólnym to „zjawiska i procesy psychiczne zachodzące przy wykonywaniu przez człowieka czynności ruchowych” (Chaiken i in. 2000). W pracy pilota wojskowego wymagane jest wysokospecjalistyczne przygotowanie obejmujące: czas reakcji (Griffin i Koonce 2009; Temme i in. 1995), sprawność przetwarzania informacji oraz umiejętności ruchowe (Astani i Macarie 2013). Ponadto bardzo istotne są predyspozycje psychofizyczne, dające wysoką tolerancję na ujemne czynniki lotu (przede wszystkim na występujące przyspieszenia) (McMahon i Newman 2018; Street i Dolgin 1994; Wojtkowiak 1989), predyspozycje neurosensoryczne, poziom sprawności i wydolności fizycznej (Kattenbach 2017; McMahon 2019; Wochoński i in. 2010). W związku z tak szerokim zakresem wymagań wobec pilota konieczne jest monitorowanie efektów procesu treningowego i w razie potrzeby modyfikowanie go. Dotychczas w celu sprawdzenia efektywności treningu pilota najczęściej stosowany był aparat Düffora. Używano go do określenia poziomu koordynacji wzrokowo-ruchowej przed treningiem i po treningu na lotniczych gimnastycznych przyrządach specjalnych (LGPS), w skład których wchodzi: żyroskop, koło reńskie i looping (Kobos i in. 1994). Jednym z najistotniejszych elementów szkolenia mającego na celu przygotowanie do lotów jest osiągnięcie habituacji w zakresie sprawności psychomotorycznej, tolerancji na wysokie przyspieszenia oraz zachowania orientacji przestrzennej (Wochoński i in. 2010). Biorąc pod uwagę specyfikę pracy pilota oraz stojące przed nim zadania, ważna jest ocena reakcji psychomotorycznej podczas wykonywania ćwiczeń, a nie tylko przed treningiem i po jego zakończeniu. Dlatego w prowadzonych badaniach własnych do oceny poziomu psychomotoryczności użyto urządzenia diagnostyczno-treningowego, zastosowanego podczas wysiłku fizycznego. Zastosowano test składający się ze złożonych bodźców wzrokowo-ruchowych, który polegał na udzieleniu przez ćwiczącego odpowiedzi na pytania znajdujące się w centralnym polu widzenia gogli (w normie czasowej) podczas wykonywania określonych ćwiczeń (kołowroty w przód na loopingu). Tego rodzaju test daje możliwość oceny umiejętności odpowiedniego reagowania na szybko zmieniającą się sytuację w środowisku pracy pilota wojskowego (Glicksohn i Naor-Ziv 2016).

1.1. Uzasadnienie celu badań

Dotychczas nie analizowano zależności pomiędzy komponentami ciała a ukierunkowanym przygotowaniem sprawnościowym pilotów do lotów. Kształtowanie zdolności motorycznych u podchorążych pilotów może wpłynąć na odpowiedni profil komponentów ciała, świadczący o właściwym lub nieodpowiednim przygotowaniu ich do lotów wysokomanewrowych. Dlatego też podjęto badania nad analizą wielkości zmian komponentów ciała, takich jak: FM, FFM, MM, całkowita zawartość wody (TBW), zawartość wody zewnątrzkomórkowej (ECW) i zawartość wody wewnątrzkomórkowej (ICW) przed ukierunkowanym procesem treningowym i po nim, angażującym mięśnie szkieletowe odpowiedzialne za wykonanie manewru L-1 przeciwprzeciążeniowego (publikacja 1).

Biorąc pod uwagę specyfikę pracy pilota i stojące przed nim zadania, z punktu widzenia efektywności pracy ważna jest ocena reakcji psychomotorycznej podczas wykonywania ćwiczeń, a nie tylko przed treningiem i po jego zakończeniu. Sprawność psychomotoryczna na poziomie koordynacji wzrokowo-ruchowej może przejawiać się w parametrach czasu reakcji, czyli związana jest z szybkością i poprawnością realizacji zadań (McMahon 2019). Błędne odpowiedzi mogą wynikać z zakłócenia na drodze między bodźcem a reakcją w określonej normie czasowej. Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić, że test

sprawności koordynacji wzrokowo-ruchowej podczas wysiłku fizycznego na loopingu jest przydatny przy ocenie predyspozycji psychofizycznych pilota do realizacji misji lotniczej. Dlatego też badania procesów poznawczych za pomocą testu psychomotorycznego u podchorążych pilotów zostały podjęte podczas wysiłku fizycznego w określonej normie czasowej (publikacja 2).

2. CELE I HIPOTEZY

Celem badań było sprawdzenie zmian poziomu sprawności fizycznej i składu ciała po ukierunkowanym procesie szkolenia u podchorążych pilotów w stosunku do grupy kontrolnej oraz sprawdzenie wpływu procesu szkoleniowego na LGPS na poprawę sprawności psychomotorycznej.

W badaniach postawiono następujące hipotezy:

1. Ukierunkowany proces treningowy pilota poprawi poziom sprawności fizycznej mierzonej przez LSTS i zmniejszy poziom masy tłuszczowej oraz zwiększy beztłuszczowy poziom masy ciała i masy mięśniowej w grupie badanej względem grupy kontrolnej (publikacja 1).
2. Korelacje między komponentami ciała a LSTS i analitycznym testem sprawnościowym pozwolą ocenić oddziaływanie procesu treningowego na zdolności motoryczne, które mogą wpłynąć na zmiany FM, FFM i MM w grupie badanej w stosunku do grupy kontrolnej (publikacja 1).
3. Proces szkolenia na LGPS poprawi poziom sprawności psychomotorycznej mierzonej urządzeniem diagnostyczno-treningowym poprzez procentowy wzrost wykonania wszystkich zadań (odpowiedzi na pytania w centralnym polu widzenia) oraz poziomu sprawności motorycznej (liczba kołowrotów w przód na loopingu) w badaniu po zakończeniu procesu szkoleniowego w stosunku do badania przed rozpoczęciem procesu treningowego (publikacja 2).

Ponadto postawiono pytanie badawcze, czy poprawa sprawności psychomotorycznej po procesie treningowym zostanie potwierdzona obniżeniem korelacji między procentowym wykonaniem wszystkich zadań a liczbą wykonanych kołowrotów w przód na loopingu (publikacja 2).

3. CYKL PUBLIKACJI

Przedłożona dysertacja doktorska to cykl prac naukowych pod wspólnym tytułem ***Wpływ procesów treningowych ukierunkowanego i specjalnego na przygotowanie do lotów podchorążych pilotów samolotów szkolno-treningowych***. W skład cyklu wchodzi dwie publikacje naukowe:

1. Prokopczyk A., Wochoński Z. (2022) Changes in physical fitness and body composition of pilot cadets before and after a process of directed flight preparation. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14, 153. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00547-6>
punktacja MEiN: 100; Impact Factor 2022: 2,367; Impact Factor 5-letni: 2,938
 2. Prokopczyk A., Wochoński Z. (2022) Influence of a special training process on the psychomotor skills of cadet pilots – pilot study. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1019495>
punktacja MEiN: 70; Impact Factor 2022: 4,232; Impact Factor 5-letni: 3,884
- Łącznie: punktacja MEiN: 170; Impact Factor 2022: 6,599; Impact Factor 5-letni: 6,822

4. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

4.1. Uczestnicy badań

W procesie treningowym ukierunkowanym badaniami (publikacja 1) objęto 29 podchorążych płci męskiej, studentów drugiego roku LAW w Dęblinie, z podziałem na dwie grupy. Grupę A (grupa badana; n = 17) reprezentowali podchorążowie w wieku średnio $19,94 \pm 1,30$ roku studiujący na Wydziale Lotnictwa LAW specjalizację pilot samolotu. Grupę B (grupa kontrolna; n = 12) stanowili podchorążowie w wieku średnio $19,83 \pm 1,27$ roku studiujący na kierunku nawigacja. W obu grupach badania sprawnościowe i fizjologiczne przeprowadzono dwukrotnie: przed rozpoczęciem procesu treningowego (badanie I) oraz po zakończeniu procesu treningowego (badanie II).

W procesie treningowym specjalnym badaniami (publikacja 2) objęto 20 podchorążych płci męskiej, studentów drugiego roku studiujących na Wydziale Lotnictwa LAW w Dęblinie specjalizację pilot samolotu. Średnia wieku badanych wynosiła 20,80 roku. Podchorążowie realizowali specjalny program treningowy oparty na LGPS, w celu poprawy poziomu psychomotoryczności (Wochyński i in. 2010). Badania zostały przeprowadzone bez grupy kontrolnej, ze względu na trudność i specyfikę ćwiczeń wchodzących w skład realizowanego testu.

4.2. Opis realizowanych procesów treningowych

4.2.1. Program szkolenia ukierunkowanego pilota – grupa badana (publikacja 1)

Grupa badana realizowała ukierunkowany program szkoleniowy będący elementem dydaktycznym na specjalizacji pilot samolotu w LAW w Dęblinie. Program szkolenia składał się z 35 godzin zajęć przeprowadzonych w okresie 60 dni. Każda jednostka treningowa obejmowała 2 godziny szkoleniowe, czyli 90 minut. Celem szkolenia ukierunkowanego pilotów była poprawa poziomu sprawności fizycznej poprzez opanowanie ćwiczeń fizycznych oddziałujących na grupy mięśniowe biorące udział w wykonaniu manewru napiętego mięśnie (zwiększając tolerancję przyspieszeń +Gz oraz poprawiając orientację przestrzenną, zwinność i koordynację ruchową) (Wochyński i in. 2010). Etap ukierunkowanego przygotowania fizycznego pilotów do lotów na samolotach wysokomanewrowych jest realizowany przed okresem specjalnego szkolenia na LGPS (Wochyński i in. 2010). Na podstawie wskaźnika częstości skurczów serca (HR) treningi mające na celu kształtowanie ukierunkowanej sprawności fizycznej pilota prowadzono w strefie przemian metabolicznych tlenowo-beztlenowych z przewagą przemian beztlenowych. Średni poziom intensywności danej jednostki treningowej utrzymywał się w przedziale 140–170 ud./min. Jednostki treningowe prowadzone były przy wykorzystaniu metody powtórzeniowej, interwałowej, obwodowej, stacyjnej i strumieniowej.

4.2.2. Program szkolenia grupy kontrolnej

Grupa kontrolna realizowała standardowy program wychowania fizycznego przeznaczony dla podchorążych Wojska Polskiego. Program zawierał zestaw ćwiczeń ogólnorozwojowych, gier zespołowych oraz elementy walki wręcz. Jednostka treningowa obejmowała 2 godziny szkoleniowe (90 minut). Program szkolenia składał się z 35 godzin szkoleniowych przeprowadzonych w okresie 60 dni. Na podstawie wskaźnika HR treningi prowadzono w strefie przemian metabolicznych tlenowych. Średni poziom intensywności danej jednostki treningowej utrzymywał się w przedziale 130–140 ud./min. Jednostki treningowe prowadzono przy wykorzystaniu metody powtórzeniowej, stacyjnej i zadaniowej.

W okresie badań wszystkim uczestnikom zapewniono takie same warunki bytowe i żywienia. Podchorążowie otrzymywali standardową dietę zgodnie z zasadami żywienia zbiorowego. Codzienne racje żywnościowe składały się średnio z 4500 kcal, w tym 150 g stanowiły tłuszcze (30%), 112,50 g – białka (10%), 675 g – węglowodany (60%). Podchorążowie w obu grupach uzupełniali płyny (woda) przed treningiem i po nim, łącznie ok. 1 l.

4.2.3. Program szkolenia specjalnego pilota (publikacja 2)

Program szkolenia na LGPS obejmował 40 godzin szkoleniowych i był podzielony na trzy części. Pierwsza z nich obejmowała 26 godzin i dotyczyła nauczania i doskonalenia ćwiczeń indywidualnych. Druga część obejmowała 8 godzin nauczania i doskonalenia ćwiczeń zespołowych. Trzecia część trwała 6 godzin i dotyczyła indywidualnej orientacji przestrzennej i jej doskonalenia z wykorzystaniem systemu wizualizacji środowiska lotniczego na LGPS. Program treningowy realizowany był w strefie przemian tlenowych i glikolityczno-tlenowych. Taka konstrukcja procesu szkoleniowego miała zapewnić przystosowanie do określonych koordynacyjnych zdolności motorycznych w warunkach pracy pilota (Wochyński i in. 2010). Jednostka treningowa obejmowała 2 godziny szkoleniowe (90 minut). Program szkolenia specjalnego pilotów trwał 80 dni.

4.3. Protokół badań

W badaniach analizujących proces treningowy ukierunkowany pilota (publikacja 1) w celu pomiaru poziomu sprawności wykorzystano LSTS. Jest to test służący do oceny poziomu ukierunkowanej sprawności fizycznej podchorążych pilotów. Składa się z 16 stacji i wykonywany jest na czas. Wszystkie stacje zawarte w teście umieszczone są na dystansie 60 m. Obejmuje on takie elementy sprawności jak: szybkość, siła, wytrzymałość, gibkość, skoczność (m.in. przewroty, przetoczenia, skoki, liczne zmiany położenia ciała względem podłoża). Jest to test złożony pod względem trudności wykonania, o wysokiej intensywności i krótkiej objętości pracy. Test ten diagnozuje badanych pod względem możliwości dostosowania czynności ruchowych do zmiennych warunków i sytuacji (orientacja), szybkiej reakcji, równowagi i dostosowania motorycznego do środowiska pracy pilota (Wochyński 2021; Wochyński i in. 2021). Stacje ćwiczebne są ustawione w odpowiedniej kolejności w taki sposób, żeby stanowiły bodziec oddziaływania dla tych partii mięśniowych, które biorą udział w manewrze przeciwprzeciążeniowym.

Do oceny poziomu sprawności ogólnej przeprowadzono analityczny test sprawnościowy (stosowany powszechnie w LAW). W skład tego testu wchodziły biegi na dystansach

40 m, 100 m i 1000 m oraz podciąganie na drążku. Został on przeprowadzony przed procesem treningowym i po jego zakończeniu. Pomiar czasu podczas badań biegowych był wykonywany z dokładnością do 0,01 sekundy. Podciąganie na drążku wykonywano z nachwytem z pozycji zwisu do wyprostu w stawach łokciowych. Badany w celu uznania powtórzenia za prawidłowo wykonane musiał podciągnąć się do takiej wysokości, aby jego podbródek znalazł się nad drążkiem.

W obu grupach dwukrotnie przeprowadzono pomiar HR (w badaniu I oraz w badaniu II). Analizę dynamiki zmian HR badanych rejestrowano przed testem i po jego zakończeniu, stosując system POLAR-TEAM 2. System ten wykorzystywano również podczas prowadzenia jednostki treningowej w celu monitorowania intensywności treningu.

Analizy komponentów ciała dokonano aparatem do analizy składu ciała firmy Akern typu BIA 101 SE, zgodnie z wytycznymi dotyczącymi komponentów ciała wydanymi przez European Society of Parenteral and Enteral Nutrition. Podczas analizy komponentów ciała badany znajdował się w pozycji leżącej, a jego kończyny były w odchyleniu 30 stopni od osi ciała. Elektrody przyklejono do skóry na dłoni i na stopie. Na dłoni – na środkowej wierzchniej części między stawem nadgarstkowym a trzecim stawem śródrečno-paliczkowym, w odległości 4 cm od stawu śródrečno-paliczkowego, na stopie – na środkowej wierzchniej części stopy, między stawem skokowo-goleniowym a trzecim stawem śródstopno-paliczkowym, w odległości 7 cm od stawu śródstopno-paliczkowego. Przed przyklejeniem elektrod skórę przemywano gazikiem ze środkiem dezynfekcyjnym (Kyle i in. 2004).

W badaniach analizujących proces treningowy specjalny pilota (publikacja 2) do analizy poziomu psychomotoryczności wykorzystano urządzenie diagnostyczno-treningowe składające się z plecaka i specjalnych nieprzezroczystych gogli. Badany w ubraniu był wpinany do huśtawki loopingu (umocowanie rąk i nóg), a następnie za pomocą własnych mięśni wprowadzał ją w ruch. Badanie rozpoczynało się w momencie, gdy badany znajdował się równolegle do podłoża. W plecaku znajdował się mały komputer, za pomocą którego w trakcie ćwiczenia przekazywane były zadania do wykonania w określonej normie czasowej. Zadania wysyłane były bezprzewodowo z komputera, ze stanowiska operatorskiego za pomocą stacji przekaźnikowej bezpośrednio do małego komputera. Zadaniem badanego podczas wykonywania testu było rozwiązywanie pięciu zadań: liczenie spadochroniarzy w tym samym kolorze, liczenie samochodów w tym samym kolorze, rozwiązywanie działań arytmetycznych, liczenie kształtów jednego typu, liczenie kształtów w tym samym kolorze. Wszystkie zadania były wyświetlane w centralnym polu widzenia. Ponadto, zaraz po zakończeniu testu wykonywane było szóste zadanie – syntetyczny test pamięciowy. Każdy następny badany miał zmienioną kolejność i treść wyświetlania zadań. Osoba na stanowisku operatorskim oznaczała poprawność odpowiedzi badanego oraz kontrolowała czas badania (Wochyński i in. 2010; Wochyński i Sobiech 2014, 2015, 2017). Zadania i odpowiedzi były archiwizowane przez operatora na stanowisku operatorskim za pośrednictwem urządzenia diagnostyczno-treningowego natychmiast po zakończeniu testu. Po zakończeniu badania operator drukował raport, który pokazywał wyniki testu w procentach i zapisywał liczbę wykonanych kołowrotów w przód. Czas całego testu wynosił 128 sekund.

Ponadto kadetom mierzono HR i ciśnienie krwi przed badaniem i natychmiast po jego zakończeniu – na początku i na końcu procesu treningowego. Pomiaru HR i ciśnienia tętniczego krwi dokonano za pomocą urządzenia Microlife AG typu BP A2 Basic.

4.4. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 13.3. W celach analizy wykonano statystykę opisową, która została wykorzystana do obliczenia średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego (publikacje 1 i 2).

Dokonując analizy treningu ukierunkowanego (publikacja 1), wyniki badań I i II poddano analizie rozkładu normalności za pomocą testu Shapiro–Wilka. Jednorodność wariancji mierzono testem Levene’a. Porównanie parametrów między grupami A i B oraz badaniem I i II przeprowadzono za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA z powtarzanymi pomiarami. Do pomiaru różnicy w wynikach między grupami A i B w badaniu I i II wykorzystano analizę wariancji i test Tukeya (HSD) *post hoc* parami. Wielkość efektu między testami sprawności a komponentami ciała w badaniu I i II określono za pomocą współczynnika g Hedgesa dla prób zależnych. Wielkość efektu między grupami także oceniano za pomocą g Hedgesa dla prób niezależnych. Pomędzy komponentami ciała a testami sprawności fizycznej obliczono korelację r -Pearsona. Otrzymane wartości obliczeniowe uznano za istotne statystycznie przy $p < 0,05$.

Dokonując analizy treningu specjalnego (publikacja 2), wyniki badań I i II analizowano pod kątem rozkładu normalności za pomocą testu Kołmogorowa–Smirnowa, skośności i kurtozy. Obliczono korelację r -Pearsona pomiędzy wszystkimi badanymi zmiennymi. Różnicę wyników pomiędzy badaniami I i II obliczono za pomocą analizy wariancji (ANOVA) z powtarzanymi pomiarami oraz przy użyciu testu Tukeya (HSD) *post-hoc* parami. Dokonano obliczeń wielkości efektu za pomocą współczynnika d Cohena i interpretowano go jako niski ($d = 0,20$ do $0,49$), umiarkowany ($d = 0,50$ do $0,79$) i wysoki ($d > 0,80$) (Cohen 1988). Otrzymane wartości uznawano za istotne statystycznie, gdy $p < 0,05$. Wykonano obliczenie liczebności próby z efektem wielkości $f^2 = 0,25$, gdzie przyjęto błąd alfa $0,05$ i moc testu $0,80$. Wymagana liczebność próby oszacowana została na 25 osób. Ze względu na długość procesu szkoleniowego do ostatecznej analizy włączono 20 osób. Do oceny wielkości próby wykorzystano program G*Power (Faul i in. 2007).

4.5. Zagadnienia bioetyczne

Na prowadzone badania uzyskano zgodę nr 610/19 Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu, wydaną 15 maja 2019 r.

