



**Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
w Warszawie**

Weronika Łuba-Arnista

**Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia
bekhendowego w tenisie stołowym przy zastosowaniu
różnych programów treningu**

Promotor rozprawy doktorskiej
prof. dr hab. Jerzy Sadowski

Rozprawa doktorska
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej

Warszawa, marzec 2021


Oświadczenie autora rozprawy doktorskiej

1. Świadoma odpowiedzialności prawnej oświadczam, że niniejsza praca doktorska na temat: „Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym przy zastosowaniu różnych programów treningu” została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami.
2. Oświadczam, że praca doktorska nie narusza praw autorskich na podstawie ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. 2019 poz. 1231 z późn. zm.) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym.
3. Oświadczam również, że przedstawiona praca nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem stopnia doktora.
4. Oświadczam ponadto, że treść pracy przekazanej na zewnętrznym nośniku elektronicznym jest identyczna z wersją przyjętą przez promotora i dostarczoną w formie papierowej.

12.03.2021r.
Data


Podpis autora pracy

12.03.2021r.
Data


Podpis promotora pracy przyjmującego oświadczenie

Spis treści

Słownik ważniejszych terminów	4
Streszczenie	7
Abstract.....	9
Wstęp.....	11
1. Wprowadzenie	14
1.1. Uwarunkowania efektu uczenia się i doskonalenia motorycznego	14
1.2. Znaczenie dokładności uderzeń w tenisie stołowym.....	22
1.3. Uzasadnienie podjętej problematyki badań.....	24
2. Metodologia badań własnych	32
2.1. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze	32
2.2. Materiał badań	33
2.3. Metody badań	34
2.4. Metody statystycznej analizy wyników badań	44
3. Wyniki badań.....	45
3.1. Przebieg krzywej tempa uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego	45
3.2. Ocena efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego	48
4. Dyskusja	59
Wnioski.....	74
Piśmiennictwo	75
Spis tabel i rycin	94
Aneks	96
Załączniki	97

Słownik ważniejszych terminów

autonomia – percepcja jednostki dotycząca jej zdolności do dokonywania wyborów dotyczących wartościowego wkładu w danej sytuacji

czynność ruchowa – świadoma reakcja ruchowa organizmu, która jest wykonywana w określonym celu

dokładność uderzenia bekhendowego – stopień zgodności między efektem wykonania uderzenia bekhendowego a założonym celem

efekt uczenia się i doskonalenia – rezultat procesu nabywania umiejętności dokładnego wykonywania uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym

funkcjonalna trudność zadania – zmienny poziom trudności zadania, który zależy od poziomu umiejętności wykonawcy lub panujących warunków

interferencja kontekstowa – zakłócenia, które występują podczas wykonywania różnych odmian czynności ruchowej w warunkach treningu; związane są z szykiem praktykowanych czynności ruchowych

krzywa uczenia się i doskonalenia czynności ruchowej – graficzne przedstawienie dynamiki procesu nabywania umiejętności

nominalna trudność zadania – stały poziom trudności zadania niezależny od poziomu umiejętności wykonawcy

test umiejętności (post-test) – test, który ocenia poziom nabycia uczonej czynności ruchowej stosowany bezpośrednio po zakończeniu ostatniej sesji procesu uczenia się

pre-test – test, który ocenia poziom wyjściowy badanych, stosowany jest przed wprowadzeniem czynnika eksperymentalnego

program blokowy – program o niskim poziomie interferencji kontekstowej, w którym jedna czynność ruchowa jest wielokrotnie powtarzana przed przejściem do uczenia się innej czynności ruchowej (np. AAA/ BBB/ CCC)

program losowy – program o wysokim poziomie interferencji kontekstowej, w którym kilka czynności ruchowych jest wykonywanych w zmiennej kolejności w ramach tej samej jednostki treningowej (np. ABABCBAACC...)