5. WYNIKI

Po okresie treningu ukierunkowanego w grupie badanej (grupa A) wykazano istotnie statystycznie niższe HR po badaniu LSTS, krótszy czas w biegu na 100 m, dłuższy czas w biegu na 1000 m oraz wzrost liczby podciągnięć w porównaniu z wynikami sprzed procesu szkolenia. Ponadto w grupie A wykazano istotne zmiany w składzie komponentów ciała w zakresie wzrostu wartości MM [kg] i TBW [kg] w badaniu II w porównaniu z badaniem I. W grupie kontrolnej (grupa B) wykazano istotnie niższe HR po ukończeniu LSTS, krótszy czas w LSTS, w biegach na 40 m i 100 m, a także dłuższy czas w biegu na 1000 m oraz wzrost liczby podciągnięć na drążku w porównaniu z badaniem I. W obu badaniach wykazano istotną różnicę w komponentach ciała między grupami A i B na korzyść grupy A. Ponadto w badaniu I odnotowano jeszcze różnicę między grupami w LSTS [s], również na korzyść grupy A.

W grupie A badanie I wykazało istotne korelacje pomiędzy masą ciała (BM) i wysokością ciała (BH), komponentami ciała i motoryką a LSTS. Po procesie treningowym korelacje między komponentami ciała a zdolnościami motorycznymi nie były istotne. W grupie B zaobserwowano zwiększenie powiązań komponentów składu ciała z badaniami sprawnościowymi.

W grupie badanej odnotowano zwiększenie liczby korelacji LSTS z badaniami sprawnościowymi po ukierunkowanym procesie treningowym. Odnotowano więcej korelacji w grupie badanej niż w grupie kontrolnej.

Opisane powyżej wyniki zawarte są w tabelach w publikacji 1.

Po okresie treningu specjalnego wykazano istotne statystycznie zmiany w korelacjach pomiędzy wykonywanymi zadaniami w trakcie testu, przed procesem treningowym i po nim. Stwierdzono istotny statystycznie procentowy wzrost wykonywania wszystkich zadań. Wśród wykonywanych zadań zaobserwowano statystycznie istotny wzrost poprawności działań arytmetycznych w drugim teście w stosunku do pierwszego. Wykazano, że procent wykonania wszystkich zadań i liczba wykonanych kołowrotów w drugim teście poprawiły się, ale nieistotnie statystycznie. Ponadto wykazano znaczne zmniejszenie poziomu istotności korelacji po zakończeniu procesu treningowego w analizowanych zmiennych.

Opisane powyżej wyniki zawarte są w tabelach w publikacji 2.

6. DYSKUSJA

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zastosowany proces treningowy w grupie A (badanej) ma wpływ na wzrost sprawności fizycznej ukierunkowanej pilotów. Świadczy o tym lepszy wynik w badaniu II w stosunku do badania I. Ponadto wpływ na lepszą sprawność mogły mieć predyspozycje motoryczne do środowiska pracy pilota (osiągnięcie wyniku w przyjętych kryteriach oceny sprawności fizycznej dla pilotów w badaniu I). W grupie B nastąpiła wprawdzie istotna poprawa ukierunkowanej sprawności fizycznej w badaniu II, ale poniżej dolnej granicy przyjętej oceny sprawności fizycznej dla pilotów. Stwierdzono wysoką, istotną statystycznie różnicę w badaniu I pomiędzy grupami A i B w wykonywaniu LSTS. W badaniu II wykazano znaczną różnicę pomiędzy grupami A i B, lecz nieistotną statystycznie. Świadczyć to mogło o wpływie programu treningowego na sprawność ukierunkowaną (mierzoną LSTS) w grupie B, lecz poniżej przyjętych kryteriów oceny sprawności fizycznej dla pilotów. W badaniu II różnica sprawności ukierunkowanej pomiędzy grupami była spowodowana odmiennością zastosowanych programów treningowych. Mogły też mieć na nią wpływ predyspozycje motoryczne u badanych z uwzględnieniem masy ciała. Analiza wyników zdolności motorycznych – na podstawie wyników biegów na 40 m, 100 m, 1000 m i podciągania na drążku – uwidoczniła, że grupa A wykazała podczas procesu treningowego dominację motoryczną szybkościowo-siłową, a grupa B – dominację szybkościową. Potwierdzeniem tego mogły być istotne korelacje pomiędzy wynikami LSTS a biegami na 40 m, 100 m i podciąganiem na drążku w grupie A oraz korelacje pomiędzy wynikami LSTS a biegiem na 100 m w grupie B. We wcześniejszym badaniu na podchorążych pilotach stwierdzono, że najlepsze wyniki w wykonywaniu LSTS uzyskali: typ motoryczny wytrzymałościowo-szybkościowy w grupie z masą ciała do 73,80 kg, typ motoryczny szybkościowo-siłowy w grupie z masą ciała powyżej 73,80 kg i typ motoryczny wytrzymałościowo-siłowy w grupie wszystkich badanych (Wochyński i in. 2020). W teście na wirówce przeciążeniowej przeprowadzonym na podchorążych pilotach w celu oceny u nich poziomu wykonywania manewru przeciwprzeciążeniowego stwierdzono, że badani o zdolnościach wytrzymałościowo-siłowych osiągnęli najlepsze wyniki. Badanie to było monitorowane wskaźnikiem lipidowym (Wochyński i in. 2016). W najnowszym badaniu wykazano, że korelacja pomiędzy LSTS a wynikami zdolności motorycznych badanych jest pomocna w prowadzeniu optymalizacji procesu treningowego dla pilotów (Wochyński 2021). Optymalizacja procesu treningowego warunkuje maksymalną prędkość wykonywania LSTS (Wochyński 2021). W badaniu Wochyńskiego i in. (2010) wykazano, że uzyskanie maksymalnych wyników w teście analitycznym, czyli w biegach na 1000 m, 100 m i podciąganiu na drążku, skutkowało jednocześnie pogorszeniem wyników w wykonywaniu LSTS ze względu na obniżenie (zakłócenie) koordynacji ruchowej. Potwierdzają to obserwacje Starosty (2003), które wskazują, że akcentowanie rozwoju zdolności kondycyjnych może upośledzić podwyższanie poziomu zdolności koordynacyjnych. Zdolności koordynacyjne są silniej uwarunkowane genetycznie, a rozwijanie zdolności siłowych i wytrzymałościowych ma wyjątkowo kolizyjny charakter. Przy tym skokowy ich rozwój może zahamować lub obniżyć kształtowanie niemal wszystkich zdolności koordynacyjnych. Przekroczenie obciążenia w kształtowaniu ogólnej sprawności fizycznej (np. w ćwiczeniach wytrzymałościowych) może mieć ścisły związek z obniżeniem poziomu umiejętności ruchowych

i zdolności motorycznych niezbędnych dla pilota. Związek wielkości obciążenia z obniżeniem koordynacji ruchowej zaobserwowano także w innych pracach naukowych (Raczek 2010; Sozański 2013; Starosta 1993). W grupie A obniżenie wyniku na dystansie 1000 m mogło mieć uzasadnienie dotyczące akcentu kształtowania siły i szybkości w celu osiągnięcia maksymalnej prędkości w wykonywaniu LSTS przy niższych parametrach somatycznych (BH i BM) niż w grupie B. W grupie B obniżenie wyniku na dystansie 1000 m może wynikać z tego, że proces treningowy był mniej optymalizowany w porównaniu z procesem treningowym grupy A, a ponadto akcent treningowy był szybkościowy i zgodny z predyspozycjami grupy do tej zdolności motorycznej przy wyższych parametrach somatycznych (BH i BM) niż w grupie A. Wydaje się, że w obu grupach poziom wytrzymałości biegowej osiągnięty w badaniu I z uwzględnieniem cech somatycznych byłby przeszkodą (zakłóceniem) w osiągnięciu maksymalnej prędkości pokonania LSTS zaprezentowanej w badaniu II. W procesie treningu pilota wytrzymałość biegowa stanowiła zawsze najważniejszy element, który miał wpływ na poziom wykonywania manewru przeciwprzeciążeniowego. Wykazano, że u pilotów wysoki poziom wytrzymałości biegowej obniżał zdolność tolerancji przyspieszeń +Gz (wykonanie manewru przeciwprzeciążeniowego) (Kłossowski i in. 1993; Whinnery i Parnell 1987).

Wytrzymałość biegowa u pilotów była przedmiotem wielu dyskusji i badań, ale problem ten nie został do końca rozwiązany. Zdaniem autora dysertacji, podstawą w treningu ukierunkowanym pilota, oprócz predyspozycji genetycznych do zdolności motorycznych, jest optymalizacja oddziaływania (akcentu obciążenia) na wszystkie podstawowe zdolności motoryczne z wykorzystaniem LSTS. Dotychczas wykazano, że na wyniki uzyskane w LSTS istotny wpływ miały również cechy somatyczne (Wochyński i in. 2020). W badaniu na podchorążych pilotach stwierdzono, że grupa z najniższą wysokością ciała (177,03 cm) uzyskała najlepszą prędkość w LSTS (Wochyński i in. 2010). Badania Ziółkowskiej (1995) dowiodły, że długokończynowość, bryła tułowia i wysokość ciała są wskaźnikami selekcyjnymi do zawodu pilota. Różnica w sprawności ukierunkowanej badanych grup może wynikać z budowy ciała, predyspozycji motorycznych i specyfiki procesu treningowego. Wykazano również, że w poszczególnych zdolnościach motorycznych masa ciała badanych odgrywa dużą rolę (Wochyński i in. 2020). W przeprowadzonym badaniu stwierdzono niższą masę ciała w grupie A niż w grupie B. Na uwagę zasługuje wzrost masy ciała w grupie B w badaniu II w stosunku do badania I. Można to wiązać z niską intensywnością ćwiczeń wytrzymałościowych oraz predyspozycjami badanych do biegu szybkościowego, co potwierdzają wyniki korelacji w tabeli 7 w publikacji 1. Miało to także związek częściowo z przyrostem TBW, FFM i MM. Dokonując analizy komponentów ciała, stwierdzono istotną statystycznie różnicę w badaniach I i II pomiędzy grupami A i B w zawartości FM [kg, %], FFM [%], MM [%], TBW [%] przy dużych wielkościach efektu (*d* Cohena) na korzyść grupy A. Świadczyć to może o większej intensywności procesu treningowego w grupie A w porównaniu z grupą B. Zaobserwowano, że w wyniku procesu treningowego w obydwu grupach nastąpił spadek zawartości FM, a wzrost zawartości FFM, MM, TBW, przy czym większy efekt zmian odnotowano w grupie A niż w grupie B. Podobną tendencję zmian komponentów ciała w zależności od masy ciała i sprawności fizycznej u podchorążych pilotów odnotowano w badaniach Kłossowskiego i Stelągowskiego (2004). Warto także zwrócić uwagę na różnicę intensywności przy jednakowym czasie trwania jednostki treningowej w badanych grupach, co mogło wpłynąć na różnice w adaptacji do obciążenia fizycznego. Prawdopodobnie proces treningowy w grupie A przebiegał z bardzo małym udziałem spalania tłuszczu, gdyż nie wykazano istotnej korelacji pomiędzy LSTS a FM. W grupie B stwierdzono istotne statystycznie korelacje pomiędzy LSTS a FM, FFM, TBW, ECW, ICW w badaniu II, co mogło świadczyć o średniej intensywności procesu

treningowego i przebiegającej adaptacji wysiłkowej z dużym udziałem spalania tłuszczu. We wcześniejszych badaniach (Wochyński i in. 2016) na końcu okresu szkolenia w grupie badanej ćwiczącej na LGPS stwierdzono istotną zależność pomiędzy wynikami LSTS a takimi komponentami ciała jak: FM, FFM, TBW, ECW, ICW, MM, natomiast w grupie kontrolnej nie wykazano istotnej korelacji. Zaobserwowano, że różnica intensywności przy jednakowym czasie trwania jednostki treningowej wpływa na proces adaptacji wysiłkowej obu grup. Organizm ćwiczących w grupie badanej adaptował się odmiennie niż w grupie kontrolnej. W grupie badanej realizującej program szkolenia specjalnego na LGPS o intensywności średnio HR = 109 ud./min stwierdzono istotną korelację pomiędzy LSTS a FM w odróżnieniu od grupy kontrolnej, która realizowała program szkolenia o wyższej intensywności (HR = 141 ud./min). Występująca istotna zależność pomiędzy LSTS a FM mogła świadczyć o adaptacji przebiegającej w grupie badanej z procesem spalania tłuszczu (Wochyński i in. 2016).

Przeprowadzona w prezentowanych tu badaniach analiza komponentów ciała oraz sprawności fizycznej wskazuje na jej przydatność do oceny poziomu sprawności ukierunkowanej mierzonej przez LSTS (obciążenie grup mięśni szkieletowych biorących udział w manewrze przeciwprzeciążeniowym). Korelacja pomiędzy LSTS a poszczególnymi zdolnościami motorycznymi (analitycznym testem sprawnościowym) może być bardzo pomocna w ocenie skuteczności wpływu procesu treningowego na zdolności motoryczne i optymalizacji procesu treningowego. Zależności wykazane pomiędzy sprawnością fizyczną a komponentami ciała u podchorążych pilotów w badaniu I i II z uwzględnieniem grupy kontrolnej mogą dostarczyć informacji o przebiegu adaptacji w szkoleniu ukierunkowanym.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że zastosowany specjalny proces treningowy spowodował wzrost sprawności fizycznej u podchorążych pilotów w liczbie wykonanych kołowrotów w przód na loopingu, wzrost poprawnych odpowiedzi w takich zadaniach jak: liczenie spadochroniarzy w tym samym kolorze, liczenie samochodów w tym samym kolorze, liczenie kształtów jednego typu, liczenie kształtów tego samego koloru, syntetyczny test pamięciowy oraz wzrost wartości takich wskaźników jak ciśnienie skurczowe i rozkurczowe przed i po badaniu, HR przed i po badaniu w porównaniu z okresem przedtreningowym (badanie I), ale nieistotne statystycznie. Stwierdzono istotną statystycznie różnicę w procentowym wykonaniu wszystkich zadań oraz w zadaniu dotyczącym działań arytmetycznych. Wynika z tego, że procent wykonania wszystkich zadań jest ściśle związany z liczbą wykonanych kołowrotów. Zaobserwowano, że badani wykonujący większą liczbę kołowrotów popełniali więcej błędów w odpowiedzi na pytania zadawane w centralnym polu widzenia, natomiast przy mniejszej liczbie wykonanych kołowrotów osiągnęli wyższy procent wykonania wszystkich zadań. Powodem związku między liczbą kołowrotów a procentem wykonania wszystkich zadań podczas testu psychomotorycznego jest specyfika wykonywania kołowrotów na loopingu. Podczas tych ćwiczeń na organizm oddziałują przyspieszenia dodatnie +Gz (kierunek głowa–nogi) i ujemne –Gz (kierunek głowa–nogi), które mogą przyczynić się do obniżenia sprawności w zakresie odpowiadania na pytania. Podobne wnioski wyciągnięto w testach przeprowadzonych przy użyciu ludzkiej wirówki, dotyczących poziomu tolerancji przyspieszenia. Wykazano, że zwiększony poziom obciążenia powoduje opóźnienie czasu odpowiedzi oraz opóźnienie odpowiedzi na bodźce wzrokowe (Truszczynski i in. 2014). Wyniki uzyskane przez badanych zależą od stopnia zmęczenia podczas ćwiczeń oraz poziomu adaptacji wysiłkowej. Biorąc pod uwagę liczbę wykonanych przez badanych kołowrotów w przód na loopingu oraz procent wykonania wszystkich zadań, można stwierdzić, że ukończony proces szkoleniowy zwiększył poziom sprawności psychomotorycznej podchorążych, o czym świadczy wielkość efektu *d* Cohena (tabela 4, publikacja 2).

Badania wykazały wzrost liczby wykonanych kołowrotów w przód na loopingu i procentu wykonania wszystkich zadań. Wskazuje to na wyższy poziom psychomotoryczności po procesie treningowym na LGPS. Poprawę psychomotoryczności osiąga się za pomocą dwóch podsystemów – motorycznego i sensorycznego (Lisowski i Mihuta 2013). W rezultacie procesu szkoleniowego wzrósł poziom integracji podsystemów. Barron i Rose (2017) wykazali, że piloci o wyższym poziomie wielozadaniowości osiągają wyższe wyniki w locie (sprawdzone zadaniami matematycznymi, zapamiętywaniem i monitorowaniem). Zalecili wielozadaniowość jako predyktor wyboru przyszłych pilotów wojskowych. Potwierdza to wykazana w niniejszych badaniach istotna korelacja między procentem wykonania wszystkich zadań a liczbą wykonanych kołowrotów przed szkoleniem oraz brak istotności statystycznej po zakończeniu szkolenia, która charakteryzuje się wyższymi wynikami zarówno w liczbie wykonanych kołowrotów, jak i procencie wykonania wszystkich zadań (poziom psychomotoryczny). Można to tłumaczyć tym, że spadek wartości korelacji (sprzężenia) między dwoma podsystemami po szkoleniu specjalnym wiąże się ze wzrostem poziomu zdolności psychomotorycznych i poziomu wielozadaniowości badanych podchorążych pilotów. Warto zauważyć, że wiek wykazuje istotne korelacje zarówno w badaniu I, jak i w badaniu II. W badaniu I – z liczbą wykonanych kołowrotów, procentem wykonania wszystkich zadań podczas testu oraz zadaniami wchodzącymi w skład testu, takimi jak: liczenie spadochroniarzy w tym samym kolorze, liczenie kształtów tego samego typu oraz liczenie kształtów tego samego koloru, a w badaniu II – tylko z liczbą wykonanych kołowrotów i odznacza się niższym poziomem istotności, co może wskazywać na wzrost sprawności psychomotorycznej pomimo wzrostu wieku. W dotychczasowych badaniach wielokrotnie udowodniano, że poziom sprawności psychomotorycznej jest silnie związany z wiekiem i poziomem trudności wykonywanych zadań (Armbruster i in. 2007; Sutter i Oehl 2010; Tan i Sun 2021). Biorąc pod uwagę identyczny proces szkoleniowy i te same warunki codziennego funkcjonowania badanych, uzyskane wyniki wskazują na pozytywny wpływ programu treningowego na LGPS na poziom sprawności psychomotorycznej. Procent wykonania wszystkich zadań podczas badania I był istotnie skorelowany z takimi składowymi jak: liczenie spadochroniarzy tego samego koloru, działania arytmetyczne i liczenie kształtów jednego typu. W badaniu II istotność wykazano za pomocą liczenia kształtów jednego typu oraz syntetycznego testu pamięci. Należy również zwrócić uwagę na zmniejszenie liczby istotnych statystycznie korelacji i ich poziomu istotności w badaniu II co może wskazywać na wzrost poziomu psychomotoryczności. Należy podkreślić, że osoby w badaniu I i badaniu II wykonywały wysiłek fizyczny w strefie metabolizmu tlenowego, o czym świadczą wartości HR. Na uwagę zasługuje również wzrost ciśnienia krwi przed testem, co mogło być spowodowane stresem przedćwiczeniowym i nieznaną urzędzenia treningowego (badanie I) oraz chęcią poprawy uzyskanego wcześniej wyniku (badanie II). Natomiast na wyższe ciśnienie krwi, stwierdzone po zakończeniu badania II, mogło wpłynąć zwiększenie liczby kołowrotów, co jest związane z dłuższym wpływem tego ćwiczenia na receptory układu krwionośnego.

Podobne wskaźniki przeanalizowano w badaniach nad wykonywaniem różnych zadań na symulatorach lotniczych. Badania te wykazały, że poziom trudności zadania pilota wpływa na HR i ciśnienie krwi. Ponadto trudność zadań i ilość informacji wizualnych powoduje zmniejszenie liczby ruchów (mruganie oczami) i czasu ich trwania. Wykazano, że wysiłek umysłowy zwiększa ciśnienie tętnicze i częstość skurczów serca (Veltman i Gaillard 1996). Do podobnych wniosków doszli Leino i in. (1999), analizując reakcje neuroendokrynne i psychomotorykę w procesie selekcji kandydatów na pilotów wojskowych. Porównując procedurę testową z misją lotniczą, wykazali, że procedura ta charakteryzuje się dużym obciążeniem psychicznym. Ponadto dowiedli, że niskie odpowiedzi neuroen-

dokrynne w teście psychomotorycznym były związane z dobrą tolerancją na stres. Ważne jest jednak, że oba te badania – w przeciwieństwie do przedstawianych w dysertacji badań – nie były związane z obciążeniem fizycznym. Badania te pokazują, że podniesienie ciśnienia krwi jest nie tylko wynikiem wysiłku fizycznego, ale może być również podniesione przez obciążenie psychiczne. Dotychczas piloci byli badani przed rozpoczęciem procesu szkolenia i po jego zakończeniu, lecz w warunkach spoczynkowych (bez związku z ćwiczeniami fizycznymi) (Leino i in. 1999; Russo i in. 2005; Tomczak 2015; Tomczak i in. 2017). W badaniach wykazano, że zastosowane testy mają wartość diagnostyczną w zakresie sprawności fizycznej i psychicznej w normalnych i ekstremalnych warunkach pracy pilota wojskowego. Jak wykazano jednak w badaniach na żołnierzach Wojska Polskiego, realizacja misji powietrznej w ekstremalnych warunkach przez długi czas może prowadzić do zaburzeń motorycznych (Tomczak i in. 2019), dlatego autor dysertacji uważa, że test psychologiczny dla pilotów wojskowych powinien być wykonywany w warunkach obciążenia.

Na podstawie wyników testów wykazano, że program szkolenia na LGPS ma duży wpływ na podnoszenie sprawności psychomotorycznej podchorążych pilotów. Użyte podczas badań na loopingu urządzenie diagnostyczno-treningowe dało możliwość oceny koncentracji uwagi, reakcji i stanu psychofizycznego w ekstremalnych warunkach środowiskowych. Stwierdzono dużą przydatność badania psychomotoryczności tym urządzeniem w procesie szkolenia specjalnego pilotów. Ponadto przeprowadzone badania będą pomocne w ocenie przyszłych badań, prowadzonych przed praktykami lotniczymi w powietrzu i po nich. Mogą one stanowić punkt odniesienia, co pozwoli ocenić wpływ stresu występującego u pilotów podczas rzeczywistego lotu na poziom ich psychomotoryczności. Porównanie szybkości odpowiedzi na pytania (bodziec) i szybkości wykonywania kołowrotów w przód na loopingu w ograniczonym czasie może dostarczyć cennych wskazówek do praktycznego wykorzystania w szkoleniu pilotów.

7. WNIOSKI

Przeprowadzone badania, dotyczące procesu szkolenia ukierunkowanego, wykazały, że proces szkolenia w grupie kontrolnej miał istotny wpływ na zwiększenie ukierunkowanej sprawności mierzonej za pomocą LSTS, jednak osiągnięte w tym zakresie wyniki nadal znajdowały się poniżej dolnej granicy przyjętej dla pilotów i nie przewyższały wyników grupy badanej, która odznaczała się dobrym poziomem sprawności. Zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej, proces szkolenia zmniejszył procent FM i zwiększył procentowo FFM, MM i TBW, ale z większym skutkiem w grupie badanej, o czym świadczyły istotne statystycznie różnice między grupami. Na wielkość tych zmian w badaniu po procesie treningowym miały wpływ zdolności motoryczne szybkościowo-siłowe w grupie badanej i szybkościowe w grupie kontrolnej, o czym świadczą korelacje stwierdzone między LSTS a zdolnościami motorycznymi w obu grupach. Zależności wykazane w badaniu po procesie treningowym pomiędzy komponentami ciała a LSTS i zdolnościami motorycznymi w grupie badanej i grupie kontrolnej wskazywały na odmienną przebiegu procesu adaptacji w tych grupach. W badaniu po procesie treningowym stwierdzono brak istotnej korelacji pomiędzy LSTS a FM w grupie badanej, co może świadczyć o adaptacji przebiegającej z bardzo małym udziałem procesu spalania tłuszczu. W grupie kontrolnej natomiast odnotowano istotną korelację pomiędzy LSTS a FM, co może świadczyć o przebiegu adaptacji z dużym udziałem procesu spalania tłuszczu.

W badaniach dotyczących procesu szkolenia specjalnego wykazano, że specjalny proces treningowy na LGPS pozytywnie wpłynął na poziom psychomotoryczności u podchorążych pilotów, poprzez zwiększenie procentu wykonania wszystkich zadań oraz liczby kołowrotów w przód na loopingu, w badaniu po zakończeniu procesu treningu specjalnego w porównaniu z badaniem przed procesem treningowym. Po procesie treningowym stwierdzono obniżenie dodatkowej korelacji pomiędzy procentem wykonania wszystkich zadań a liczbą kołowrotów w przód na loopingu w stosunku do badania przed okresem treningu specjalnego. Proces treningu specjalnego wpłynął w dużym zakresie na poprawę zdolności psychomotorycznej i procentowego wykonania wszystkich zadań według kryterium wielkości efektu *d* Cohena.

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych badaniach dają podstawę do oceny analizowanych programów treningowych pilotów jako zapewniających dobre przygotowanie motoryczne, psychomotoryczne oraz adaptacyjne w zakresie przemian metabolicznych do lotów wojskowymi samolotami wysokomanewrowymi. Ponadto badania te stanowią punkt odniesienia do dalszych badań naukowych, mających na celu poprawę efektywności procesu treningowego wpływającego na efektywność misji lotniczych oraz poziom bezpieczeństwa w środowisku lotnictwa wojskowego.

7.1. Praktyczne zastosowanie wyników badań własnych

Przedstawiony cykl prac naukowych przyczynił się do rozwiązania problemu szkoleniowego dotyczącego monitorowania wysiłku fizycznego w ekstremalnych warunkach środowiska pracy pilota (dostosowania motorycznego). Wykazano możliwość diagnostyczną zróżnicowania sprawnościowo-wydolnościowego i predyspozycji u podchorążych do wy-

konania manewru przeciwprzeciążeniowego. Zastosowanie przy tym oznaczenia komponentów ciała (metoda nieinwazyjna) wykazało profil zmian składu ciała w ekstremalnych warunkach szkolenia. Zachowanie się komponentów ciała w procesie szkolenia ukierunkowanego dało podstawę do wiarygodnej oceny adaptacji wysiłkowej, która jest podstawą kwalifikacji podchorążych pilotów do etapu szkolenia specjalnego. Z praktycznego punktu widzenia rozpoczęcie etapu szkolenia specjalnego bez potwierdzenia osiągniętej adaptacji wysiłkowej wskaźnikiem fizjologicznym może doprowadzić do tego, że okres szkolenia specjalnego będzie nieskuteczny. Należy podkreślić, że po raz pierwszy opublikowano badania dotyczące LSTS (dostosowania motorycznego) połączone z uwzględnieniem zmian komponentów ciała u podchorążych pilotów. Badania były trafnym posunięciem, ponieważ dają także możliwość rozszerzenia eksperymentu w zakresie stosowania diety i nawodnienia organizmu.

Specyfika okresu szkolenia specjalnego wymaga od podchorążych pilotów dobrego przygotowania sprawnościowego ukierunkowanego, z naciskiem na wszystkie zdolności motoryczne. Ćwiczenia w okresie szkolenia specjalnego prowadzone są na LGPS i mają na celu kształtowanie koordynacji wzrokowo-ruchowej, orientacji przestrzennej, równowagi i psychomotoryczności. Dlatego, przeważnie, odznaczają się one niską intensywnością w strefie przemian metabolicznych tlenowych i glikolityczno-tlenowych. Ćwiczenia obciążają układ sercowo-naczyniowy, mięśniowy, nerwowy i wegetatywny u pilotów i są zbliżone do warunków ekstremalnych występujących podczas lotu. Do oceny wykonywania zadań podczas ćwiczeń zastosowano test psychomotoryczny za pomocą urządzenia diagnostyczno-treningowego, co dało możliwość zbadania reakcji pilota w ich trakcie. Do czasu wykonania naszych badań nie można było ocenić prezentowanego poziomu psychomotoryczności pilota podczas ekstremalnych ćwiczeń. Zastosowana w pracy naukowej metoda pozwoliła odpowiedzieć na pytania: jak funkcjonuje pilot w warunkach przyspieszeń kątowych, ile popełnia błędów, czy potrafi dobrze się koncentrować i skutecznie wykonać zadanie oraz w jakiej kondycji psychofizycznej znajduje się jego organizm.

8. PIŚMIENICTWO

- Alexander K., Stead G. (2018) Aptitude assessment in pilot selection. W: Telfer R.A. (ed.) *Aviation Instruction and Training*, 15–33. New York: Routledge.
- Anyżewska A., Łakomy R., Lepionka T., Szarska E., Maculewicz E., Tomczak A., Bertrandt J. (2020) Association between diet, physical activity and Body Mass Index, Fat Mass Index and bone mineral density of soldiers of the Polish Air Cavalry Units. *Nutrients*, 12 (1), 242. <https://doi.org/10.3390/nu12010242>
- Armbruester C., Sutter C., Ziefle M. (2007) Notebook input devices put to the age test: The usability of trackpoint and touchpad for middle-aged adults. *Ergonomics*, 50 (3), 426–445. <https://doi.org/10.1080/00140130601127885>
- Astani A.I., Macarie A. (2013) The ideal ability profile of the student future military aircraft pilot. *Review of the Air Force Academy*, 23 (1), 89–94.
- Barron L.G., Rose M.R. (2017) Multitasking as a predictor of pilot performance: Validity beyond serial single-task assessments. *Military Psychology*, 29 (4), 316–326. <https://doi.org/10.1037/mil0000168>
- Bustamante-Sánchez A., Clemente-Suárez V.J. (2020) Body composition differences in military pilots and aircrew. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 91 (7), 565–576. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5401.2020>
- Cárdenas D., Madinabeitia I., Vera J., de Teresa C., Alarcón F., Jiménez R., Catena A. (2020) Better brain connectivity is associated with higher total fat mass and lower visceral adipose tissue in military pilots. *Scientific Reports*, 10: 610. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57345-3>
- Carretta T.R. (2000) Air Force pilot selection and training methods. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 71 (9): 950–956. <https://doi.org/10.21236/ada430320>
- Chaiken S.R., Kyllonen P.C., Tirre W.C. (2000) Organization and components of psychomotor ability. *Cognitive Psychology*, 40 (3), 198–226. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0729>
- Chen H.H., Wu Y.C., Kuo M.D. (2004) An electromyographic assessment of anti-G straining manoeuvre. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 75, 162–167.
- Clem P. (2020) The place of psychometric testing in pilot selection. *Journal of the Australasian Society of Aerospace Medicine*, 11 (1), 1–4. <https://doi.org/10.21307/asam-2019-003>
- Cohen J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Hillsdale: Erlbaum Associates.
- Faul F., Erdfelder E., Lang A.G., Buchner A. (2007) G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39 (2), 175–191. <https://doi.org/10.21307/asam-2019-003>
- Gaździńska A., Baran P., Skibniewski F., Truszczyński O., Gaździński S., Wyleźół M. (2015) Częstość występowania nadwagi i otyłości u studentów lotniczej uczelni wojskowej a poziom ich aktywności fizycznej. *Medycyna Pracy*, 66 (5), 653–660. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00238>
- Glicksohn J., Naor-Ziv R. (2016) Personality profiling of pilots: Traits and cognitive style. *International Journal of Personality Psychology*, 2 (1), 7–14.

- Griffin G.R., Koonce J.M. (2009) Review of psychomotor skills in pilot selection research of the US military services. *The International Journal of Aviation Psychology*, 6 (2), 125–147. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0602_2
- Herrador-Colmenero M., Fernández-Vicente G., Ruiz J.R. (2014) Assessment of physical fitness in military and security forces – a systematic review. *European Journal of Human Movement*, 32, 3–28.
- Huttunen K., Keränen H., Väyrynen E., Pääkkönen R., Leino T. (2011) Effect of cognitive load on speech prosody in aviation: Evidence from military simulator flights. *Applied Ergonomics*, 42 (2), 348–357. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.005>
- Kattenbach A. (2017) Working environment of a military pilot. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, 29 (4), 183–192. <https://doi.org/10.17951/j.2016.29.4.183>
- Kłossowski M., Klukowski K., Markiewicz L. (1993) Odrębności treningu wytrzymałościowego pilotów samolotów odrzutowych. *Medycyna Lotnicza*, 1–2 (27), 71–81.
- Kłossowski M., Stelęgowski A. (2004) Ocena związku między masą i składem ciała a sprawnością fizyczną podchorążych Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych. *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej*, 10 (1), 35–42.
- Kobos Z., Truszczyński O., Jędrus R., Terelak J. (1994) Kształtowanie koordynacji wzrokowo-ruchowej pod wpływem ćwiczeń na lotniczych gimnastycznych przyrządach specjalnych. *Medycyna Lotnicza*, 1 (4), 122–125.
- Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Gómez J.M., Heitmann B.L., Kent-Smith L., Melchior J.C., Pirlich M., Scharfetter H., Schols A.M., Pichard C. (2004) Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23 (5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Leino T.K., Leppäluoto J., Ruokonen A., Kuronen P. (1999) Neuroendocrine responses and psychomotor test results in subjects participating in military pilot selection. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 70 (6), 571–576.
- Lisowski V.O., Mihuta I. Yu. (2013) Importance of coordination skills essentials psychophysical demonstrated competencies as a military specialists. *Physical Education of Students*, 6, 38–42. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.840501>
- McMahon T.W. (2019) The effect of sustained operations on the psychomotor performance of helicopter pilots, doctoral dissertation. Swinburne University.
- McMahon T.W., Newman D.G. (2015) A methodology to determine the psychomotor performance of helicopter pilots during flight maneuvers. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 86 (7), 641–646. <https://doi.org/10.3357/amhp.4258.2015>
- McMahon T.W., Newman D.G. (2018) The differential effect of sustained operations on psychomotor skills of helicopter pilots. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89 (6), 496–502. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4895.2018>
- Mohler S.R. (1972) G effects on the pilot during aerobatics, report. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine.
- Oksa J., Hamalainen O., Rissanen S., Myllyniemi J., Kuromen P. (1996) Muscle strain during aerial combat manoeuvring exercise. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 67, 1138–1143.
- Paśko W., Guła P., Brożyna M., Dziadek B., Zadarko E., Śliż M., Polak K., Przednowek K. (2022) Psychomotor abilities of candidates for Polish Special Forces. *Scientific Reports*, 12 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09138-4>
- Raczek J. (2010) *Antropomotoryka. Teoria motoryczności człowieka w zarysie*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie.

- Rintala H., Häkkinen A., Siitonen S., Kyröläinen H. (2015) Relationships between physical fitness, demands of flight duty, and musculoskeletal symptoms among military pilots. *Military Medicine*, 180 (12), 1233–1238. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00467>
- Russo M., Sing H., Kendall A., Johnson D., Santiago S., Escolas S., Holland D., Thorne D., Hall S.W., Redmond D., Thomas M. (2005) Visual perception, flight performance, and reaction time impairments in military pilots during 26 hours of continuous wake: Implications for automated workload control systems as fatigue management tools. W: *Strategies to maintain combat readiness during extended deployments – a human systems approach*, 1–16. RTO Meeting Proceedings MP-HFM-124, Paper 27.
- Sozański H. (2013) Nauka o sporcie. Teoria sportu. Teoria treningu. Technologia treningu. W: Sozański H., Czerwiński J., Sadowski J. (red.) *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego*, 33–43. Warszawa: AWF w Warszawie.
- Starosta W. (1993) Koordynacja ruchowa człowieka. W: Osiński W. (red.) *Motoryczność człowieka – jej struktura, zmienność i uwarunkowania*, 81–120. Poznań: AWF w Poznaniu.
- Starosta W. (2003) Współzależność zdolności kondycyjnych i koordynacyjnych. W: tegoż (red.) *Motoryczne zdolności koordynacyjne*, 113–118. Warszawa: Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej.
- Street D.R. Jr, Dolgin D.L. (1994) Computer-based psychomotor tests in optimal training track assignment of student naval aviators. Pensacola, Fl: Naval Aerospace Medical Research Laboratory. <https://doi.org/10.1037/e448972004-001>
- Sutter C., Oehl M. (2011) Of age effects and the role of psychomotor abilities and practice when using interaction devices. W: Marek T., Karwowski W., Rice V. (ed.) *Advances in understanding human performance*, 757–766. Boca Raton, Fl: CRC Press, Taylor and Francis. <https://doi.org/10.1201/EBK1439835012-79>
- Tan J., Sun X. (2021) The relationship between cognitive ability and flight driving performance in adolescent pilot cadets. W: *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics: 18th International Conference, EPCE 2021, held as part of the 23rd HCI International Conference, HCII 2021, Virtual Event, July 24–29, 2021, Proceedings*, 52–64. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77932-0_5
- Temme L.A., Still D.L., Fatcheric A.J. (1995) Jet pilot, helicopter pilot, and college student: a comparison of central vision. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 66 (4), 294–302.
- Tomczak A. (2015) Coordination motor skills of military pilots subjected to survival training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (9), 2460–2464. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000910>
- Tomczak A., Dąbrowski J., Mikulski T. (2017) Psychomotor performance of Polish Air Force cadets after 36 hours of survival training. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24 (3), 387–391. <https://doi.org/10.5604/12321966.1232762>
- Tomczak A., Różański P., Jówko E. (2019) Changes in coordination motor abilities of naval academy cadets during military survival training. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 90 (7), 632–636. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5302.2019>
- Truszczynski O., Lewkowicz R., Wojtkowiak M., Biernacki M.P. (2014) Reaction time in pilots during intervals of high sustained G. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 85 (11), 1114–1120. <https://doi.org/10.3357/asem.4009.2014>
- Veltman J.A., Gaillard A.W.K. (1996) Physiological indices of workload in a simulated flight task. *Biological Psychology*, 42 (3), 323–342. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(95\)05165-1](https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05165-1)

- Whinnery J.R., Parnell M.J. (1987) The effects of long-term aerobic conditioning on +Gz tolerance. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 58, 199–204.
- Wochoński Z. (2021) Evaluation of judo practitioners' motor performance in relation to the criterion of targeted fitness of pilot cadets after a 6-month training process. *Archives of Budo*, 17, 319–328.
- Wochoński Z., Jędrzyński R., Steleńkowski A. (2010) *Methodology of training on special aviation gymnastics instruments*. Dęblin: Air Force Academy.
- Wochoński Z., Kowalczyk K., Kłossowski M., Sobiech K. (2016) Effect of the centrifuge test on Blood Serum Lipid Index of cadet pilots. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23 (1), 1–5. <https://doi.org/10.5604/12321966.1184693>
- Wochoński Z., Krawczyk P., Cur K., Kobos Z. (2021) An assessment of physical efficiency in cadet pilots before and after the implementation of a program preparing for flights. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 34 (5), 647–658. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01620>
- Wochoński Z., Skrzyńska-Rękawek J., Pilaczyński P., Kobos Z. (2020) The impact of motor predispositions in cadets upon the results of the execution of Aviation-Synthetic Efficiency Test. *Archives of Budo Science, Martial Arts and Extreme Sports*, 16, 105–117.
- Wochoński Z., Sobiech K. (2014) Effect of exercise on special aviation gymnastics instruments on blond serum levels of selected biochemical indices in cadet. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21 (1), 106–111.
- Wochoński Z., Sobiech K. (2015) Post-exercise proteinuria in the cadet trained on special aerial gymnastics instruments. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 28 (5), 863–873. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00454>
- Wochoński Z., Sobiech K. (2017) Impact of special aviation gymnastics instruments training on selected hormones in cadet blood serum and plasma. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 30 (4), 655–664. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00904>
- Wochoński Z., Steleńkowski A., Kłossowski M. (2010) Zastosowanie Lotniczo-Syntetycznego Testu Sprawnościowego dla potrzeb selekcji kandydatów do Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych na samoloty wielozadaniowe typu F-16. *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej*, 4, 309–320.
- Wojtkowiak M. (1989) Ćwiczenia fizyczne przygotowujące pilotów do wykonywania prób krążeniowo-oddechowych zwiększających tolerancję przyspieszeń. *Postępy Astronautyki*, 22, 83–94.
- Ziółkowska E. (1995) Budowa ciała pilotów wojskowych. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 3, 13–20.

PRZEBIEG PRACY NAUKOWO-ZAWODOWEJ - INFORMACJE DODATKOWE

Stáže naukowe

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japonia, od 19.12.2022 r. do 17.01.2023 r.

Kitami Institute of Technology, Kitami, Japonia, od 6.07.2019 r. do 25.07.2019 r.

Projekty badawcze

„Analiza wydolności tlenowej i restytucji powysiłkowej zawodników judo polskich kadr narodowych w okresie przygotowawczym do Igrzysk Olimpijskich”, projekt finansowany w ramach dotacji AWF w Poznaniu na rozwój młodych pracowników nauki; okres projektu: 2019–2020.

Bibliometryczne podsumowanie osiągnięć

Indeks H (według JCR): 2

Liczba cytowań (według JCR): 6

Łączny Impact Factor: 8,628

Łącznie punktacja MEiN: 67 pkt do roku 2018 i 770 pkt po roku 2019

Publikacje naukowe

- **publikacje po wprowadzeniu Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.
- Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce**

Hekiert B., Prokopczyk A., Klimczak J., Sokołowski M., Guzik P. (2022) The fencing endurance test is associated with a ranking position in the national classification and body composition analysis in elite female fencers. *Archives of Budo*, 18, 225-230.