program samoregulowanego uczenia się – program, w którym uczniowie sami decydują o wyborze odpowiednich strategii uczenia się (strategie uczenia się to techniki czy metody stosowane przez uczniów w celu zdobywania informacji) lub umożliwienie uczniom indywidualnej kontroli nad pewnymi warunkami środowiska lub procesu uczenia się, np. korzystania z informacji zwrotnych oraz z urządzeń pomocniczych, manipulacji liczbą wykonywanych prób, stosowania demonstracji czynności ruchowych czy wyboru poziomu ich trudności

program „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” – program z interferencją kontekstową dostosowaną do indywidualnych postępów badanego w procesie uczenia się lub treningu

program treningu – program uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym

przeuczenie – kontynuowanie uczenia się danej umiejętności mimo osiągnięcia założonego celu

test transferu – test, który mierzy zdolność przenoszenia nabytej umiejętności do nowych warunków środowiskowych, w których nie była wcześniej praktykowana lub mierzy zdolność przenoszenia efektu uczenia się jednej umiejętności na proces uczenia lub wykonanie innej czynności ruchowej lub umiejętności

test trwałości uczenia się – test, który mierzy trwałość uczenia się danej umiejętności ruchowej; test ten stosuje się po pewnym okresie przerwy w ćwiczeniu

uczenie się motoryczne – proces związany z ćwiczeniem lub nabywaniem doświadczenia, który prowadzi do względnie trwałych zmian w zdolnościach służących rozwojowi umiejętności ruchowych

uderzenie bekhendowe w tenisie stołowym – uderzenie zwane półwolejem lub atakiem szybkim (blisko stołu) wykonane techniką bekhendową (u osób praworęcznych – z lewej strony / u osób leworęcznych – z prawej strony); badany ustawiony blisko i równolegle do stołu (w I strefie gry), tułów pochylony nad stołem, wykonanie zamachu kończyną górną

trzymającą raketkę w kierunku klatki piersiowej, uderzenie piłki następuje przed tułowiem badanego poprzez wykonanie szybkiego ruchu raketką w przód i nieco w górę (w kierunku siatki); piłka zostaje uderzona w fazie wznoszącej swojego toru lotu

umiejętność ruchowa – zdolność w posługiwaniu się zdobytym doświadczeniem podczas wykonywania określonych zadań; jest wynikiem uczenia się motorycznego, czyli uczenia się i doskonalenia danej czynności ruchowej

uogólniony program motoryczny – uporządkowana sekwencja działań, która reguluje ruchy należące do tej samej klasy (np. rzucanie przedmiotu na większą odległość w porównaniu z rzucaniem na mniejszą odległość)

Streszczenie

Określenie optymalnego programu uczenia się i doskonalenia techniki uderzeń w tenisie stołowym jest problemem dynamicznym i wielowymiarowym, gdyż efekt uczenia się czynności ruchowych zależy od wyjściowego poziomu umiejętności zawodnika, trudności zadania oraz poziomu interferencji kontekstowej. Manipulując kolejnością lub schematem ćwiczeń, uczeń konsekwentnie zmienia poziom interferencji kontekstowej w trakcie uczenia się czynności ruchowych. Interferencja kontekstowa to zakłócenia występujące w procesie uczenia się, które wynikają z wykonywania w określonej kolejności różnych czynności ruchowych. Pomimo licznych badań w tym obszarze nadal brakuje wystarczających dowodów naukowych uzasadniających zasadność stosowania różnych programów uczenia się i doskonalenia dokładności uderzeń techniką bekhendową w tenisie stołowym przez zawodników średnio i wysoko zaawansowanych.

Celem badań była ocena efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym przy zastosowaniu różnych programów treningu u zawodników na etapie szkolenia ukierunkowanego.

Udział w badaniu wzięło 64 zawodniczek i zawodników tenisa stołowego, którzy losowo zostali przydzieleni do 4 grup eksperymentalnych: grupy realizującej program blokowy (GB), grupy ćwiczącej według programu losowego (GL), grupy samoregulowanego uczenia się (GSR) i grupy realizującej program „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” (GWSLS). Metodą badań był eksperyment. Badani uczyli się i doskonalili dokładność uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym według określonego programu: blokowego, losowego, samoregulowanego uczenia się i „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”. Zadaniem badanych było zdobycie jak najwyższej liczby punktów poprzez trafianie piłką w trzy cele o różnym poziomie trudności, które były zaznaczone na stole tenisowym. Do oceny dokładności uderzeń wykorzystany został test opracowany przez Pooltona i współautorów (2006). Podczas procesu nabywania umiejętności każdy uczestnik wykonał łącznie 630 uderzeń, z czego 45 uderzeń zostało wykonanych w trzech seriach podczas czternastu sesji treningowych. W trakcie każdego z testów: testu oceniającego poziom wyjściowy badanych, testu umiejętności, testów trwałości uczenia się i testu transferu, uczestnicy wykonali po 90 uderzeń w trzech seriach.

Stwierdzono, że w zakresie bezpośredniego efektu dokładność wykonania zadania podczas procesu nabywania umiejętności była najwyższa w przypadku programu „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”. Grupy uczące się według programu losowego i samoregulowanego uczenia się uzyskały istotnie statystycznie wyższą dokładność (liczbę punktów) w opóźnionym teście trwałości uczenia się niż grupa ćwicząca według programu blokowego. Na podstawie wielkości efektu standardowego (d) Cohena wykazano, że GSR miała najwyższy efekt uczenia się i doskonalenia umiejętności w opóźnionym teście trwałości uczenia się w porównaniu do pozostałych grup z narzuconym schematem ćwiczeń.

Słowa kluczowe: interferencja kontekstowa, samoregulowane uczenie się, program blokowy, program losowy, uczenie się motoryczne

Abstract

Title of the doctoral dissertation: “The effect of learning and improving the backhand stroke accuracy in table tennis by using different training programs”

Determining the optimal program for learning and improving the technique of strokes in table tennis is a dynamic and multidimensional problem because the learning effect of movement tasks depends on the competitor’s skill level, task difficulty, and the contextual interference level. By manipulating the sequence or scheduling of exercises the learner is consistently changing the level of contextual interference during the learning of movement tasks. Contextual interference is interferences in the learning process that result from performing various movement tasks in a specific sequence. Despite a great body of research in this area, there is still insufficient scientific evidence to justify the use of various programs to learn and improve the backhand stroke accuracy in table tennis by intermediate and highly advanced players.

The purpose of the study was to assess the effect of learning and improving the backhand stroke accuracy in table tennis by using different training programs in the case of moderately qualified players.

The study included 64 table tennis players who were randomly assigned to 4 experimental groups: the group realizing the block program (GB), the group exercising according to the random program (GL), the group of self-regulated learning (GSR), and the group realizing the program “win – shift / lose – stay.” The method of research was an experiment. Participants learned and improved the accuracy of the backhand stroke in table tennis according to a specific program: block, random, self-regulated learning, and “win – shift / lose – stay.” The task of participants was to score as many points as possible by hitting the ball at three targets marked on the tennis table. The test developed by Poolton et al. (2006) was used to assess the accuracy of the strokes. During the acquisition phase, each participant completed a total of 630 trials, with 45 trials completed in three blocks during each of the fourteen practice sessions. During the each test: the baseline test, the post-test, the retention tests and the transfer test, all the participants completed 90 trials in three blocks.

It was found that in terms of the immediate effect, the accuracy of task performance during the acquisition phase was the highest in the case of the program “win – shift / lose –

stay.” The groups learning according to the random program and self-regulated learning program demonstrated a statistically significant higher accuracy (number of points) than the group exercising according to the block program in the delayed retention test. Based on the value of the Cohen’s d effect size, it was shown that the GSR recorded the highest effect of learning and improving skill in the delayed retention test compared to the other groups with the imposed exercises scheme.