Publikacja przyjęta do druku (Abstract zamieszczony na stronie czasopisma).

punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 1,338

Jalowska P., Prokopczyk A. (2022) Physical fitness of students based on a test used to assess the physical fitness of soldiers of the National Reserve Forces. *Physical Education of Students*, 26 (5), 224–233. <https://doi.org/10.15561/20755279.2022.0502>

punktacja MEiN: 100

Prokopczyk A., Sokołowski M. (2022) Aerobic capacity and restitution efficiency level in relation to the training experience and weekly training volume of male and female judo national team members in the cadet age group (U18) during the preparatory period. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (17), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711142>

punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 4,614

Hekiert B., Prokopczyk A., Klimczak J., Sokołowski M. (2021) Relationship of the results of the modified special endurance test in fencing with the indicators of training experience, aerobic capacity and motor skills of top female fencing athletes. *Archives of Budo*, 17, 341–347.
punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 1,338

Prokopczyk A. (2021) Comprehensive and special physical fitness of judo athletes of provincial national teams in the age groups: youngster (U16) and junior (U21). *Scientific Journal of the Military University of Land Forces*, 202 (4), 680–689. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6173>
punktacja MEiN: 20

Prokopczyk A., Sokołowski M. (2021) Impact of training experience and training total time on aerobic capacity and level of effective restitution of female Polish Judo National Team athletes during the preparation for the Olympic Games. *Archives of Budo*, 17, 35–41.
punktacja MEiN: 140; Impact Factor: 1,338

Prokopczyk A., Sokołowski M. (2020) Training experience and weekly training total time vs. aerobic capacity and level of effective restitution of male Polish Judo National Senior Team athletes during the preparation period for the Olympic Games. *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 16, 63–69.
punktacja MEiN: 70

Prokopczyk A. (2019) Prywatne firmy militarne – wiedza i odbiór społeczny wśród potencjalnych pracowników sfery bezpieczeństwa międzynarodowego. *Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla bezpieczeństwa*, 42 (1), 139–156.
punktacja MEiN: 20

Łącznie: punktacja MEiN: 770; Impact Factor 2022: 8,628

- **publikacje przed wprowadzeniem Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.
– Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce**

Prokopczyk A. (2018) Prywatne firmy militarne – normatywne uwarunkowania funkcjonowania w prawie międzynarodowym. *Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla bezpieczeństwa*, 40 (3), 125–136.
punktacja MNiSW: 9

Prokopczyk A. (2018) Prywatne firmy militarne – szanse i zagrożenia. *Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla bezpieczeństwa*, 41 (4), 117–128.
punktacja MNiSW: 9

Prokopczyk A. (2018) Prywatne firmy militarne w ujęciu historycznym, teoretycznym i praktycznym. *Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla bezpieczeństwa*, 38 (1), 123–135.
punktacja MNiSW: 9

Prokopczyk A., Gomołysek A., Łowiński T. (2018) Opinia studentów, kierunku wychowanie fizyczne, o prozdrowotnej roli aktywności fizycznej w okresie późnej adolescencji. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 39 (3), 5–16.
punktacja MNiSW: 4

Łowiński T., Gomołysek A., Prokopczyk A. (2018) Aktywność fizyczna w czasie wolnym wybranych grup funkcjonariuszy policji w kontekście redukcji stresu. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 39 (3), 27–37.

punktacja MNiSW: 4

Łowiński T., Gomołysek A., Prokopczyk A. (2018) Nawyki żywieniowe wybranych grup funkcjonariuszy policji w kontekście redukcji stresu. *Sport i Turystyka. Środkowoeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 1 (2), 103–116. <https://doi.org/10.16926/sit.2018.01.17>

punktacja MNiSW: 8

Prokopczyk A., Marcinów D. (2018) Struktura wiekowa a poziom ogólnej sprawności fizycznej funkcjonariuszy Straży Granicznej. W: Zawieja-Żurkowska K., Waligórska-Kotfas A. (red.) *Wybrane problemy współczesnego społeczeństwa i gospodarki. Bezpieczeństwo – Edukacja – Ekonomia*, 55–66. Konin: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie.

punktacja MNiSW: 5

Prokopczyk A., Walczak M. (2018) Uczniowie motywowani wewnątrznie podczas lekcji wychowania fizycznego lepiej radzą sobie ze stresem w życiu codziennym. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku*, 37 (1), 23–35.

punktacja MNiSW: 4

Prokopczyk A. (2017) Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy jako forma zarządzania bezpieczeństwem narodowym Polski. W: Sokołowski M., Mrozkowiak M., Tomczak A. (red.) *Aspekty systemu bezpieczeństwa narodowego Polski – wyzwania i zagrożenia. Aspects of Polish national security – challenges and threats*, 179–192. Warszawa: Polskie Towarzystwo Naukowe Kultury Fizycznej, Sekcja Kultury Fizycznej w Wojsku.

punktacja MNiSW: 5

Prokopczyk A., Walczak M. (2017) Poczucie własnej skuteczności i klimat autonomii – wsparcia jako determinanty motywacji wewnętrznej do lekcji wychowania fizycznego kadetów szkół mundurowanych. W: Kaiser A. (red.) *Praca i czas wolny w kontekście zdrowia funkcjonariuszy grup dyspozycyjnych. Work and leisure in the context of health of dispositional group officers*, 143–157. Warszawa: Polskie Towarzystwo Naukowe Kultury Fizycznej, Sekcja Kultury Fizycznej w Wojsku.

punktacja MNiSW: 5

Wójcik A., Prokopczyk A. (2017) Aktywny strzelec – aspekty ewakuacji w polskiej placówce oświatowej. W: Ślachcińska E. (red.) *Determinanty kształtowania bezpieczeństwa wewnętrznego*, 23–36. Poznań: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu.

punktacja MNiSW: 5

Łącznie: punktacja MNiSW: 67

Udział w konferencjach naukowych

XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kultura fizyczna w służbach mundurowych – wczoraj – dziś – jutro”, 27.10.2022 r., Poznań; sekretarz Komitetu Organizacyjnego.

XIX Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Europa XXI wieku”, 7–8.02.2019 r., Słubice; wystąpienie: *Private Military Companies – szanse i zagrożenia dla bezpieczeństwa państwa*.

III Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Kryzysy współczesnego świata. Różne ujęcia problemów globalnych”, 20-21.04.2018 r., Poznań; wystąpienie: *Ontogenetyczne uwarunkowania motoryczności funkcjonariuszy grup dyspozycyjnych a poziom bezpieczeństwa narodowego*.

III Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Społeczeństwo i gospodarka. Współczesne dylematy i wyzwania rozwojowe”, 23.03.2018 r., Konin; wystąpienie: *Struktura wiekowa a ogólna sprawność fizyczna funkcjonariuszy Straży Granicznej*.

XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Europa XXI wieku”, 1–2.02.2018 r., Słubice; wystąpienie: *Private Military Companies – nowe normatywne zagrożenie dla Europy Środkowo-Wschodniej*.

XXII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Aktywność ruchowa ludzi w różnym wieku”, 7–8.12.2017 r., Szczecin/Małkocin; wystąpienie: *Uczniowie motywowani wewnątrznie do lekcji wychowania fizycznego lepiej radzą sobie ze stresem w życiu codziennym*, wystąpienie: *Analiza prozdrowotnej roli aktywności fizycznej w okresie późnego dorostania*; nagroda International Association of Sport Kinetics za najlepsze wystąpienie dla młodego pracownika naukowego.

XI Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Biospołeczne uwarunkowania służby w grupach dyspozycyjnych w aspekcie bezpieczeństwa narodowego”, 22.06.2017 r., Poznań; wystąpienie: *Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy jako forma zarządzania bezpieczeństwem narodowym Polski*, wystąpienie: *Poczucie własnej skuteczności i klimat autonomii – wsparcia jako determinanty motywacji wewnętrznej do lekcji wychowania fizycznego szkół mundurowych*.

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa dla Studentów i Młodych Pracowników Naukowych „Zarządzanie kryzysowe jako element systemu bezpieczeństwa narodowego. Miejsce i rola służb ratowniczych”, 10.06.2015 r., Poznań; wystąpienie: *Siatka bezpieczeństwa obiektu szczególnie ważnego z perspektywy zarządzania kryzysowego w Polsce*.

Dodatkowa działalność środowiskowa

Przedstawiciel i pełnomocnik AWF w Poznaniu w programie „Edukacja” Polskiego Związku Judo, dotyczącego tworzenia Sektorowych Ram Kwalifikacji Zawodowych w sporcie wyczynowym judo.

Kierownik merytoryczny studiów podyplomowych edukacja dla bezpieczeństwa, realizowanych w AWF w Poznaniu.

Kierownik kursów instruktora rekreacji ruchowej – samoobrona oraz fitness ćwiczenia siłowe, organizowanych przez Centrum Doskonalenia Kadr i Szkoleń AWF w Poznaniu.
Członek zwyczajny Polskiego Towarzystwa Studiów Międzynarodowych.

ZAŁĄCZNIK 1. OŚWIADCZENIA

rol. 76

Poznań, 18.11.2022r.

mgr Adam Prokopczyk
imię i nazwisko kandydata

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania Panu mgr Adamowi Prokopczyk stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie kandydata

Oświadczam, że mój wkład w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej pt.

„Wpływ ukierunkowanego i specjalnego procesu treningowego na przygotowanie podchorążych-pilotów samolotów szkolno-treningowych do lotów”

polegał na*:

- publikacja 1 – opracowanie koncepcji projektu badań, przeprowadzenie badań, przygotowanie bazy badanych, wykonanie analizy statystycznej, interpretacja wyników, przygotowanie manuskryptu, złożenie publikacji do redakcji, prowadzenie korespondencji z Redakcją i Recenzentami, nakładanie korekt oraz wypełnianie wszelkich koniecznych do publikacji oświadczeń, przeczytanie i akceptacja ostatecznej wersji manuskryptu.

- publikacja 2 – opracowanie koncepcji projektu badań, przeprowadzenie badań, przygotowanie bazy badanych, wykonanie analizy statystycznej, interpretacja wyników, przygotowanie manuskryptu, złożenie publikacji do redakcji prowadzenie korespondencji z Redakcją i Recenzentami, nakładanie korekt oraz wypełnianie wszelkich koniecznych do publikacji oświadczeń, przeczytanie i akceptacja ostatecznej wersji manuskryptu.


.....
podpis kandydata

rol. 56

Poznań, 18.11.2022r.

prof. LAW dr hab. Zbigniew Wochoński
imię i nazwisko promotora

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania Panu mgr Adamowi Prokopczyk stopnia doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

Oświadczenie promotora

Oświadczam, że mój wkład w powstanie przedłożonej rozprawy doktorskiej pt.
„Wpływ ukierunkowanego i specjalnego procesu treningowego na przygotowanie podchorążych-pilotów samolotów szkolno-treningowych do lotów”

polegał na*:

- publikacja 1 – opracowanie koncepcji projektu badań, współprowadzenie badań, wykonanie analizy statystycznej, interpretacja wyników badań, przeczytanie i akceptacja ostatecznej wersji manuskryptu.

- publikacja 2 – opracowanie koncepcji projektu badań, współprowadzenie badań, wykonanie analizy statystycznej, interpretacja wyników badań, przeczytanie i akceptacja ostatecznej wersji manuskryptu.


.....
podpis promotora

RESEARCH

Open Access



Changes in physical fitness and body composition of pilot cadets before and after a process of directed flight preparation

Adam Prokopczyk^{1*} and Zbigniew Wochoński²**Abstract**

Objectives: The aim of the study was to check the changes in the level of physical fitness and body composition after a directed training process in cadets—pilots, in relation to control group.

Material and methods: The study involved 29 cadets studying at the Air Force Military Academy in Dęblin. Group A (study group)—second year pilots (n = 17), male, with an average age of 19.94 ± 1.3 years, studying to become an aircraft pilot, who realized 35-h directed training process based on the Aviation Synthetic Efficiency Test (ASET) and group B (control group)—second year in the field of ground navigation (n = 12), male, with an average age of 19.83 ± 1.27 years, completing the standard physical education process. In both groups, the fitness tests and physiological studies were conducted twice time: before starting the training process—study I; after the training process—study II. Fat mass (FM), fat-free mass (FFM), muscle mass (MM), total body water (TBW), extracellular water (ECW) and intracellular water (ICW) were measurement with using the bioimpedance method with using body composition analyzer the AKERN 101 type BIA 101SE.

Results: In group A in study II, fitness was at a good level, while in group B it was below the standard expected for pilots. There was statistically significant decrease in fat mass (FM) and increase in fat-free mass (FFM), muscle mass (MM), total body water (TBW) in group A compared to group B. In study II, group A showed no significant correlation between ASET and FM, FFM, MM, TBW while group B showed statistically significant correlations.

Conclusions: The results obtained in study II showed an increase in directed physical fitness in groups A and B, as measured by ASET. In both groups A and B, the training process decreased FM and increased FFM, MM, and TBW, but a greater effect of these changes was observed in group A.

Keywords: Directed training process, Aviation Synthetic Efficiency Test, Body composition, Motor type, Cadet pilots, Physical fitness

Introduction

The directed training process is one of the most important elements in preparing pilots for flight. This preparation consists in the implementation of

a training process by pilots to master the ability to perform the anti-overload maneuver (maneuver-1) using skeletal muscles (lower limbs, upper limbs and abdominal muscles). Electromyographic studies have shown that the following skeletal muscles are involved in the anti-overload maneuver: m. latissimus dorsi, m. intercostalis, m. buccinator m. sternocleidomastoideus, diaphragma, m. pectoralis major [1] and m. rectus femoris, m. rectus abdominis, m. erector spinae [2]. Among the negative factors of flight,

*Correspondence: prokopczyk@awf.poznan.pl

¹ Department of Sports and Defence Education, Faculty of Sport Sciences, Poznan University of Physical Education, Poznan, Poland
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

the most frequent were situations requiring rapid reaction, especially accelerations (overloads) of +Gz type (head–legs direction) [3, 4]. Therefore, the modern process of directed fitness preparation of pilots requires monitoring of physical loads (to ensure optimal load), appropriate selection and motor adaptation (predisposition) in the pilot's working environment. The Aviation Synthetic Efficiency Test (ASET) and an analytical test consisting of a 40 m run, a 100 m run, a 1000 m run, and a pull-ups were used to achieve this goal [5–8]. Determination of baseline motor predispositions was necessary to identify the motor types that would achieve maximum performance while completing the ASET [7]. Determination of motor predispositions was also used to determine the optimal load for pilots in the training process, ensuring a high level of motor coordination [6, 8, 9] and to prepare for the next stage of special training [10]. The pilot's directed training process loaded the skeletal muscles required to perform maneuver-1, and thus induced physiological changes in the body, such as a change in heart rate and changes in body components after its execution. Moreover, changes in body composition components could extend the diagnostic value of pilots' directed flight preparation [5, 11–13]. They were an important factor in modifying a pilot's diet [14], as well as the intensity (load) of exercise. These factors had a significant impact on the safety and effectiveness of the flight mission [15].

To date, the relationship between body components and directed fitness preparation of pilots for flight has not been analyzed. Therefore, a study was undertaken to analyze the magnitude of changes in body components such as fat mass (FM), fat-free mass (FFM), muscle mass (MM), total water content (TBW), extracellular water content (ECW), and intracellular water content (ICW) before and after a directed training process involving skeletal muscles responsible for performing the anti-overload maneuver.

The authors in this study hypothesized that the directed training process of the pilot would improve fitness levels as measured by the Aviation Synthetic Efficiency Test (ASET) and decrease fat mass and increase fat-free mass and muscle mass in the study group relative to the control group.

The authors also hypothesized that the correlations that existed between body components and the Aviation Synthetic Efficiency Test (ASET) and analytical fitness test would allow assessment of the effects of the training process on motor skills that may influence changes in fat mass (FM), fat-free mass (FMM), and muscle mass (MM) in the study group relative to the control group.

Material and methods

Subject

The study included 29 cadets in two male groups studying at the Air Force Military Academy in Dęblin. Group A (study; $n=17$) was represented by cadets with an average age of 19.94 ± 1.3 years studying to become an aircraft pilot. Group B (control; $n=12$) consisted of cadets with an average age of 19.83 ± 1.27 years studying ground navigation. In both groups fitness and physiological tests were performed twice: before the training process—study I; after the training process—study II. The following somatic parameters were examined: body mass, body height and BMI. In group A in study I: body mass was 76.32 ± 9.37 [kg], body height was 178.63 ± 6.74 [cm] and BMI 23.94 ± 2.83 [kg m^{-2}], while study II showed a body mass of 76.7 ± 9.84 [kg] and a BMI of 23.97 ± 2.64 [kg m^{-2}]. In group B, the somatic parameters examined in study I, were as follows: body mass 79.65 ± 12.10 [kg], body height 181.66 ± 7.93 [cm] and BMI 24.04 ± 2.45 [kg m^{-2}], while in study II: body mass 81.1 ± 11.06 [kg], and BMI 24.5 ± 2.24 [kg m^{-2}]. Body height was unchanged in both studies, in both groups. In group A and B between study I and II in body mass and BMI there was no significant difference. Using Student's t-test there was a difference between groups A and B for body mass ($p=0.41$), and BMI ($p=0.92$) in study I and in study II respectively ($p=0.27$) and ($p=0.57$).

Ethical issue

The investigators obtained the approval of the Bioethics Committee, at the Medical University of Poznan, issued on May 15, 2019, with the number 610/19.

Physiological study

Heart rate (HR) and body components were measured twice in both groups in study I and II. Analysis of the dynamics of HR changes was recorded before and after ASET using POLAR—TEAM 2 system. POLAR—TEAM 2 system was also used during the training unit to monitor the training intensity. Cadets during study I and study II was wearing directly on center the chest a strap with wireless transmitter. Each strap with the transmitter was connected to the POLAR TEAM 2 system from which the HR values were read. Based on that measures was given the intensity range of the training process, HR before execution ASET and HR after execution ASET.

Analysis of body components

Measurement was performed with an AKERN type BIA 101SE body composition analyzer according to the guidelines for body components issued by the European Society of Parenteral and Enteral Nutrition (ESPEN). During the analysis of body components, the subject was

in a supine position with his limbs at a 30-degree deviation from the body axis. Electrodes were adhered to the skin on the hand and on the foot. On the hand, they were stuck on the medial surface between the wrist joint and the third metacarpophalangeal joint, 4 cm from the metacarpophalangeal joint. On the foot, on the medial top part of the foot, between the ankle and shin joint and the third metatarsophalangeal joint, at a distance of 7 cm from the metatarsophalangeal joint. Before sticking the electrodes, the skin was washed with gauze and disinfectant [16].

Fitness tests

An analytical fitness test was conducted to assess the level of general fitness. This test consisted of 40 m, 100 m and 1000 m run and pull-ups. It was conducted before and after the training process. Time measurement during the running trials was performed with an accuracy of 0.01 s. The pull-ups on the bar were performed with an overhand grip from an overhanging position, keeping the elbow joints straight. The subject had to pull up to such a height that his chin was above the bar in order to be considered a correctly performed repetition. The Aviation Synthetic Efficiency Test (ASET) was used to assess the cadets' level of directed physical fitness.

Aviation Synthetic Efficiency Test (ASET)

This is a test consisting of 16 stations and is performed in a timed manner. All stations included in the test are located at a distance of 60 m. The test includes such

fitness elements as speed, strength, endurance, flexibility, and jumping ability (e.g. roll over, rolling, jumping, and numerous changes in body position in relation to the ground) (Fig. 1). It is a complex test in terms of difficulty of execution, with high intensity and short work volume. This test diagnoses the subjects in terms of ability to adapt motor activities to changing conditions and situations (orientation), quick reaction, balance and motor adaptation to the pilot's work environment [5, 6]. The exercise stations are set in the right order in such a way that they provide a stimulus of influence for those muscle parts that are involved in the anti-overload maneuver. The following scale is used to evaluate the result (time) obtained during the test.

Assessment criteria

Time and assessment standards for men when performing ASET:

- 43 s—very good grade;
- 45 s—good grade;
- 47 s—satisfactory grade.