Key words: contextual interference, self-regulated learning, block practice, random practice, motor learning

Wstęp

Kluczowym celem treningu jako procesu jest optymalizacja funkcji ustroju i rozwój specyficznej adaptacji wysiłkowej zawodnika. Osiągnięcie tych celów prowadzi do maksymalizacji wyników oraz skutecznego udziału w walce sportowej, która bez wysokiego poziomu umiejętności technicznych jest niemożliwa (Sozański, 2015). W tenisie stołowym wyróżniamy dwie podstawowe techniki uderzeń: forhend i bekhend. Większość dotychczasowych badań dotyczyło analizowania techniki uderzeń forhendem (Huang i wsp., 2013), ale niezmiernie istotne jest opanowanie przez zawodników również techniki uderzeń bekhendem (Flores i wsp., 2010; Wang i wsp., 2018). Jak twierdzą Mavvidis i współautorzy (2005) tenisistom stołowym na poziomie średnio zaawansowanym brakuje skuteczności w wykonaniu uderzeń bekhendem, co wiąże się z tym, że większość podstawowych błędów popełniają podczas gry używając właśnie tej techniki. Aktualna wiedza o efektywnych programach uczenia się i treningu uderzeń techniką bekhendową w tenisie stołowym jest niepełna.

W tenisie stołowym jedną z kluczowych umiejętności jest dokładne skierowanie piłki w wybrane miejsce wykonane w odpowiednim czasie, najczęściej w odpowiedzi na zagranie przeciwnika. Umiejętność ta nie należy do najłatwiejszych, gdyż zarówno odległość między zawodnikami, jak i czas pomiędzy kolejnymi uderzeniami jest bardzo krótki. Zatem tenisiści stołowi muszą szybko „przełączać się” z jednych umiejętności technicznych na inne, aby wykonać dokładną i skuteczną akcję, która przybliży ich do odniesienia zwycięstwa w rywalizacji sportowej. Dlatego ciągle prowadzone są badania koncentrujące się na projektowaniu efektywnych programów uczenia się i treningu dokładności stosowania wybranych technik uderzeń w tenisie stołowym dla zawodników na różnych etapach szkolenia sportowego (North i wsp., 2019).

Jednym z obszarów naukowego zainteresowania badaczy jest zagadnienie wpływu różnej interferencji kontekstowej na efektywność uczenia się czynności ruchowych. Interferencję kontekstową definiuje się jako zakłócenie, które wynika z wykonywania różnych czynności ruchowych podczas procesu uczenia się motorycznego (Magill i Hall, 1990). Manipulując kolejnością wykonywanych zadań lub ćwiczeń, zmienia się interferencję kontekstową. W efekcie taka zmiana warunków może ułatwiać bądź utrudniać uczenie lub doskonalenie danej czynności ruchowej. Program uczenia się z niską interferencją kontekstową charakteryzuje się tym, że czynności ruchowe wykonywane są

jedna po drugiej bez zmiany kolejności (program blokowy). W warunkach wysokiej interferencji kontekstowej czynności ruchowe są wykonywane przemiennie z innymi czynnościami ruchowymi lub ich wariantami w sposób przypadkowy (program losowy). Najbardziej ciekawym, poznawczym aspektem wpływu interferencji kontekstowej jest odmienność uzyskiwanych efektów uczenia się w zależności od momentu ich oceny. Uczenie się w warunkach niskiej interferencji kontekstowej zazwyczaj prowadzi do uzyskania przez ucznia wyższych rezultatów podczas prób wykonywanych bezpośrednio po zakończeniu procesu uczenia się. Z kolei praktyka w warunkach wysokiej interferencji kontekstowej jest efektywniejsza podczas testów trwałości uczenia się i testu transferu. Ograniczeniem tradycyjnych programów uczenia się jest stosowanie stałego poziomu interferencji kontekstowej podczas nabywania umiejętności. Programy te nie uwzględniają zmieniającego się w procesie uczenia poziomu umiejętności ucznia, który wraz z ćwiczeniem zwiększa się. Porter i współautorzy (2020) twierdzą, że potrzebne są dalsze badania efektywności programów uczenia się uwzględniające indywidualne postępy ucznia w porównaniu do tradycyjnie wykorzystywanych w treningu sportowym (program blokowy). Mało jest wyników badań eksperymentalnych potwierdzających lub negujących zasadność wykorzystania zróżnicowanej interferencji kontekstowej w procesie uczenia się czynności ruchowych przez wykwalifikowanych sportowców (Farrow i Buszard, 2017). Najczęściej uczenie się i doskonalenie umiejętności technicznych w tenisie stołowym odbywa się według programu blokowego. Dlatego trenerzy i naukowcy zajmujący się tenisem stołowym poszukują nowatorskich metod i środków treningu, służących poprawie efektywności procesu szkolenia w tej dyscyplinie sportu (Cao i wsp., 2020).

Celem badań była ocena efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym przy zastosowaniu różnych programów treningu u zawodników na etapie szkolenia ukierunkowanego. W badaniach udział wzięło 64 zawodniczek i zawodników tenisa stołowego. Metodą badań był eksperyment, w którym badani uczyli się i doskonalili dokładność uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym według różnych programów: blokowego, losowego, samoregulowanego uczenia się i „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”.

Zaprezentowane wyniki badań mogą być ważną wskazówką dla trenerów, instruktorów, nauczycieli wychowania fizycznego, jak również zawodników, dotyczącą dobierania i planowania efektywnych programów uczenia się i doskonalenia techniki w tenisie stołowym.

Niniejsza praca składa się z czterech rozdziałów. Rozdział pierwszy stanowi przegląd literatury poruszanego problemu badawczego, zaś w rozdziale drugim opisana została metodologia badań własnych. W rozdziale trzecim zaprezentowane zostały wyniki przeprowadzonego eksperymentu, natomiast rozdział czwarty stanowi dyskusja.

1. Wprowadzenie

1.1. Uwarunkowania efektu uczenia się i doskonalenia motorycznego

Uczenie się motoryczne jest definiowane jako względnie trwała zmiana zdolności ucznia do wykonania czynności ruchowej, która jest efektem ćwiczenia lub nabytego doświadczenia (Magill, 2011).

Efekt uczenia się motorycznego zależy od wielu czynników. Analizowano między innymi wpływ rodzaju informacji zwrotnej: kinestetycznej [np. podczas wykonania uderzenia forhendowego w tenisie w środowisku wirtualnym (Marchal-Crespo i wsp., 2013)], werbalnej [np. w pływaniu kraulem (Zatoń i Szczepan, 2014)], wizualnej [np. w zadaniu śledzenia i dokładnego dopasowania siły badanego do określonego celu (Park i wsp., 2018)], a także ich kombinacji [np. wizualno-werbalnej i wizualno-kinestetycznej w zadaniu ruchowym typu wioślarskiego (Sigrist i wsp., 2015)]. Sprawdzano również wpływ organizacji przekazu informacji zwrotnej, tzn. udzielenie jej w czasie rzeczywistym [np. podczas wykonywania zadania utrzymania równowagi (Goodwin i Goggin, 2018)] i w czasie opóźnionym [np. w zadaniu ruchowym typu wioślarskiego (Sigrist i wsp., 2013)] oraz częstości jej przekazania [np. podczas wykonania zadania salta w tył (Sadowski i wsp., 2013)]. Przeprowadzono wiele badań eksperymentalnych odnośnie wpływu różnej organizacji treningu na efekt uczenia się motorycznego. Analizowano między innymi złożoność zadań [np. podczas rzucania piłką do celu (Parrington i wsp., 2015)] oraz poziom zaawansowania osoby uczącej się [np. podczas doskonalenia umiejętności w piłce nożnej (Machado i wsp., 2019)]. Sprawdzano również efektywność uczenia się przez obserwację [np. podczas określonej sekwencji umiejętności wykonywanych na podwójnej mini trampolinie (Ste-Marie i wsp., 2016)], koncentrację uwagi [np. w zadaniu dokładnego wykonania rzutu karnego w piłce nożnej (Makaruk i wsp., 2019)] oraz samoregulowane uczenie się [np. w zadaniu polegającym na szybkim układaniu kubków (Lessa i Chiviacowsky, 2015)]. Kolejnym analizowanym czynnikiem, który wpływa na efekt uczenia się motorycznego jest zjawisko interferencji kontekstowej. Zjawisko to określone zostało po raz pierwszy przez Battiga (1966), który przeprowadził badania nad uczeniem się werbalnym według programu blokowego i losowego. Wykazano, że próby uczenia się i przypominania sobie drukowanych materiałów