Study group training program

The study group was implementing a directed training program as a didactic element of the "pilot" course at the Air Force Military Academy in Dęblin. The training program included 35 training hours and was conducted over a period of 60 days. Training unit included 2

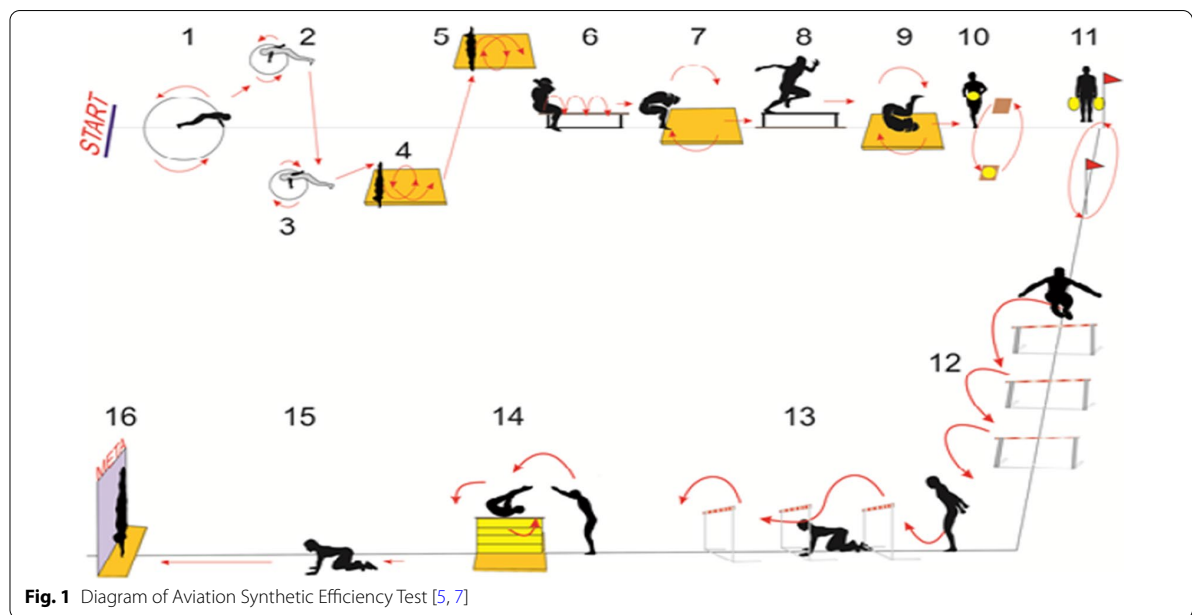


Fig. 1 Diagram of Aviation Synthetic Efficiency Test [5, 7]

training hours and was 90 min long. In every week were two training sessions. The purpose of the directed training of pilots is to improve the level of physical fitness by mastering physical exercises affecting the muscle groups involved in the execution of the muscle-tensioning maneuver (increasing the tolerance of acceleration +Gz) and improving spatial orientation, agility and motor coordination [8]. Each training session included a 20-min general warm-up. The main part of trainings included speed-strength, strength-endurance, speed-agility exercises. The program included an obstacle courses running, jump exercises, forward and backward flips, balance exercises with the use of devices, exercises with an external load. The final part of trainings included stretching exercises for all parts of the body. In the main part of each trainings cadets had 3 series of exercises. In each series was 8–9 exercises and 3 min of rest between each series. Time of each exercise was 15–20 s of maximum intensity. After every exercise cadets had 25–35 s of rest. During rest cadets did only breathing exercises. Duration of exercise and rest was regulated by the teacher. The stage of directed physical preparation of pilots for flying in high-maneuverability aircraft is preceded by training on Special Aviation Gymnastics Instruments (SAGI) [17]. Based on the heart rate index, the trainings aimed at shaping the directed physical fitness of the pilot were conducted in the zone of aerobic-anaerobic metabolism with the predominance of anaerobic metabolism. The average intensity level of a given training unit measured HR was maintained in the range of 140–170 bpm. The training units were conducted using the repetition, interval, circuit, station and stream methods.

Training program for the control group

The control group followed a standard physical education program designed for Polish Army cadets. The program included a set of general development exercises, team games and elements of hand-to-hand combat. Training unit included 2 training hours and lasted 90 min. The training program included 35 training hours and was conducted over a period of 60 days. Based on the heart rate index the trainings were conducted in the zone of aerobic metabolism. The average intensity level of a given training unit as measured by HR was kept in the range of 130–140 bpm. The training units were conducted using repetition, station and traditional methods.

All subjects were provided with the same living and eating conditions. The cadets received a standard diet according to the principles of mass nutrition. Daily rations consisted of an average of 4500 kcal, including 150 g of fat (30%), 112.5 g of protein (10%), and 675 g of carbohydrates (60%). The cadets in both groups drank water before and after training, about 1 l in total. They

performed the exercises in the ambient temperature of 18 °C.

Statistical analysis

Descriptive statistics were used in the study by calculating for study I and II arithmetic mean (M), standard deviation (SD); for the study group (group A) and the control group (group B). The results of study I and II were subjected to normality distribution analysis using Shapiro–Wilk Test. The homogeneity of variance was measured with Levene's test. Comparisons of the parameters between groups A versus B and study I and study II was carried out by two-factor analysis of variance Anova with repeated measures. Was used for measured the difference in scores between group A and group B in study I and study II used analysis of variance the Tukey's test (HSD) post hoc pairwise. The effect size between fitness tests and body components at study I and study II was assessed using Hedges'g test for dependent samples. The effect size between groups was assessed using Hedges'g test for independent samples. Pearson's (r)-correlation between body components and physical fitness tests was calculated. The obtained calculation values were considered statistically significant with $p < 0.05$. Statistical analysis was performed using the Statistica 13.3 program.

Results

The results in Table 1 in group A after the preparation period (study II) showed a statistically significant lower HR after ASET, better performance in the 100 m run, worse performance in the 1000 m run and an increase in the number of pull-ups compared to the values before the training process (study I). In addition, in group A, the study showed statistically significant changes in the composition of body components in the increase of MM [kg] and TBW [kg] values in study II compared to study I. In group B, study II showed statistically significant lower HR after completing ASET, better performance in ASET, better performance in 40 m run, better performance in 100 m run, worse performance in 1000 m run and increase in number of pull-ups compared to study I (Table 1). The other results showed no statistically significant changes.

The results in Table 2 showed a statistically significant difference in study I between group A and B in ASET [s], FAT [kg and %], FFM [%], MM [%], TBW [%] with Hedges'g effect size value in favor of group A. In study II, there was a statistically significant difference in FM [kg and %], FFM [%], MM [%], TBW [%] between group A and B with a value of Hedges'g effect size in favor of group A (Table 2). The other results showed no significant change.

Table 1 Comparison of motor skills, heart rate and body components, between study I and II in groups A (n = 17) and B (n = 12)

Variable	M ± SD		Hedges g test	F	p
	Study I	Study II			
ASET [s]					
Group A	45.54 ± 2.59	44.89 ± 4.08	0.19	0.30	0.54
Group B	53.40 ± 2.73	47.40 ± 4.03	1.74	18.18	<0.0001
HR before execution ASET [bpm]					
Group A	81.12 ± 13.16	85.53 ± 8.89	0.39	1.31	0.27
Group B	80.17 ± 13.74	90.75 ± 11.41	0.83	4.21	0.05
HR after execution ASET [bpm]					
Group A	186.59 ± 6.74	180.12 ± 13.96	0.59	2.99	<0.05
Group B	190.08 ± 4.50	185.67 ± 6.11	0.82	4.06	<0.05
40 m run [s]					
Group A	5.69 ± 0.33	5.79 ± 0.65	0.19	0.29	0.58
Group B	5.77 ± 0.37	5.43 ± 0.36	0.93	17.65	<0.0001
100 m run [s]					
Group A	13.74 ± 0.84	13.02 ± 0.70	0.93	7.47	<0.05
Group B	13.72 ± 0.56	12.83 ± 0.73	1.36	11.29	<0.002
1000 m run [s]					
Group A	218.65 ± 34.59	252.03 ± 23.98	1.12	10.69	<0.01
Group B	212.92 ± 12.49	260.94 ± 29.80	2.10	26.51	<0.0001
Pull-ups on the bar					
Group A	11.29 ± 2.95	13.94 ± 2.28	1.00	8.56	<0.01
Group B	10.25 ± 3.08	12.92 ± 1.93	1.03	6.46	<0.01
FM [kg]					
Group A	11.95 ± 3.80	10.58 ± 5.13	0.30	0.98	0.18
Group B	15.44 ± 3.00	14.53 ± 4.63	0.23	1.20	0.22
FM [%]					
Group A	15.56 ± 4.09	13.31 ± 4.97	0.49	2.16	0.09
Group B	19.48 ± 1.69	17.95 ± 4.24	0.47	1.43	0.16
FFM [kg]					
Group A	64.55 ± 7.05	66.22 ± 5.78	0.25	1.66	0.18
Group B	64.09 ± 9.31	65.08 ± 7.81	0.11	0.67	0.48
FFM [%]					
Group A	84.34 ± 4.23	86.77 ± 5.00	0.52	2.34	0.07
Group B	81.08 ± 1.81	82.06 ± 4.25	0.30	0.57	0.43
MM [kg]					
Group A	43.93 ± 4.63	46.24 ± 4.36	0.51	3.86	<0.02
Group B	44.59 ± 6.80	44.77 ± 5.47	0.03	0.10	0.86
MM [%]					
Group A	58.50 ± 2.74	60.57 ± 4.02	0.60	3.15	0.05
Group B	56.34 ± 1.66	56.45 ± 3.06	0.04	0.01	0.90
TBW [kg]					
Group A	46.39 ± 5.02	48.44 ± 4.23	0.44	2.84	<0.05
Group B	46.66 ± 6.56	47.59 ± 5.70	0.15	1.13	0.32
TBW [%]					
Group A	61.77 ± 3.04	63.45 ± 3.67	0.49	2.41	0.08
Group B	59.05 ± 1.20	60.02 ± 3.15	0.40	1.41	0.25
ECW [kg]					
Group A	21.86 ± 5.80	19.48 ± 1.97	0.55	2.64	0.08
Group B	23.22 ± 7.44	19.64 ± 2.42	0.64	2.54	0.10

Table 1 (continued)

Variable	M ± SD		Hedges g test	F	p
	Study I	Study II			
ECW [%]					
Group A	40.85 ± 1.84	40.19 ± 2.29	0.31	0.93	0.29
Group B	40.59 ± 1.46	41.30 ± 1.73	0.44	2.29	0.08
ICW [kg]					
Group A	31.68 ± 8.75	28.90 ± 2.87	0.42	1.57	0.19
Group B	34.46 ± 12.18	27.90 ± 3.48	0.73	3.22	0.06
ICW [%]					
Group A	58.94 ± 1.75	58.97 ± 3.21	0.01	0.001	0.97
Group B	59.60 ± 1.73	58.61 ± 1.73	0.57	3.95	0.06

M ± SD mean, standard deviation, Group A group of cadets pilots, Group B control group, Study I study before the training process, Study II study after the training proces, ASET Aviation Synthetic Efficiency Test, FM fat mass, FFM free fat mass, MM muscle mass, TBW total body water, ECW extracellular water, ICW intracellular water

In group A, study I revealed significant correlation results between BM and BH, body components and motor skills (40 m, 100 m and 1000 m run and pull-ups) and ASET. A significant correlation was observed between BH and 100 m run ($p < 0.01$). Significant correlation was also observed between 1000 m distance and MM [kg], ECW [%], ICW [%]. In group A of study II, correlations between body composition components and motor skills were not significant (Table 3).

In group B before the training process, there was a statistically significant correlation between 40 m run and ECW [kg] and ICW [kg] content. A significant correlation was also observed between pull-ups with ECW [%] and ICW [%] content. After the training process in group B, a statistically significant correlation was observed between ASET and BM [kg], FM [kg], FFM [kg], MM [kg], TBW [kg], ECW [kg], ICW [kg]. Statistically significant correlation was found between 100 m run and BH [cm], BM [kg], FFM [kg], TBW [kg], ECW [kg] as well as between 1000 m run and FFM [kg], MM [kg], ECW [kg]. Statistically significant correlation was also found between pull-ups and BM [kg] and MM [kg] (Table 4).

In group A in study I there was statistically significant correlation between ASET and pull-ups and in study II between ASET and 40 m run, 100 m run and pull-ups. In group B, a statistically significant correlation was found between ASET and 100 m run in study I and II (Table 5).

Discussion

Based on the results of the study, it was concluded that the applied training process in group A (study) has an effect on the increase of directed fitness in pilots. This is evidenced by the better result in study II compared to study I. In addition, better fitness may have been influenced by motor predisposition to the pilot’s work environment (achieving a score within the accepted

evaluation criteria for pilots in Study I). Group B achieved a significant improvement in directed physical fitness in Study II, but below the lower limit of the accepted score. Therefore, a high statistically significant difference was found in Study I between Group A and B in overcoming ASET. Study II showed a significant difference between groups A and B, but not statistically significant. This could indicate that the training program had an effect on directed fitness (as measured by ASET) in group B, but below the accepted evaluation criteria for pilots. In Study II, the difference in directed fitness between the groups was due to the different application of the training programs, and may also have been influenced by motor predisposition in the subjects with respect to body mass. From the analysis of the results of the motor skills, based on the results of the 40 m run, 100 m run, 1000 m run and pull-ups, it can be seen that group A showed speed/strength motor dominance during the training process and group B showed speed dominance. This could be confirmed by significant correlations between ASET scores and 40 m run, 100 m run and pull-ups in group A and correlations between ASET scores and 100 m run in group B. In an earlier study on cadet pilots, it was found that the endurance/speed motor type in the group with body mass up to 73.8 kg, the endurance/strength motor type in the group with body mass above 73.8 kg, and the endurance/strength motor type in the group of all subjects obtained the best results in overcoming the ASET [7]. In the overload centrifuge test conducted on cadet pilots to assess their level of performance of the anti-overload maneuver, it was found that the subjects with endurance/strength abilities achieved the best results. This study was monitored by lipid index, which confirmed this fact [18]. In a recent study, it was shown that the correlation between ASET and motor ability scores

Table 2 Comparison of motor skills, heart rate, and body components, between groups A (n = 17) and B (n = 12) in study I and II

Variable	M ± SD		Hedges g test	F	p
	Group A	Group B			
ASET [s]					
Study I	45.54 ± 2.59	53.40 ± 2.73	2.97	62.03	< 0.0001
Study II	44.89 ± 4.08	47.40 ± 4.03	0.61	2.68	0.11
HR before execution ASET [bpm]					
Study I	81.12 ± 13.16	80.17 ± 13.74	0.07	0.03	0.85
Study II	85.53 ± 8.89	90.75 ± 11.41	0.52	1.91	0.17
HR after execution ASET [bpm]					
Study I	186.59 ± 6.74	190.08 ± 4.50	0.58	2.44	0.12
Study II	180.11 ± 13.96	185.67 ± 6.11	0.48	1.65	0.20
40 m run [s]					
Study I	5.69 ± 0.33	5.77 ± 0.35	0.23	0.40	0.53
Study II	5.79 ± 0.65	5.43 ± 0.36	0.65	2.98	0.09
100 m run [s]					
Study I	13.74 ± 0.84	13.72 ± 0.56	0.03	0.01	0.92
Study II	13.02 ± 0.70	12.83 ± 0.73	0.26	0.49	0.48
1000 m run [s]					
Study I	218.65 ± 34.59	212.92 ± 12.49	0.20	0.29	0.58
Study II	252.03 ± 23.98	260.94 ± 29.80	0.48	0.79	0.38
Pull-ups on the bar					
Study I	11.29 ± 2.95	10.25 ± 3.08	0.34	0.84	0.36
Study II	13.94 ± 2.28	12.92 ± 1.93	0.47	1.60	0.21
FM [kg]					
Study I	11.95 ± 3.80	15.44 ± 3.01	0.99	7.01	< 0.02
Study II	10.58 ± 5.13	14.53 ± 4.63	0.80	4.51	< 0.05
FM [%]					
Study I	15.56 ± 4.09	19.48 ± 1.69	1.17	9.73	< 0.005
Study II	13.31 ± 4.97	17.95 ± 4.24	0.99	6.88	< 0.02
FFM [kg]					
Study I	64.55 ± 7.05	64.09 ± 9.32	0.05	0.02	0.88
Study II	66.22 ± 5.78	65.08 ± 7.81	0.17	0.20	0.65
FFM [%]					
Study I	84.34 ± 4.23	81.08 ± 1.81	0.94	6.26	< 0.02
Study II	86.77 ± 5.00	82.06 ± 4.25	1.00	7.02	< 0.02
MM [kg]					
Study I	43.93 ± 4.63	44.59 ± 6.80	0.11	0.09	0.75
Study II	46.24 ± 4.36	44.77 ± 5.47	0.30	0.64	0.42
MM [%]					
Study I	58.50 ± 2.74	56.34 ± 1.66	0.91	5.91	< 0.05
Study II	60.57 ± 4.02	56.45 ± 3.06	1.12	8.88	< 0.01
TBW [kg]					
Study I	46.39 ± 5.02	46.66 ± 6.56	0.04	0.01	0.90
Study II	48.44 ± 4.23	47.59 ± 5.70	0.17	0.21	0.64
TBW [%]					
Study I	61.77 ± 3.04	59.05 ± 1.20	1.16	8.56	< 0.01
Study II	63.45 ± 3.67	60.02 ± 3.15	0.99	6.88	< 0.02
ECW [kg]					
Study I	21.86 ± 5.80	23.22 ± 7.44	0.20	0.30	0.58
Study II	19.48 ± 1.97	19.64 ± 2.42	0.07	0.04	0.84

Table 2 (continued)

Variable	M ± SD		Hedges g test	F	p
	Group A	Group B			
ECW [%]					
Study I	40.85 ± 1.84	40.59 ± 1.46	0.15	0.16	0.68
Study II	40.19 ± 2.29	41.30 ± 1.73	0.53	2.02	0.16
ICW [kg]					
Study I	31.68 ± 8.75	34.46 ± 12.18	0.27	0.51	0.47
Study II	28.90 ± 2.87	27.90 ± 3.48	0.32	0.71	0.40
ICW [%]					
Study I	58.94 ± 1.75	59.60 ± 1.73	0.37	0.99	0.32
Study II	58.97 ± 3.21	58.61 ± 1.73	0.13	0.12	0.72

M ± SD mean, standard deviation, Group A group of cadets pilots, Group B control group, Study I study before the training process, Study II study after the training process, ASET Aviation Synthetic Efficiency Test, FM fat mass, FFM free fat mass, MM muscle mass, TBW total body water, ECW extracellular water, ICW intracellular water

of subjects is helpful in guiding the optimization of the training process for pilots [6]. Optimization of the training process determines the maximum speed of overcoming ASET [6]. In the study of Wochyński et al. [8], it was shown that obtaining maximum results in the analytical test, i.e. in the 1000 m run, 100 m run and pull-ups resulted in a simultaneous deterioration of the results in overcoming the LSTS due to the reduction (disruption) of motor coordination. Starosta's observed that excessive physical load in shaping motor skills may reduce the level of motor coordination [19]. Coordination abilities are more strongly genetically conditioned, and the development of strength and endurance abilities has an exceptionally colliding character. At the same time, their rapid development may inhibit or reduce the development of almost all coordination skills. The fact of exceeding the load in the formation of general physical fitness (e.g. in endurance exercises) may be closely related to the decrease in the level of motor skills and motor abilities necessary for the pilot. The relationship of load magnitude with a decrease in motor coordination has also been observed in other scientific works [20–22]. In group A, the decrease of the score at the distance of 1000 m could be justified by the emphasis on strength and speed training in order to achieve maximum speed in overcoming ASET at lower somatic parameters (height and body mass) than in group B. In group B, the decrease in the 1000 m distance score could be justified by the fact that the training process was less optimized compared to group A. Moreover, the training emphasis was on speed and in accordance with the group's predispositions for this motor ability with higher somatic parameters than in group A. It seems that in both groups the level of running endurance achieved in study I with consideration of somatic characteristics would be an obstacle

(interference) in reaching the maximum speed of overcoming ASET presented in study II. In the process of pilot training, running endurance was always the most important element that influenced the level of performance of the anti-overload maneuver. It was shown in pilots that a high level of running endurance reduced the ability to tolerate +Gz accelerations (to perform the anti-overload maneuver) [23, 24]. Running endurance in pilots has been the subject of much discussion and research, but this problem has not been fully resolved. According to the authors of this paper, in addition to the genetic predisposition to motor skills in the subjects, the basis in the pilot's targeted training is the optimization of the impact (load emphasis) on all basic motor skills using ASET. So far, it has been shown that somatic characteristics also had a significant influence on performance in ASET [7]. In a study on cadet pilots, it was found that the group which had the lowest body height (177.03 cm) obtained the best speed on this test [8]. Ziółkowska's study [25] proved that long-leggedness, trunk shape and body height are selection indicators for the pilot profession. The difference in the directed fitness of the studied groups may be due to body build, motor predispositions and the program of the training process. It has also been shown that in different types of motor skills, the body mass of the subjects plays a big role [7]. In the present study, group A had a lower body mass than group B. Noteworthy is the increase in body mass in group B in study II compared to study I. This fact can be associated with the low intensity of endurance exercise and the subjects' predisposition to speed running, which is confirmed by the correlation results in Table 5. However, it was also partly related to the increase in TBW, FFM and MM. In the study conducted, by analyzing the components of body mass, a statistically significant difference was

Table 3 Pearson's (r)-correlation between body mass and height, body components and motor skills in group A before the training process (study I) and after the training process (study II)

Parameters	BH [cm]	BM [kg]	FM [kg]	FM [%]	FFM [kg]	FFM [%]	MM [kg]	MM [%]	TBW [kg]	TBW [%]	ECW [kg]	ECW [%]	ICW [kg]	ICW [%]
ASET [s]														
Study I	0.07	-0.08	-0.10	-0.10	0.14	0.07	0.01	0.16	-0.01	0.08	0.21	-0.12	0.22	0.08
Study II	-0.02	0.13	0.16	0.12	0.09	-0.12	0.04	-0.13	0.09	-0.09	0.15	0.11	0.02	-0.08
40 m run [s]														
Study I	0.25	-0.16	-0.14	-0.06	-0.07	0.04	-0.16	0.17	-0.20	0.05	-0.22	-0.19	-0.15	0.16
Study II	-0.43	-0.23	-0.35	-0.40	-0.08	0.40	-0.01	0.45	-0.08	0.42	-0.19	-0.21	0.15	0.24
100 m run [s]														
Study I	0.60#	-0.10	-0.12	-0.11	0.15	0.05	-0.02	0.26	-0.08	0.08	0.28	-0.29	0.36	0.23
Study II	-0.15	0.07	0.02	-0.05	0.10	0.05	0.10	0.06	0.11	0.07	0.08	-0.01	0.10	0.08
1000 m run [s]														
Study I	0.11	-0.33	-0.19	-0.05	-0.20	0.03	-0.47*	-0.20	-0.35	0.04	-0.18	0.53**	-0.30	-0.59***
Study II	-0.27	-0.17	-0.19	-0.23	-0.13	0.23	-0.12	0.17	-0.12	0.24	-0.09	0.03	-0.12	-0.20
Pull-ups on the bar														
Study I	-0.05	-0.34	-0.37	-0.33	-0.30	0.33	-0.31	0.18	-0.23	0.33	-0.026	0.33	-0.33	-0.32
Study II	-0.07	-0.10	-0.16	-0.09	-0.03	0.20	0.11	0.26	-0.03	0.08	-0.30	-0.46	0.16	0.22

ASET Aviation Synthetic Efficiency Test, BH body height, BM body mass, FM fat mass, FFM free fat mass, MM muscle mass, TBW total body water, ECW extracellular water, ICW intracellular water

* Borderline statistical significance ($p = 0.05$)

** Statistically significant correlation ($p < 0.05$)

*** Statistically significant correlation ($p < 0.02$)

Statistically significant correlation ($p < 0.01$)

Table 4 Pearson's (r)-correlation between body mass and height, body components and motor skills in group B before the training process (study I) and after the training process (study II)

Parameters	BH [cm]	BM [kg]	FM [kg]	FM [%]	FFM [kg]	FFM [%]	MIM [kg]	MM [%]	TBW [kg]	TBW [%]	ECW [kg]	ECW [%]	ICW [kg]	ICW [%]
ASET [s]														
Study I	0.29	0.17	0.01	-0.20	0.17	0.23	0.16	0.19	0.17	0.25	0.15	0.05	0.13	0.03
Study II	0.52	0.78##	0.71#	0.51	0.69***	-0.51	0.69***	-0.45	0.69***	-0.51	0.65**	-0.10	0.69***	0.11
40 m run [s]														
Study I	0.06	-0.13	-0.21	-0.23	-0.11	-0.05	-0.15	-0.25	-0.08	0.16	-0.57*	0.33	-0.59**	-0.46
Study II	0.20	0.01	-0.01	-0.05	0.05	0.05	0.02	-0.01	0.05	0.05	0.10	0.14	0.01	-0.13
100 m run [s]														
Study I	0.45	0.11	-0.04	-0.29	0.15	0.17	0.10	-0.12	0.17	0.30	-0.15	0.46	-0.21	-0.43
Study II	0.70**	0.61**	0.57	0.36	0.62**	-0.37	0.54	-0.50	0.62**	-0.36	0.73#	0.40	0.51	-0.39
1000 m run [s]														
Study I	-0.24	-0.10	-0.14	-0.22	-0.03	0.17	-0.03	0.12	-0.02	0.24	-0.08	0.08	-0.09	-0.05
Study II	0.22	0.48	0.22	-0.04	0.61**	0.04	0.59**	0.02	0.61**	0.04	0.61**	0.07	0.57	-0.08
Pull-ups on the bar														
Study I	-0.07	-0.29	-0.31	-0.28	-0.22	0.06	-0.29	0.23	-0.21	0.23	-0.46	0.66***	-0.53	-0.70***
Study II	-0.20	-0.66***	-0.59**	-0.41	-0.52	0.41	-0.53	0.33	-0.52	0.41	-0.44	0.20	-0.53	-0.19

ASET Aviation Synthetic Efficiency Test, BH body height, BM body mass, FM fat mass, FFM free fat mass, MIM muscle mass, MM muscle mass, TBW total body water, ECW extracellular water, ICW intracellular water

* Borderline statistical significance ($p = 0.05$)

** Statistically significant correlation ($p < 0.05$)

*** Statistically significant correlation ($p < 0.02$)

Statistically significant correlation ($p < 0.01$)

Statistically significant correlation ($p < 0.005$)

Table 5 Pearson's (r)-correlation between ASET and motor skills

Parameters	ASET [s]		Group B	
	Group A		Group B	
	Study I r	Study II r	Study I r	Study II r
40 m run [s]	0.28	0.49**	0.06	0.11
100 m run [s]	0.33	0.70##	0.63**	0.72#
1000 m run [s]	-0.24	0.40	0.17	0.26
Pull-ups on the bar	-0.64#	-0.61#	0.06	-0.56

r correlation coefficient

* Borderline statistical significance ($p=0.05$)

** Statistically significant correlation ($p<0.05$)

*** Statistically significant correlation ($p<0.02$)

Statistically significant correlation ($p<0.01$)

Statistically significant correlation ($p<0.005$)

found in study I and II between groups A and B in FM [kg, %], FFM [%], MM [%], TBW [%]. This may indicate the higher intensity of the training process in group A compared to group B. It was observed that as a result of the training process, both groups showed a decrease in FM, increase in FFM, MM, TBW with a greater effect of changes in group A than in group B. A similar trend of changes in body components in relation to body mass and physical fitness in cadet pilots was reported in the study of Kłossowski [26]. It is also worth noting the difference in intensity and the same duration of the training unit between the studied groups, which is likely to confirm that the body of trainees in group A adapts differently than in group B. Probably the training process in group A took place with very little fat burning as no significant correlation between ASET and FM was found. In group B, statistically significant correlations were found between ASET and FM, FFM, TBW, ECW, ICW in study II, which could indicate a moderate intensity of the training process and ongoing exercise adaptation with a high proportion of fat burning. In a previous study [17], a significant relationship was found at the end of the training period in the study group exercising on Special Aviation Gymnastics Instruments (SAGI) between ASET and body components such as: FM, FFM, TBW, ECW, ICW, MM, while the control group showed no significant correlation. It was observed that the difference in intensity with the same duration of training unit affects the process of exercise adaptation of both groups. The body of exercisers in the study group adapted differently than in the control group. In the study group special training program on SAGI, with an average intensity of HR=109 bpm, a significant correlation was found between ASET and FM in contrast to the control group

which followed a higher intensity training program HR=141 bpm. The occurrence of a significant correlation between ASET and FM could be indicative of the adaptation going on in the study group with the fat burning process [17].

In conclusion, in our study, the performed analysis of body components together with physical fitness show great usefulness to evaluate the level of directed fitness measured by ASET (load of skeletal muscle groups involved in anti-overload maneuver). The correlation between ASET and individual motor abilities (analytical fitness test) is very helpful in diagnosing the impact of the training process on motor abilities and optimizing the training process. The demonstrated relationships between physical fitness and body components in cadet pilots in study I and II including the control group, could provide information about the course of adaptation in directed training. In addition, the present study is important for future research regarding dietary habits, hydration changes, and changes in body composition components in order to achieve optimal motor skills necessary in the extreme conditions of a pilot's work environment.

Conclusions

The training process in group B (control) in study II had a significant effect on increasing directed fitness (as measured by ASET), which was below the lower limit of the standard accepted for pilots, but it was not greater than group A (study), which was at a good level. In both groups A and B, the training process decreased the percentage of FM and increased the percentage of FFM, MM and TBW, but with a greater effect in favor of group A. This was evidenced by the statistically significant differences between the groups. The magnitude of these changes was influenced in study II by strength and speed motor skills in group A and speed motor skills in group B as evidenced by the correlations found between ASET and motor skills.

The correlations found in study II between body components and ASET and motor skills in group A and B indicated a different course of adaptation in these groups. In group A in study II, the lack of significant correlation between ASET and FM could indicate adaptation with a very low participation of the fat burning process. The significant correlation between ASET and FM in group B could indicate that the adaptation process took place with a high degree of fat burning.

Acknowledgements

Not applicable.

Author contributions

AP and ZW wrote the main manuscript text and reviewed the manuscript. AP: conception; design of the work; the acquisition, analysis; interpretation of

data; have drafted the work. ZW: conception; design of the work; interpretation of data; substantively revised. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

No funding.

Availability of data and materials

The datasets generated and/or analysed during the current study are not publicly available due data confidentiality of the training process at the Polish Air Force University but are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

The study was performed in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by Bioethics Committee, at the Medical University of Poznan, issued on May 15, 2019, with the number 610/19. All participants have written informed consent to participate in the study.

Consent for publication

Not applicable. The Fig. 1 used in the manuscript do not contain any person.

Competing interests

Authors declare that don't have financial and non-financial competing interests.

Author details

¹Department of Sports and Defence Education, Faculty of Sport Sciences, Poznan University of Physical Education, Poznan, Poland. ²Department of Air Transport Safety, Polish Air Force University, Dęblin, Poland.

Received: 14 June 2022 Accepted: 8 August 2022

Published online: 10 August 2022

References

- Chen HH, Wu YC, Kuo MD. An electromyographic assessment of anti-G straining manoeuvre. *Aviat Space Environ Med.* 2004;75:162–7.
- Oksa J, Hamalainen O, Rissanen S, Myllyniemi J, Kuromen P. Muscle strain during aerial combat manoeuvring exercise. *Aviat Space Environ Med.* 1996;67:1138–43.
- Huttunen K, Keränen H, Väyrynen E, Pääkkönen R, Leino T. Effect of cognitive load on speech prosody in aviation: evidence from military simulator flights. *Appl Ergon.* 2011;42(2):348–57. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.005>.
- Mohler SR. G effects on the pilot during aerobatics. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine; 1972.
- Wochyński Z, Krawczyk P, Cur K, Kobos Z. An assessment of physical efficiency in cadet pilots before and after the implementation of a program preparing for flights. *Int J Occup Med Environ Health.* 2021;34(5):647–58.
- Wochyński Z. Evaluation of judo practitioners' motor performance in relation to the criterion of targeted fitness of pilot cadets after a 6-month training process. *Arch Budo.* 2021;17:319–28.
- Wochyński Z, Skrzyńska-Rękawek J, Pilaczyński P, Kobos Z. The impact of motor predispositions in cadets upon the results of the execution of Aviation-Synthetic Efficiency Test. *Arch Budo Sci Martial Arts Extreme Sports.* 2020;16:105–17.
- Wochyński Z, Stelegowski A, Klossowski M. Application of the Aviation Synthetic Efficiency Test for the purpose of selecting candidates for Air Force Officers College for multi tasks aircraft, type F-16. *Pol Prz Med Lot.* 2010;4:309–20.
- Herrador-Colmenero M, Fernández-Vicente G, Ruiz JR. Assessment of physical fitness in military and security forces—a systematic review. *Eur J Hum Mov.* 2014;32:3–28.
- Astani AI, Macarie A. The real ability profile of the student future military aircraft pilot. *Rev Air Force Acad.* 2013;1(23):89–94.
- Gaździńska A, Baran P, Skibniewski F, Truszczynski O, Gaździński S, Wyleżoł M. The prevalence of overweight and obesity versus the level of physical activity of aviation military academy students. *Med Pr.* 2015;66(5):653–60. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00238>.
- Bustamante-Sánchez A, Clemente-Suárez VJ. Body composition differences in military pilots and aircrew. *Aerosp Med Hum Perform.* 2020;91(7):565–76.
- Cárdenas D, Madinabeitia I, Vera J, et al. Better brain connectivity is associated with higher total fat mass and lower visceral adipose tissue in military pilots. *Sci Rep.* 2020;10:610. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57345-3>.
- Anyżewska A, Łakomy R, Lepionka T, Szarska E, Maculewicz E, Tomczak A, Bertrand J. Association between diet, physical activity and Body Mass Index, Fat Mass Index and bone mineral density of soldiers of the Polish Air Cavalry Units. *Nutrients.* 2020;12:242. <https://doi.org/10.3390/nu12010242>.
- Rintala H, Häkkinen A, Siitonen S, Kyröläinen H. Relationships between physical fitness, demands of flight duty, and musculoskeletal symptoms among military pilots. *Mil Med.* 2015;180(12):1233–8. <https://doi.org/10.7202/MILMED-D-14-00467>.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23(5):1226–43.
- Wochyński Z, Jędryś R, Stelegowski A. Methodology of exercises on Special Aviation Gymnastics Instruments. Dęblin: Air Force Academy; 2010.
- Wochyński Z, Kowalczyk K, Klossowski M, et al. Effect of the centrifuge test on Blood Serum Lipid Index of cadet pilots. *Ann Agric Environ Med.* 2016;23(1):1–5.
- Starosta W. Współzależność zdolności kondycyjnych i koordynacyjnych. In: Starosta W, editor. *Motoryczne zdolności koordynacyjne*. Warszawa: Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej; 2003. p. 113–8.
- Raczek J. *Antropomotoryka. Teoria motoryczności człowieka w zarysie*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie; 2010.
- Sozański H. Nauka o sporcie. Teoria treningu. *Technologia treningu*. In: Sozański H, Czerwiński J, Sadowski J, editors. *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego*. AWF J. Piłsudskiego w Warszawie: Warszawa; 2013. p. 33–43.
- Starosta W. Koordynacja ruchowa człowieka. In: Osirski W, editor. *Motoryczność człowieka—jej struktura, zmienność i uwarunkowania*. Poznań: AWF Poznań; 1993. p. 81–120.
- Klossowski M, Klukowski K, Markiewicz L. Odrębności treningu wytrzymałościowego pilotów samolotów odrzutowych *Medycyna Lotnicza.* 1993;1–2(27):71–81.
- Whinnery JR, Parnell MJ. The effects of long-term aerobic conditioning on +Gz tolerance. *Aviat Space Environ Med.* 1987;58:199–204.
- Ziółkowska E. Body build of military pilots. *Phys Educ Sport.* 1995;3:13–20.
- Klossowski M, Stelegowski A. Ocena związku między masą i składem ciała a sprawnością fizyczną podchorążych Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych. *Pol Przegl Med Lotn.* 2004;10(1):35–42.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



OPEN ACCESS

EDITED BY

Paweł Adam Piepiora,
Wrocław University of Health and Sport
Sciences, Poland

REVIEWED BY

Karolina Kostorz,
Jerzy Kukuczka Academy of Physical
Education in Katowice, Poland
Kazimierz Witkowski,
University School of Physical Education in
Wrocław, Poland

*CORRESPONDENCE

Adam Prokopczyk
prokopczyk@awf.poznan.pl

SPECIALTY SECTION

This article was submitted to
Movement Science and Sport Psychology,
a section of the journal
Frontiers in Psychology

RECEIVED 15 August 2022

ACCEPTED 07 September 2022

PUBLISHED 29 September 2022

CITATION

Prokopczyk A and Wochnyński Z (2022)
Influence of a special training process on
the psychomotor skills of cadet pilots –
Pilot study.
Front. Psychol. 13:1019495.
doi: 10.3389/fpsyg.2022.1019495

COPYRIGHT

© 2022 Prokopczyk and Wochnyński. This is
an open-access article distributed under
the terms of the [Creative Commons
Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use,
distribution or reproduction in other
forums is permitted, provided the original
author(s) and the copyright owner(s) are
credited and that the original publication in
this journal is cited, in accordance with
accepted academic practice. No use,
distribution or reproduction is permitted
which does not comply with these terms.

Influence of a special training process on the psychomotor skills of cadet pilots – Pilot study

Adam Prokopczyk^{1*} and Zbigniew Wochnyński²

¹Department of Sport and Defence Education, Ponań University of Physical Education, Poznań, Poland, ²Department of Aviation Safety Transport, Military University of Aviation, Dęblin, Poland

Objectives: The aim of the pilot study was to check the influence of the training process on the Special Aviation Gymnastics Instruments (SAGI) on the improvement of the psychomotor skills, expressed as an increase in the percentage of ability to perform all tasks and the number of reels on a loop.

Materials and methods: Cadets - second year pilots ($n=20$), male, mean age 20.8 years old, studying at the faculty of a pilot. Cadets were carrying out a 40-h special pilot training program on SAGI. They were subjected to two exercise tests (reels forward on looping), before and after the period of special training. Exercise tests were performed with the use of a diagnostic and training device used to assess psychomotor skills. During two tests, heart rate (HR) and blood pressure were measured. The obtained results were analysed statistically.

Results: There was a statistically significant increase in the percentage of ability to perform all tasks ($p<0.01$) and a statistically insignificant increase in the number of reels forward on looping, in test II in relation to test I. A significant increase was found in the correct execution of arithmetic operations ($p<0.05$) in test II in relation to test I. In the remaining tests, an increase in results in test II was noted, but it was not statistically significant. There was a significant correlation between the percentage ability to perform all tasks and the number of completed reels in test I ($p<0.05$) and insignificant in test II. In test II, a statistically insignificant higher level of heart rate and blood pressure before and after the effort was noted, compared to test I.

Conclusion: It was found that the training process on SAGI increased the psychomotority level by increasing the percentage of ability to perform all tasks and the number of reels, in test II in relation to test I.

KEYWORDS

psychomotor skills, motor skills, sensoric, special training, diagnostic and training device, special aviation gymnastics instruments

Introduction

The process of special pilot skills preparation is a very important factor in modern flight preparation (Alexander and Stead, 2018). It is aimed at preparing the pilot for functioning and effective performance of complex and demanding tasks in the pilot working environment (Carretta, 2000; Li et al., 2005). As shown in other studies, for the conduct of an air mission by a pilot, required is appropriate level of preparation giving that allows possibility of processing a large amount of sensory information (Paško et al., 2022). The level of this preparation is one of the determinants of the level of safety and effectiveness of the flight mission. Working environment of a military pilot requires a high level of psychomotor skills (McMahon and Newman, 2015). Researchers are studying the issues of psychomotorism for several dozen years. Despite many changes, testing of this feature is still present in modern training and selection systems for military pilots (Clem, 2020). Psychomotor skills is a motor activities that involve a significant perceptual and response load (Chaiken et al., 2000). The work of a military pilot requires highly specialized preparation including response time (Temme et al., 1995; Griffin and Koonce, 2009), information processing efficiency and motor skills - airplane operator activities (Astani and Macarie, 2013). Moreover, his psychophysical predispositions are very important, giving him high tolerance to negative flight factors (mainly acceleration; Wojtkowiak, 1989; Street Jr and Dolgin, 1994; McMahon and Newman, 2018), neurosensory predispositions, his level of efficiency and physical skills (Wochoński et al., 2010a; Kattenbach, 2017; McMahon, 2019). Due to such a wide range of skills required from a pilot, it is necessary to monitor the effects of the training process and modify it if necessary. Until now, Düffoure apparatus has been used most frequently to check the level of the psychomotor skills which was a result of the effectiveness of the military pilot training process. It was used to determine the level of visual-motor coordination before and after training on the Special Aviation Gymnastics Instruments (SAGI), including: gyroscope, Rhine wheel and looping (Kobos et al., 1994). The appearance and structure of these instruments is presented in other scientific papers (Wochoński and Sobiech, 2014, 2015, 2017). One of the most important elements of pilot training in preparation for flight is to achieve a habituation in psychomotor skills, high acceleration tolerance and spatial orientation (Wochoński et al., 2010b).

Taking into account the specificity of pilot's work and the tasks facing him, it is important from the point of view of work efficiency to assess the psychomotor response during the exercises, and not only before and after the training. Therefore, in the present study, a diagnostic and training device was used to assess the level of psychomotority during physical effort. This test involves the use of complex visual-motor stimuli and the need to answer questions located in the central field of vision (in a specific time standard), while performing specific exercises (reels forward on the looping). The application of this test gives an opportunity to assess the ability to respond appropriately to a rapidly changing

situation in the working environment of a military pilot (Glicksohn and Naor-Ziv, 2016). Psychomotor efficiency at the level of visual - motor coordination can be manifested in the reaction time parameters, i.e., the speed and correctness of their implementation (making a mistake; McMahon, 2019). Response errors may arise from a disturbance between stimulus and response, in a specific time standard. The test of visual - motor coordination efficiency during physical exertion is similar to the working conditions of a pilot during an air mission. Therefore, the authors undertook research on cognitive processes within in a specific time standard using the psychomotor test in cadets pilots during physical effort.