prezentowanych w przypadkowej / losowej kolejności utrudniały zapamiętywanie uczonego materiału w teście przeprowadzonym bezpośrednio po zakończonym procesie uczenia, ale efekt uczenia ujawniał się w kolejnych testach przeprowadzonych w pewnym odstępie czasu od zakończenia uczenia się. Według Battiga (1979) termin interferencja kontekstowa podkreśla rolę czynników kontekstowych, które mogą być wewnętrzne i zewnętrzne, zarówno w stosunku do zadania, jak i w relacji do ucznia. Oznacza to, że obejmuje ona całokształt warunków uczenia się, w tym: zadanie, program ćwiczeń i przetwarzanie, w które zaangażowany jest uczeń. Warunki te postrzegane są jako potencjalne źródła zakłóceń, które mogą ułatwiać lub utrudniać proces uczenia się.

Nawiązując do wyników badań Battiga (1966), Shea i Morgan (1979) zaproponowali, że te same zjawiska mogą również sprzyjać uczeniu się czynności ruchowych, stwierdzając, że świadome wywoływanie interferencji kontekstowej jest jednym z najważniejszych podejść metodycznych w treningu techniki sportowej. W literaturze dotyczącej uczenia się motorycznego termin interferencja kontekstowa odnosi się do sposobu, w jaki jest ona wprowadzana do programu uczenia się konkretnej lub wielu czynności ruchowych. Potwierdzają to wyniki badań przeprowadzonych między innymi przez Ashrafa (2017) w piłce nożnej, Aikena i Gentera (2018) w grze w golfa, Pereira Cruz i współautorów (2018) w piłce siatkowej, Northa i współautorów (2019) w tenisie stołowym. W większości badań wykazano wyższe efekty uczenia się motorycznego w warunkach zwiększonej interferencji kontekstowej, tzn. wówczas kiedy uczono kilku czynności ruchowych w losowej kolejności. Biorąc pod uwagę zasadę stymulującej trudności ćwiczeń w treningu sportowym, która bazuje na założeniu, że optymalny efekt osiąga się poprzez stopniowe podwyższanie trudności – złożoności koordynacyjnej zadania odpowiadające poziomowi uczącego się (Sadowski, 2015a), wykorzystanie interferencji kontekstowej stanowi interesujące podejście metodyczne w uczeniu się motorycznym i w treningu technicznym.

Stopień nasilenia interferencji kontekstowej zależy między innymi od organizacji procesu uczenia się danej czynności ruchowej (Shea i Morgan, 1979; Magill i Hall, 1990; Brady, 1998; Merbah i Meulemans, 2011; Graser i wsp., 2019). Manipulowanie kolejnością uczenia się czy doskonalenia czynności ruchowej może zwiększać interferencję kontekstową i tym samym wpływać na efekt uczenia się i doskonalenia motorycznego (Magill i Hall, 1990). Oznacza to, że wpływ interferencji kontekstowej na efekt uczenia lub treningu może zależeć od przyjętego programu. W praktyce sportowej w treningu technicznym najczęściej stosuje się program blokowy i losowy organizacji