Objectives

The aim of the pilot study was to check the influence of the training process on the Special Aviation Gymnastics Instruments (SAGI) on the improvement of the psychomotor skills. In this pilot study the authors put forward a hypothesis that the training process on SAGI will improve the level of psychomotor skills, measured with a diagnostic and training device, through a percentage increase in the ability to perform tasks (answers to questions in the central field of vision) and the level of motor skills (the number of reels made forward on the loop), in the sample after the training process is completed in relation to the sample before the process begins. Moreover, the authors asked a research question whether the improvement of psychomotor skills after the training process will be confirmed by lowering the correlation between the percentage ability to complete the task [%] and number of completed reels on the looping?

Materials and methods

Participants

The test included 20 cadets - pilots, second year, male, studying at the faculty of a military pilot, at the Military University of Aviation in Dęblin. The average age of the respondents is 20.8 years. The cadets implemented a special educational program, based on the Special Aviation Gymnastics Instruments (SAGI), to improve the level of psychomotority (Wochoński et al., 2010a). The test was carried out without a control group, due to the difficulty and specificity of the exercises included in the implemented test.

Heart rate and blood pressure

Cadets had the heart rate and blood pressure measured before and immediately after the test, at the beginning and at the end of the training process. The measurement was performed with the heart rate and blood pressure measuring device, Microlife AG, type BP A2 Basic.

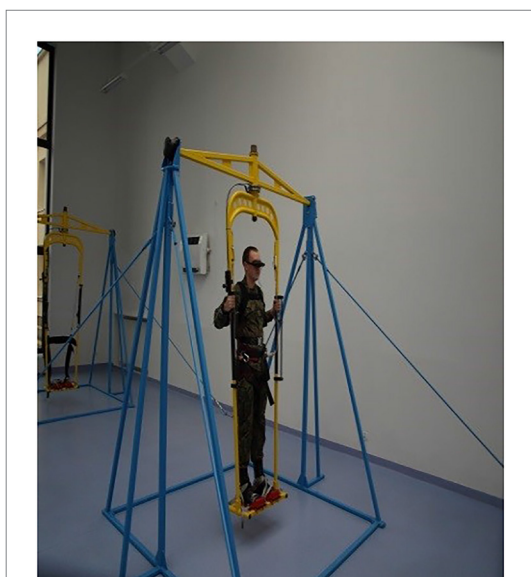


FIGURE 1
The test person with diagnostic and training device.

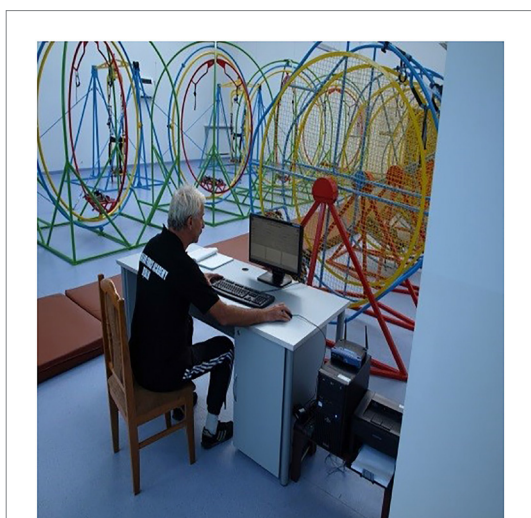


FIGURE 2
Operator's station.

Description of the test

The test person was wearing a diagnostic and training device (Figure 1), consisting of a backpack and special glasses (opaque). The test person was attached to a looping swing (arm and leg mount). The test person set the looping swing in motion with his own muscles. The start of the test began when the test person was parallel to the ground. The backpack contained a small computer to communicate the tasks to be performed by the trainee in time

standard. The tasks were sent wirelessly from the computer, from the operator (Figure 2) using a relay station, directly to the small computer. The test person was to solve 5 tasks: counting paratroopers in the same colour, counting cars in the same colour, solving arithmetic operations, counting shapes of one type, counting shapes in the same colour. All tasks were displayed in the central field of vision. In addition, immediately after the end of the test, 6th task was performed - a synthetic memory test. Each subsequent test person had a changed order and content of task display. A person at the operator's station had a preview of the correct answers, marked the correctness of the test person's answers and controlled the test time (Wochyński et al., 2010a). The tasks and answers were archived by the test operator, at the operator's station using the diagnostic and training device, immediately after the end of the test. After the end of the test, the operator printed out the report, which showed the test results in percentages and recorded the number of reels made forward. The whole test time was 128 s.

Training program

The training program on the Special Aviation Gymnastics Instruments included 40 training hours and was divided into 3 parts. The first one covered 26 h and concerned teaching and improving individual exercises. The second part included 8 h of teaching and improving team exercises. The third part was 6 h long, focused on individual spatial orientation and its improvement, with the use of the air environment visualisation system on SAGI. The training program was carried out in the zone of metabolic - aerobic changes. Such a structure of the training process was to ensure adaptation to specific coordination motor skills under the pilot working conditions (Wochyński et al., 2010a). Special pilot training was carried out over 80 days.

Statistical analysis

Descriptive statistics were used for calculating the arithmetic mean and standard deviation for tests I and II. Results of tests I and II were analyzed for normal distribution using Kolmogorov-Smirnov test, skewness and kurtosis. The r-Pearson correlation between all tested variables was calculated. The difference of results between tests I and II was calculated by analysis of variance (ANOVA) with repeated measurements using the Tukey HSD post-hoc test for pairwise comparison. Effect sizes were calculated using Cohen's d and interpreted as low ($d=0.20$ to 0.49), moderate ($d=0.50$ to 0.79), and high ($d>0.80$; Cohen, 1988). The obtained values were considered statistically significant when p was less than 0.05 . Statistical analysis was performed using the Statistica 13.3 program. The G^* Power program was used to assess the sample size (Faul et al., 2007). For evaluate the sample size with the size effect $f^2=0.25$ was assume an alpha error of 0.05 and a test's power of 0.80 . The required size of the total sample was estimated at 25 people. Due to the length of the training process, the final analysis was included 20 people.

TABLE 1 Elements of normal distribution in somatic and hemodynamic data before and after the training process in cadets pilots (n=20).

Variable	Before training process				After training process			
	M ± SD	K-S	Skewness	Kurtosis	M ± SD	K-S	Skewness	Kurtosis
Age [years]	20.8 ± 1.30	0.31	2.61	6.84	21.1 ± 1.29	0.31	2.61	6.84
Body height [cm]	177.30 ± 7.54	0.11	0.54	1.71	177.3 ± 7.52	0.11	0.52	1.76
Body weight [kg]	72.21 ± 8.09	0.11	0.19	-0.88	73.99 ± 9.1	0.11	0.23	-0.85
BMI [kg/m ²]	22.95 ± 1.96	0.12	0.18	-0.69	23.5 ± 2.41	0.14	0.48	-0.37
Systolic pressure before test [mm Hg]	135.3 ± 12.37	0.14	0.73	0.61	140.5 ± 10.07	0.12	-0.04	0.79
Diastolic pressure before test [mm Hg]	78.85 ± 10.87	0.10	0.21	0.009	84.3 ± 11.32	0.14	0.94	1.44
Systolic pressure after test [mm Hg]	152.8 ± 18.10	0.14	-0.89	1.25	158.1 ± 18.97	0.13	0.32	-0.31
Diastolic pressure after test [mm Hg]	86.4 ± 18.10	0.09	0.61	0.50	90.05 ± 13.41	0.18	0.79	-0.26
HR before test [bpm]	84.65 ± 14.68	0.14	1.06	1.28	80.7 ± 16.68	0.13	1.01	2.10
HR after test [bpm]	116.4 ± 13.56	0.12	0.17	1.44	112.7 ± 15.38	0.14	0.31	0.34

M ± SD—Mean, Standard Deviation; K-S-Kolmogorov–Smirnov test.

TABLE 2 Difference in somatic data and in hemodynamic parameters during the psychomotor test before and after the training process of cadet pilots (n=20).

Variable	Before training process M ± SD	After training process M ± SD	Cohen's d test	F	p
Age [years]	20.8 ± 1.30	21.1 ± 1.29	0.23	0.000	1.00
Body height [cm]	177.30 ± 7.54	177.38 ± 7.52	0.01	0.0009	0.98
Body weight [kg]	72.21 ± 8.09	73.99 ± 9.1	0.20	0.42	0.52
BMI [kg/m ²]	22.95 ± 1.96	23.5 ± 2.41	0.25	0.62	0.43
Systolic pressure before test [mm Hg]	135.35 ± 12.37	140.5 ± 10.07	0.45	2.08	0.16
Diastolic pressure before test [mm Hg]	78.85 ± 10.87	84.3 ± 11.32	0.49	2.41	0.13
Systolic pressure after test [mm Hg]	152.85 ± 18.10	158.1 ± 18.97	0.28	0.80	0.37
Diastolic pressure after test [mm Hg]	86.4 ± 18.10	90.05 ± 13.41	0.23	0.97	0.33
HR before test [bpm]	84.65 ± 14.68	80.7 ± 16.68	0.25	0.63	0.43
HR after test [bpm]	116.4 ± 13.56	112.7 ± 15.38	0.25	0.65	0.42

M ± SD—Mean, standard deviation; p-value of the difference.

TABLE 3 Elements of normal distribution in individual psychomotor skills before and after the training process in cadets pilots (n=20).

Variable	Before training process				After training process			
	M ± SD	K-S	Skewness	Kurtosis	M ± SD	K-S	Skewness	Kurtosis
Percentage ability to complete the task [%]	65.6 ± 24.51	0.21	-0.23	-0.85	86.4 ± 13.05	0.20	-0.37	-1.13
Counting paratroopers in the same colour [%]	80.0 ± 0.41	0.48	-1.62	0.69	90.0 ± 0.31	0.52	-2.88	7.03
Counting cars in the same colour [%]	75.0 ± 0.44	0.46	-1.25	-0.49	95.0 ± 0.22	0.53	-4.47	20.00
Arithmetic actions [%]	40.0 ± 0.50	0.38	0.44	-2.01	75.0 ± 0.44	0.46	-1.25	-0.49
Counting shapes of one type [%]	70.0 ± 0.47	0.43	-0.94	-1.24	90.0 ± 0.31	0.52	-2.88	7.03
Counting shapes in the same colour [%]	85.0 ± 0.37	0.50	-2.12	2.77	95.0 ± 0.22	0.53	-4.47	20.00
Synthetic memory test [%]	50.0 ± 0.51	0.33	0.000	-2.23	75.0 ± 0.44	0.46	-1.25	-0.49
Number of completed reels	32.55 ± 21.97	0.18	-0.30	-1.55	40.2 ± 20.06	0.25	-0.50	-0.60

M ± SD—Mean, standard deviation; K-S-Kolmogorov–Smirnov test.

Results

Descriptive statistics were used for calculating the arithmetic mean, Kolmogorov–Smirnov test, skewness and kurtosis, Cohen d for tests I and II (Tables 1–4). A statistically insignificant increase

in blood pressure and a decrease in heart rate before and after the training process was found (Table 5).

During the second test, a statistically significant (at $p < 0.01$) percentage increase in the ability to perform all tasks in relation to the first test was found. Among the specified tasks, a statistically

TABLE 4 Difference in individual psychomotor skills before and after the training process in cadets pilots ($n=20$).

Variable	Before training process M \pm SD	After training process M \pm SD	Cohen's d test	F	p
Percentage ability to complete the task [%]	65.6 \pm 24.51	86.4 \pm 13.05	1.06	11.22	<0.01
Counting paratroopers in the same colour [%]	80.0 \pm 0.41	90.0 \pm 0.31	0.27	0.76	0.38
Counting cars in the same colour [%]	75.0 \pm 0.44	95.0 \pm 0.22	0.57	3.23	0.08
Arithmetic actions [%]	40.0 \pm 0.50	75.0 \pm 0.44	0.74	5.44	<0.05
Counting shapes of one type [%]	70.0 \pm 0.47	90.0 \pm 0.31	0.50	2.53	0.12
Counting shapes in the same colour [%]	85.0 \pm 0.37	95.0 \pm 0.22	0.32	1.08	0.30
Synthetic memory test [%]	50.0 \pm 0.51	75.0 \pm 0.44	0.52	2.71	0.11
Number of completed reels	32.55 \pm 21.97	40.2 \pm 20.06	1.35	1.32	0.26

M \pm SD—Mean, standard deviation; p-value of the difference.

TABLE 5 Somatic data and haemodynamic parameters during the psychomotor test before and after the training process in cadet pilots.

Variable	Before training Process	After training Process	Significance value
Age [years]	20.8 \pm 1.30	21.1 \pm 1.29	0.97
Body height [cm]	177.3 \pm 7.54	177.38 \pm 7.52	0.98
Body weight [kg]	72.21 \pm 8.09	73.99 \pm 9.1	0.52
BMI [kg/m ²]	22.95 \pm 1.96	23.5 \pm 2.41	0.43
Systolic pressure before test [mm Hg]	135.35 \pm 12.37	140.5 \pm 10.07	0.16
Diastolic pressure before test [mm Hg]	78.85 \pm 10.87	84.3 \pm 11.32	0.13
Systolic pressure after test [mm Hg]	152.85 \pm 18.10	158.1 \pm 18.97	0.38
Diastolic pressure after test [mm Hg]	86.4 \pm 18.10	90.05 \pm 13.41	0.33
HR before test [bpm]	84.65 \pm 14.68	80.7 \pm 16.68	0.43
HR after test [bpm]	116.4 \pm 13.56	112.7 \pm 15.38	0.42

TABLE 6 Percentage ability to complete all tasks during the forward reels before and after the training process in cadet pilots.

Variable	Before training Process	After training process	Significance value
Percentage ability to complete the task [%]	65.6 \pm 24.51	86.4 \pm 13.05	$p < 0.01$
Counting paratroopers in the same colour [%]	80 \pm 0.41	90 \pm 0.31	0.39
Counting cars in the same colour [%]	75 \pm 0.44	95 \pm 0.22	0.08
Arithmetic actions [%]	40 \pm 0.50	75 \pm 0.44	$p < 0.05$
Counting shapes of one type [%]	70 \pm 0.47	90 \pm 0.31	0.12
Counting shapes in the same colour [%]	85 \pm 0.37	95 \pm 0.22	0.30
Synthetic memory test [%]	50 \pm 0.51	75 \pm 0.44	0.11
Number of completed reels	32.55 \pm 21.97	40.2 \pm 20.06	0.26

significant increase in the correctness of arithmetical actions was observed in the second test in relation to the first one (with $p < 0.05$). It was shown that the remaining tasks and the number of completed reels in the second test improved, but they were not statistically significant (Table 6).

The results indicate many statistically significant changes in the relationships before and after the training process (Table 7 and Table 8). In the first test (before the training process), it was shown that the number of reels performed correlates negatively and statistically significant with age (at $p < 0.01$) and positively with the percentage ability to perform all tasks during the test (at $p < 0.05$). The percentage ability to perform all tasks in the test positively

correlates with three tasks included: counting paratroopers in one colour (with $p < 0.05$), arithmetic actions (with $p < 0.01$), as well as counting shapes of one type (with $p < 0.01$). Moreover, it positively correlates with the number of reels made forward (with $p < 0.05$) and negatively with age (with $p < 0.05$). The task of counting paratroopers in the same colour showed a statistically significant negative correlation with age (with $p < 0.01$) and a positive correlation with the percentage ability to perform all tasks during the test (with $p < 0.05$) and counting shapes of one type (with $p < 0.05$). The arithmetic task showed a significant positive correlation with the diastolic pressure measured before the test (with $p < 0.01$). The task consisting in counting shapes of one type

TABLE 7 Correlations between age, Hemodynamic ratios, Number of reels and individual test tasks before the training process.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X							
2	$r = 0.45$ $p < 0.05$	X						
3	$r = 0.37$ $p = 0.11$	$r = 0.50$ $p < 0.05$	X					
4	$r = 0.41$ $p = 0.07$	$r = 0.38$ $p = 0.10$	$r = 0.29$ $p = 0.22$	X				
5	$r = 0.17$ $p = 0.47$	$r = 0.67$ $p < 0.01$	$r = 0.15$ $p = 0.52$	$r = 0.24$ $p = 0.32$	X			
6	$r = 0.35$ $p = 0.13$	$r = 0.74$ $p < 0.01$	$r = 0.49$ $p < 0.05$	$r = -0.13$ $p = 0.60$	$r = 0.31$ $p = 0.18$	X		
7	$r = 0.29$ $p = 0.21$	$r = 0.37$ $p = 0.10$	$r = 0.14$ $p = 0.56$	$r = 0.08$ $p = 0.74$	$r = 0.06$ $p = 0.81$	$r = 0.34$ $p = 0.15$	X	
8	$r = 0.03$ $p = 0.91$	$r = 0.39$ $p = 0.09$	$r = -0.25$ $p = 0.29$	$r = -0.12$ $p = 0.63$	$r = 0.20$ $p = 0.39$	$r = 0.22$ $p = 0.36$	$r = -0.14$ $p = 0.56$	X
9	$r = -0.57$ $p < 0.01$	$r = -0.51$ $p < 0.05$	$r = -0.67$ $p < 0.01$	$r = -0.20$ $p = 0.39$	$r = 0.06$ $p = 0.81$	$r = -0.57$ $p < 0.01$	$r = -0.49$ $p < 0.05$	$r = 0.08$ $p = 0.74$
10	$r = -0.15$ $p = 0.52$	$r = 0.15$ $p = 0.51$	$r = -0.19$ $p = 0.41$	$r = -0.34$ $p = 0.14$	$r = 0.37$ $p = 0.11$	$r = 0.18$ $p = 0.44$	$r = 0.49$ $p < 0.05$	$r = 0.04$ $p = 0.88$
11	$r = -0.15$ $p = 0.54$	$r = 0.33$ $p = 0.15$	$r = 0.12$ $p = 0.61$	$r = 0.01$ $p = 0.96$	$r = 0.62$ $p < 0.01$	$r = 0.12$ $p = 0.60$	$r = 0.14$ $p = 0.56$	$r = -0.03$ $p = 0.89$
12	$r = 0.19$ $p = 0.42$	$r = 0.34$ $p = 0.15$	$r = -0.01$ $p = 0.96$	$r = -0.17$ $p = 0.48$	$r = 0.30$ $p = 0.20$	$r = 0.20$ $p = 0.39$	$r = 0.15$ $p = 0.54$	$r = 0.60$ $p < 0.01$
13	$r = 0.29$ $p = 0.22$	$r = 0.21$ $p = 0.38$	$r = -0.06$ $p = 0.81$	$r = 0.12$ $p = 0.61$	$r = 0.18$ $p = 0.44$	$r = 0.11$ $p = 0.65$	$r = 0.40$ $p = 0.08$	$r = 0.02$ $p = 0.93$
14	$r = -0.23$ $p = 0.32$	$r = 0.36$ $p = 0.12$	$r = -0.07$ $p = 0.76$	$r = -0.22$ $p = 0.34$	$r = 0.33$ $p = 0.16$	$r = 0.30$ $p = 0.19$	$r = 0.13$ $p = 0.59$	$r = 0.45$ $p < 0.05$
15	$r = 0.40$ $p = 0.08$	$r = 0.41$ $p = 0.07$	$r = 0.39$ $p = 0.09$	$r = 0.43$ $p = 0.06$	$r = 0.11$ $p = 0.63$	$r = 0.19$ $p = 0.42$	$r = -0.01$ $p = 0.97$	$r = 0.18$ $p = 0.44$

1, Number of completed reels; 2, Percentage ability to complete the task; 3, Counting paratroopers in the same colour; 4, Counting cars in the same colour; 5, Arithmetic actions; 6, Counting shapes of one type; 7, Counting shapes in the same colour; 8, Synthetic memory test; 9, Age; 10, Systolic pressure before test; 11, Diastolic pressure before test; 12, Systolic pressure after test; 13, Diastolic pressure after test; 14, HR before test; 15, HR after test; r , Correlation value; p , Significance value.