szkolenia. Blokowy program uczenia czynności ruchowej cechuje niski wpływ interferencji kontekstowej. Program blokowy charakteryzuje się wielokrotnym powtarzaniem tej samej czynności ruchowej przed przejściem do uczenia się kolejnej innej czynności ruchowej (np. AAA / BBB / CCC...). Z kolei program losowy charakteryzuje wysoki udział zakłóceń kontekstowych. Ten program polega na tym, że kilka czynności ruchowych uczonych jest w zmiennej i nieprzewidywalnej kolejności (np. ABABCBAACC...). Według takiego programu badani realizują taką samą liczbę powtórzeń danej czynności ruchowej. Różnica polega jedynie na kolejności wykonywania poszczególnych zadań. Te dwa programy uczenia się czy treningu prowadzą do zróżnicowanego efektu uczenia się jeżeli uwzględnimy wyniki testu oceniającego stopień opanowania umiejętności, testu trwałości uczenia się i testu oceniającego stopień przenoszenia opanowanej umiejętności do innych warunków. Wyniki licznych badań pokazują, że podczas testu oceniającego stopień opanowania umiejętności efekt uczenia jest lepszy w przypadku zastosowania programu blokowego niż programu losowego. Z kolei wyższy poziom interferencji kontekstowej występującej w warunkach uczenia się według programu losowego jest mniej efektywny oceniając natychmiastowy efekt opanowania umiejętności, ale daje lepszy oddalony efekt uczenia się, który ujawnia go podczas testu trwałości uczenia się i testu transferu (Shea i Morgan, 1979; Brady, 1998; Merbah i Meulemans, 2011). Potwierdzają to wyniki badań porównujących efekt zastosowania tych dwóch programów uczenia się i doskonalenia czynności ruchowych, np. w zadaniu wiązania węzłów przez zawodowych strażaków posiadających doświadczenie w tym zakresie i przez osoby bez takiego doświadczenia (Ollis i wsp., 2005), w koszykówce u osób dorosłych bez doświadczenia zawodniczego (Memmert, 2006), w badmintonie u osób dorosłych niewykwalifikowanych (Memmert i wsp., 2009), w tenisie u zawodników średnio zaawansowanych ćwiczących dokładność trzech różnych uderzeń piłki (Broadbent i wsp., 2015), w grze w golfa przez osoby dorosłe nieposiadające doświadczenia zawodniczego (Fazeli i wsp., 2017). Podsumowując aktualny stan wiedzy należy stwierdzić, iż większość autorów uważa, że program blokowy charakteryzuje się wyższym efektem nabywania umiejętności ocenianym bezpośrednio po ostatnich zajęciach / treningu, z kolei program losowy jest bardziej efektywny według kryterium oddalonego efektu – testu trwałości uczenia się i testu transferu.

Jednak niektórzy autorzy uzyskali wyniki badań, które nie potwierdzają tej reguły. Maslovat i współautorzy (2004) badali efekt uczenia się zadania koordynacyjnego polegającego na odtworzeniu rękoma wzoru wyświetlanego na ekranie komputera.

Wykazali, że grupa ucząca się według programu losowego osiągnęła lepsze wyniki także podczas sesji szkoleniowych niż grupa ucząca się według programu blokowego. Inni badacze również kwestionują występowanie istotnych różnic w efektywności uczenia się według programu blokowego i losowego. Nie znaleziono różnic w efekcie uczenia się przy zastosowaniu programów z wysoką i niską interferencją kontekstową w zadaniu wykonanym przez osoby dorosłe, które polegało na przenoszeniu trzech piłek do sześciu ponumerowanych pojemników zgodnie z wcześniej ustalonymi sekwencjami w określonym czasie (Lage i wsp., 2006). Potwierdzają to także wyniki badań niewykwalifikowanych młodych siatkarzy (Zetou i wsp., 2007), osób uczących się strzelania z karabinu (Moretto i wsp., 2018), ale także efekty uczenia się takich umiejętności jak skok w dal czy wykonanie rzutu jednorącz zza głowy przez osoby dorosłe (Jimenez-Diaz i wsp., 2018). Wspomniani powyżej autorzy wśród potencjalnych przyczyn odmiennych wyników badań wymieniają takie jak: względnie duża liczba prób i wydłużony czas trwania cyklu treningowego, udział osób młodych niewykwalifikowanych, narzucony czas wykonania każdej próby, uczenie się względnie prostych czynności ruchowych.

Dla wyjaśnienia najczęściej obserwowanych różnic w efekcie uczenia się według programu blokowego i losowego powstało wiele koncepcji. Jedną z takich koncepcji jest tzw. „hipoteza wypracowania” (ang. *elaboration hypothesis*) (Shea i Morgan, 1979; Shea i Zimny, 1983, 1988). Utrzymuje ona, że program losowy wymusza od ucznia bardziej skomplikowanego przetwarzania pojęciowego (tzw. analiz kontrastowych) czynności ruchowych, które należy opanować. W rezultacie wyobrażenie każdej czynności ruchowej po uczeniu się według programu losowego jest lepiej zapamiętywane niż w przypadku uczenia się według programu blokowego.