TABLE 8 Correlations between age, hemodynamic ratios, number of reels and individual test tasks after the training process.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X							
2	$r = 0.33$ $p = 0.15$	X						
3	$r = 0.23$ $p = 0.34$	$r = 0.31$ $p = 0.18$	X					
4	$r = 0.19$ $p = 0.42$	$r = 0.37$ $p = 0.11$	$r = -0.08$ $p = 0.75$	X				
5	$r = 0.12$ $p = 0.62$	$r = 0.31$ $p = 0.19$	$r = -0.19$ $p = 0.42$	$r = -0.13$ $p = 0.58$	X			
6	$r = 0.15$ $p = 0.53$	$r = 0.53$ $p < 0.05$	$r = -0.11$ $p = 0.64$	$r = -0.08$ $p = 0.75$	$r = 0.19$ $p = 0.42$	X		
7	$r = 0.19$ $p = 0.42$	$r = 0.37$ $p = 0.11$	$r = -0.08$ $p = 0.75$	$r = 1.00$ $p = -$	$r = -0.13$ $p = 0.58$	$r = -0.08$ $p = 0.75$	X	
8	$r = 0.01$ $p = 0.98$	$r = 0.46$ $p < 0.05$	$r = 0.19$ $p = 0.42$	$r = -0.13$ $p = 0.58$	$r = -0.33$ $p = 0.15$	$r = 0.19$ $p = 0.42$	$r = -0.01$ $p = 0.58$	X
9	$r = -0.50$ $p < 0.05$	$r = -0.19$ $p = 0.42$	$r = -0.35$ $p = 0.13$	$r = 0.13$ $p = 0.58$	$r = 0.19$ $p = 0.41$	$r = -0.11$ $p = 0.65$	$r = 0.13$ $p = 0.58$	$r = -0.34$ $p = 0.14$
10	$r = -0.24$ $p = 0.30$	$r = -0.16$ $p = 0.49$	$r = -0.41$ $p = 0.07$	$r = 0.11$ $p = 0.66$	$r = 0.06$ $p = 0.786$	$r = -0.37$ $p = 0.11$	$r = 0.11$ $p = 0.66$	$r = 0.09$ $p = 0.71$
11	$r = -0.20$ $p = 0.39$	$r = -0.30$ $p = 0.20$	$r = -0.29$ $p = 0.21$	$r = 0.01$ $p = 0.98$	$r = -0.15$ $p = 0.52$	$r = -0.40$ $p = 0.08$	$r = 0.01$ $p = 0.98$	$r = 0.11$ $p = 0.45$
12	$r = -0.05$ $p = 0.82$	$r = 0.26$ $p = 0.27$	$r = -0.06$ $p = 0.78$	$r = 0.44$ $p = 0.06$	$r = -0.02$ $p = 0.95$	$r = 0.22$ $p = 0.36$	$r = 0.44$ $p = 0.06$	$r = -0.08$ $p = 0.72$
13	$r = -0.07$ $p = 0.79$	$r = -0.16$ $p = 0.49$	$r = 0.12$ $p = 0.63$	$r = 0.07$ $p = 0.77$	$r = -0.17$ $p = 0.46$	$r = 0.01$ $p = 0.95$	$r = 0.07$ $p = 0.77$	$r = -0.27$ $p = 0.25$
14	$r = 0.28$ $p = 0.22$	$r = 0.10$ $p = 0.69$	$r = -0.09$ $p = 0.71$	$r = 0.09$ $p = 0.69$	$r = 0.02$ $p = 0.92$	$r = 0.07$ $p = 0.78$	$r = 0.09$ $p = 0.69$	$r = 0.06$ $p = 0.80$
15	$r = 0.17$ $p = 0.48$	$r = 0.17$ $p = 0.49$	$r = 0.26$ $p = 0.27$	$r = -0.23$ $p = 0.32$	$r = -0.13$ $p = 0.59$	$r = 0.13$ $p = 0.59$	$r = -0.23$ $p = 0.32$	$r = 0.38$ $p = 0.10$

1, Number of completed reels; 2, Percentage ability to complete the task; 3, Counting paratroopers in the same colour; 4, Counting cars in the same colour; 5, Arithmetic actions; 6, Diastolic pressure before test; 7, Diastolic pressure after test; 8, Synthetic memory test; 9, Age; 10, Systolic pressure before test; 11, Diastolic pressure before test; 12, Systolic pressure after test; 13, Diastolic pressure after test; 14, HR before test; 15, HR after test; r , Correlation value; p , Significance value.

showed a positive correlation with the percentage ability to perform all tasks (with $p < 0.01$) and counting paratroopers of the same color (with $p < 0.05$) and negative correlation with age (with $p < 0.01$). Synthetic memory test showed a positive, statistically significant correlation with systolic pressure after the test (with $p < 0.01$) and heart rate before the test (with $p < 0.05$). The age of the respondents showed a statistically significant negative correlation with the number of completed reels (with $p < 0.01$), the percentage ability to perform all tasks during the test (with $p < 0.05$), as well as the tasks consisting of counting one type of shapes (with $p < 0.01$) and counting shapes of the same colour (with $p < 0.05$).

The results obtained during the second test (after the end of the training process) showed a negative, statistically significant correlation between the number of reels made and age (at $p < 0.05$; Table 8). A statistically significant positive correlation was observed between the percentage ability to complete all tasks and counting one type of shape (with $p < 0.05$) and a synthetic memory test (with $p < 0.05$; Table 8). It was found that the percentage ability to complete all tasks occurs in the same correlation with shape counting as before the training process, but it is at a lower statistical significance level. The other variables showed no statistically significant correlation (Table 8).

Discussion

On the basis of the results obtained in the sample after the training process (test II), an increase in physical skills was found in the number of completed reels, an increase in correct answers in tasks such as: counting parachutists in the same colour, counting cars in the same colour, counting shapes of one type, counting shapes of the same colour, synthetic memory test and an increase in the values of indicators such as age, systolic and diastolic pressure before and after the test, heart rate before and after the test, compared to the pre-training period (test I), but not statistically significant. However, a statistically significant difference was found in the percentage of ability to perform all tasks and in the task of arithmetic operations. It follows that the percentage ability to complete all tasks is closely related to the number of completed reels. It was observed from the course of the tests that the respondents performing a larger number of reels made more mistakes in answering the questions asked in the central field of vision. With a smaller number of completed reels, they achieved a higher percentage of ability to complete all tasks. The reason for the feedback between the number of reels and the percentage ability to complete all tasks during the test is the specificity of the reels performed on the looping. During these exercises, there are positive +Gz (head - legs direction) and negative -Gz (head - legs direction) accelerations in the tested body, which may contribute to lower efficiency in answering the questions. Similar conclusions were made in tests, carried out using a human centrifuge, concerning the acceleration tolerance level. It has been shown that an increased level of loading causes a delay in response time and a delay in response to visual stimuli (Truszczyński et al., 2014). The results obtained by the subjects depend on the rate of fatigue during exercise and the level of exercise adaptation. Taking into account the results obtained by the respondents in the number of completed reels on the looping and the percentage ability to complete the task [%], it can be concluded that the completed training process increased their level of psychomotor performance, as evidenced by the value of the Cohen's test effect (Table 4).

The tests showed an increase in the number of completed reels and the percentage of ability to complete all tasks. This shows a higher level of psychomotority, after the training process on SAGI, compared to test I. The improvement of psychomotority is achieved by means of two subsystems - motor and sensory (Lisowski and Mihuta, 2013). As a result of the training process the level of integration of the subsystems increased. Barron and Rose (2017) showed that pilots with a higher level of multitasking achieve higher performance in flight (tested by math tasks, memorizing and monitoring). They recommended multitasking as a predictor for the selection of future military pilots. This is confirmed by a significant correlation showed in authors study between the percentage ability to complete all tasks and the number of completed reels in test I and the lack of statistical significance in test II, which is characterised by higher results in both the number of completed reels and the percentage ability to

complete all tasks (psychomotor level). This may be explained by the fact that a decrease in the correlation value (feedback) between the two subsystems in test II is associated with an increase in the level of psychomotority and the level of multitasking of the tested, cadet - pilots.

In these tests, it is interesting to note that age shows significant correlations in both test I and test II. In test I with the number of completed reels, the percentage ability to perform all tasks during the test and the tasks included in the test, such as counting parachutists in the same colour, counting shapes of one type and counting shapes of the same colour. In test II, it shows a correlation only with the number of reels and it is at a lower level of significance, which may indicate an increase in psychomotor skills despite the increase in age. In the previous studies it has been proved many times that the level of psychomotor skills is strongly related to age and the level of difficulty of tasks performed (Armbruester et al., 2007; Sutter and Oehl, 2010; Tan and Sun, 2021). Considering the identical training process and the same conditions of everyday functioning of the test persons, these results indicate a positive effect of the training programme on SAGI on the level of psychomotor skills.

The percentage ability to perform all tasks during test I was significantly correlated with its components, such as counting paratroopers of the same colour, arithmetic activities and counting shapes of one type. In test II, significance was demonstrated with counting of one type of shapes and a synthetic memory test. What is important, attention should be paid to the decrease in the number of statistically significant correlations and their level of significance in test II, as compared to test I. This may indicate an increase in the level of psychomotority, which results in a decrease in the influence of individual components on the percentage ability to perform all tasks. It should be emphasized that the test persons in tests I and test II performed physical effort in the zone of aerobic metabolism, as evidenced by HR values. Also noteworthy is the pre-exercise increase in blood pressure. This may be due to pre-exercise stress and lack of knowledge of the training device (test I) and the desire to improve the previously obtained result (test II). The higher blood pressure found at the end of test II may be due to an increase in the number of reels, which may be associated with a longer effect of this exercise on blood system receptors. Similar indicators were analyzed in studies on performing various tasks on aviation simulators. These studies showed that heart rate and blood pressure levels are influenced by the difficulty level of the pilot's task. In addition, the difficulty of the tasks and the amount of visual information causes a decrease in the number of movements (blinking eyes) and their duration. It has been demonstrated that mental effort increases arterial pressure and heart rate (Veltman and Gaillard, 1996). Similar conclusions were reached by Leino et al. (1999), analyzing neuroendocrine responses and psychomotority in the selection process of candidates for military pilots. Comparing the test procedure to an air mission, they proved that it is characterized by a high level of mental strain. Moreover, they showed that low neuroendocrine responses in the psychomotor test were associated

with good stress tolerance. It is important, however, that both these tests, unlike ours, were not characterized by physical strain. These studies show that raising blood pressure is not only the result of physical effort, but it can also be raised by mental strain.

So far, pilots were tested before and after the training process was completed, however, in resting conditions (without connection with physical exercise; Leino et al., 1999; Russo et al., 2005; Tomczak, 2015; Tomczak et al., 2017). The authors of these studies have demonstrated that their tests have diagnostic value in terms of physical and mental skills under normal and extreme working conditions of a military pilot. Realization an aerial mission in extreme conditions for a long time may lead to disorder motor skills. That observations were made by Tomczak et al. (2019) on the soldiers of the Polish Army. Therefore, the authors believe that for military pilots, the psychological test should be performed under strain conditions.

Based on the results of the tests, it has been shown that the training program on SAGI has a great influence on increasing psychomotor skills in cadet pilots. The diagnostic and training device used during the looping test gave an opportunity to assess attention concentration, reaction and psychophysical condition under extreme environmental conditions. The test combined with a diagnostic and training device was found to be highly useful in the process of special pilot training.

Moreover, the conducted pilot studies will be helpful in assessing future studies that will be carried out before and after aviation practices in the air. As a reference point, it will allow to assess the impact of stress occurring in conditions of real flight in pilots on the level of them psychomotoricity. Comparing the speed of response to the questions (stimulus) and the speed of execution of reels on forward on looping in a limited time can provide valuable guidance for practical use in pilot training.

Conclusion

The authors found that a special training process on SAGI had a positive effect on the level of psychomotority in cadet pilots, by increasing the percentage of the task capacity measured by the diagnostic and training device and the number of reels performed in the test after the training process (test II) compared to the test before the training process (test I). After the training process (test II), a reduction in the positive correlation between the ability to perform tasks [%] and the number of forward turns on looping compared to test I was found. According to the size

References

- Alexander, K., and Stead, G. (2018). *Aptitude assessment in pilot selection. In aviation instruction and training* (pp. 15–33). New York: Routledge.
- Armbruster, C., Sutter, C., and Ziefle, M. (2007). Notebook input devices put to the age test: the usability of trackpoint and touchpad for middle-aged adults. *Ergonomics* 50, 426–445. doi: 10.1080/00140130601127885
- Astani, A. I., and Macarie, A. (2013). The ideal ability profile of the student future military aircraft pilot. *Rev Air Force Acad* 23, 89–94.
- Barron, L. G., and Rose, M. R. (2017). Multitasking as a predictor of pilot performance: validity beyond serial single-task assessments. *Mil. Psychol.* 29, 316–326. doi: 10.1037/mil0000168
- Carretta, T. R. (2000). Air force pilot selection and training methods. *Aviat. Space Environ. Med.* 71, 950–956. doi: 10.21236/ada430320
- Chaiken, S. R., Kyllonen, P. C., and Tirre, W. C. (2000). Organization and components of psychomotor ability. *Cogn. Psychol.* 40, 198–226. doi: 10.1006/cogp.1999.0729

of the Cohen' d effect the training process influenced at psychomotor skills and percentage ability to complete the task at high level improved.

Data availability statement

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Ethics statement

The studies involving human participants were reviewed and approved by the researchers have obtained the consent of the Bioethics Committee, at the Medical University of Poznań, issued on 15 May 2019 with the number 610/19. The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

Author contributions

AP and ZW contributed to conception and design of the study. AP organized the database. AP and ZW performed the statistical analysis. AP wrote the first draft of the manuscript. AP wrote sections of the manuscript. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

- Clem, P. (2020). The place of psychometric testing in pilot selection. *J. Australasian Soc. Aerospace Med.* 11, 1–4. doi: 10.21307/asam-2019-003
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd Edn.)*. Hillsdale: Erlbaum Associates.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., and Buchner, A. (2007). G*power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods* 39, 175–191. doi: 10.3758/BF03193146
- Glicksohn, J., and Naor-Ziv, R. (2016). Personality profiling of pilots: traits and cognitive style. *Int. J. Pers. Psychol.* 2, 7–14.
- Griffin, G. R., and Koonce, J. M. (2009). Review of psychomotor skills in pilot selection research of the US military services. *Int. J. Aviat. Psychol.* 6, 125–147. doi: 10.1207/s15327108ijap0602_2
- Kattenbach, A. (2017). Working environment of a military pilot. *Ann Uni Mariae Curie-Skłodowska* 29, 183–192. doi: 10.17951/j.2016.29.4.183
- Kobos, Z., Truszczynski, O., Jędryś, R., and Terelak, J. (1994). Formation of sight-movement coordination by training on the aerial special gymnastics instruments. *Med Lotnicza* 1, 122–125.
- Leino, T. K., Leppälouto, J., Ruokonen, A., and Kuronen, P. (1999). Neuroendocrine responses and psychomotor test results in subjects participating in military pilot selection. *Aviat. Space Environ. Med.* 70, 571–576.
- Li, W. C., Harris, D., and Yu, C. S. (2005). The identification of training needs for developing aeronautical decision making training programs for military pilots. In *2005 International Symposium on Aviation Psychology* (p. 445).
- Lisowski, V. O., and Mihuta, I. Y. (2013). Importance of coordination skills essentials psychophysical demonstrated competencies as a military specialists. *Phys Educ Stud* 6, 38–42. doi: 10.6084/m9.figshare.840501
- McMahon, T. W. (2019). The effect of sustained operations on the psychomotor performance of helicopter pilots (Doctoral dissertation, Swinburne University).
- McMahon, T. W., and Newman, D. G. (2015). A methodology to determine the psychomotor performance of helicopter pilots during flight maneuvers. *Aerosp Med Hum Perform* 86, 641–646. doi: 10.3357/amhp.4258.2015
- McMahon, T. W., and Newman, D. G. (2018). The differential effect of sustained operations on psychomotor skills of helicopter pilots. *Aerospace Med. Human Perform.* 89, 496–502. doi: 10.3357/AMHP.4895.2018
- Paško, W., Gula, P., Brożyna, M., Dziadek, B., Zadarko, E., Śliż, M., et al. (2022). Psychomotor abilities of candidates for polish special forces. *Sci. Rep.* 12, 1–8. doi: 10.1038/s41598-022-09138-4
- Russo, M., Sing, H., Kendall, A., Johnson, D., Santiago, S., Escolás, S., et al. (2005). Visual perception, flight performance, and reaction time impairments in military pilots during 26 hours of continuous wake: implications for automated workload control systems as fatigue management tools. Computer science. In strategies to maintain combat readiness during extended deployments – a human systems approach, meeting proceedings RTO-MP-HFM-124. *Paper* 27, 1–16.
- Street, D. R. Jr., and Dolgin, D. L. (1994). Computer-based psychomotor test in optima training rack assignment of student naval aviators. *Naval Aerospace Medical Research Lab.* doi: 10.1037/e448972004-001
- Sutter, C., and Oehl, M. (2010). “Of age effects and the role of psychomotor abilities and practice when using interaction devices,” in *Advances in human factors and ergonomics series*. eds. T. Marek, W. Karwowski and V. Rice (Boca Raton: Taylor and Francis, CRC Press), 757–766.
- Tan, J., and Sun, X. (2021). The relationship between cognitive ability and flight driving performance in adolescent pilot cadets. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 52–64). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-77932-0_5
- Temme, L. A., Still, D. L., and Fatcheric, A. J. (1995). Jet pilot, helicopter pilot, and college student: a comparison of central vision. *Aviat. Space Environ. Med.* 66, 294–302.
- Tomczak, A. (2015). Coordination motor skills of military pilots subjected to survival training. *J Strength Conditioning Res* 29, 2460–2464. doi: 10.1519/jsc.0000000000000910
- Tomczak, A., Dąbrowski, J., and Mikulski, T. (2017). Psychomotor performance of polish air force cadets after 36 hours of survival training. *Ann. Agric. Environ. Med.* 24, 387–391. doi: 10.5604/12321966.1232762
- Tomczak, A., Różański, P., and Jówko, E. (2019). Changes in coordination motor abilities of naval academy cadets during military survival training. *Aerospace Med. Human Performance* 90, 632–636. doi: 10.3357/AMHP.5302.2019
- Truszczynski, O., Lewkowicz, R., Wojtkowiak, M., and Biernacki, M. P. (2014). Reaction time in pilots during intervals of high sustained G. *Aviat. Space Environ. Med.* 85, 1114–1120. doi: 10.3357/asem.4009.2014
- Veltman, J. A., and Gaillard, A. W. K. (1996). Physiological indices of workload in a simulated flight task. *Biol. Psychol.* 42, 323–342. doi: 10.1016/0301-0511(95)05165-1
- Wochoński, Z., Jędryś, R., and Stelegowski, A. (2010a). *Methodology of training on special aviation gymnastics instruments*. Dąbлін: Air Force Academy.
- Wochoński, Z., and Sobiech, K. (2014). Effect of exercise on special aviation gymnastics instruments on blond serum levels of selected biochemical indices in cadet. *Ann. Agric. Environ. Med.* 21, 106–111.
- Wochoński, Z., and Sobiech, K. (2015). Post-exercise proteinuria in the cadet trained on special aerial gymnastics instruments. *Int. J. Occup. Environ. Health* 28, 863–873. doi: 10.13075/ijomh.1896.00454
- Wochoński, Z., and Sobiech, K. (2017). Impact of special aviation gymnastics instruments training on selected hormones in cadet blood serum and plasma. *Int. J. Occup. Environ. Health* 30, 655–664. doi: 10.13075/ijomh.1896.00904
- Wochoński, Z., Stelegowski, A., and Kłossowski, M. (2010b). Use of aero-synthetic efficiency test in selection of candidates to the air force academy for multirole fighters F-16. *Pol J Aviat Med, Bioeng Psychol* 4, 309–320.
- Wojtkowiak, M. (1989). Selected physical exercises preparing pilots to perform cardio-respiratory tests to increase acceleration tolerance. *Postępy Astronautyki*, ½, 83–94.



prof. LAW dr hab. Zbigniew Wochoński

Urodzony w 1958 r. w Lututowie, ukończył Wyższą Szkołę Oficerską Wojsk Zmechanizowanych i Akademię Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Badania nad monitorowaniem wysiłku fizycznego za pomocą wskaźników biochemicznych we krwi i moczu stały się przedmiotem pracy doktorskiej obronionej z wyróżnieniem w AWF we Wrocławiu (1995 r.). W 2007 r. rozpoczął pracę w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych, gdzie zajął się badaniami dotyczącymi procesu treningowego podchorążych pilotów. W 2016 r. otrzymał stopień doktora habilitowanego. Jest współautorem wskaźnika lipidowego WS (2000 r.) oraz wskaźnika izoenzymatycznego dehydrogenazy mleczanowej (2001 r.) służących do oceny adaptacji wysiłkowej i stanu zdrowia po zrealizowanym procesie treningowym.



mgr Adam Prokopczyk

Urodzony w 1993 r. w Poznaniu, pracownik Zakładu Sportów i Edukacji Obronnej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Instruktor pierwszej pomocy, ratownictwa wodnego, samoobrony i survivalu. Aktywny sędzia i trener judo. Wychowawca i szkoleniowiec zawodników kadr narodowych, mistrzów Polski i zdobywców czołowych miejsc w zawodach międzynarodowych. Posiadacz pasa mistrzowskiego judo – 4 dan. Zainteresowania naukowe: trening sportowy, zarządzanie kryzysowe, bezpieczeństwo narodowe, problematyka motywacji wewnętrznej i stresu. Laureat specjalnej nagrody naukowej dla młodego pracownika naukowego przyznanej przez International Association of Sport Kinetics.