Inną argumentację zaproponowali Lee i Magill (1983, 1985) oraz Lee i współautorzy (1985). W celu wyjaśnienia różnic między programem blokowym i losowym, opracowali koncepcję określaną terminem „hipoteza rekonstrukcji planu działania” (ang. *the action-plan reconstruction hypothesis*). U podstaw tej koncepcji leży założenie, że uczenie się według programu losowego wymaga bardziej intensywnego przetwarzania informacji podczas każdej próby. Wynika to z faktu, że informacje związane z wcześniejszym planem działania w każdej kolejnej próbie zostają zapomniane w wyniku wykonywania kolejnych odmiennych czynności ruchowych lub wariantów danej czynności ruchowej. Uczący się wykonując kolejną próbę musi zmodyfikować wcześniejszy plan działania i wdrożyć go przed wykonaniem następnej czynności ruchowej. W przypadku uczenia się według

programu blokowego taka konieczność nie zachodzi. Plan działania z poprzedniej próby jest nadal aktywny w pamięci roboczej i nie wymaga dużej modyfikacji, gdyż zadania do wykonania są identyczne. Podsumowując, zwolennicy tej koncepcji twierdzą, że rekonstrukcja planu działania przy każdej kolejnej próbie wykonywanej według programu losowego generuje lepszą zdolność do tworzenia właściwych odpowiedzi przez ucznia.

Z kolei Meeuwsen i Magill (1991) zaproponowali koncepcję „wyjaśnienia retroaktywnego hamowania” (ang. *the retroactive inhibition explanation*). Koncepcja ta koncentruje się na wadach blokowego programu uczenia się czynności ruchowych, a konkretnie głosi, że program blokowy jest niekorzystny ze względu na efekt interferencji retroaktywnej. Autorzy tej koncepcji twierdzą, że im później jest od przeprowadzenia testu trwałości uczenia się, to prawdopodobnie coraz gorsze zostaną odnotowane rezultaty. Tak więc interferencja retroaktywna wydaje się być głównym źródłem gorszego wykonania konkretnego zadania podczas testu trwałości uczenia się w przypadku uczenia się czynności ruchowej według programu blokowego.

Jeszcze inne wyjaśnienie wpływu interferencji kontekstowej zaproponowali Rogers i Monsell (1995). Określili to tzw. „zjawiskiem kosztu przełączenia” (ang. *the switch cost phenomenon*). Zgodnie z tą koncepcją osoby stosujące program losowy uczą się nie tylko wykonywać każdy wariant zadania dokładnie i szybko, ale także nabywają umiejętność elastycznego „przełączania” z jednej uczonej się czynności ruchowej na inne zadanie. Według autorów osoby uczące się według programu losowego potrafią minimalizować „koszty przełączenia” (ang. *switch costs*) z zadania na zadanie lepiej, niż osoby stosujące blokowy program uczenia się czy doskonalenia danej czynności ruchowej.

Oprócz programów blokowego i losowego stosowanych w uczeniu się i doskonaleniu czynności ruchowych badano również efektywność wykorzystania tzw. programu seryjnego. Program seryjny charakteryzuje się umiarkowanym wpływem interferencji kontekstowej. Program taki polega na seryjnym wykonaniu każdej uczonej czynności ruchowej w stałej uporządkowanej kolejności (np. ABC / ABC / ABC...). Goode i Magill (1986) porównali efekt uczenia się serwu w badmintonie według programów: blokowego, losowego i seryjnego przez dorosłe osoby bez doświadczenia zawodniczego. Uzyskane w post-teście wyniki różniły grupy nieistotnie statystycznie. Z kolei wyniki uzyskane w teście trwałości uczenia się i w teście transferu były znacząco różne. Grupa ucząca się krótkiego serwu według programu losowego osiągnęła najwyższy efekt uczenia się. Z kolei Landin i Hebert (1997) wykazali, że seryjny program uczenia się dokładnego rzutu piłką do kosza z różnych miejsc jest efektywniejszy niż blokowy

i losowy u osób średnio zaawansowanych trenujących koszykówkę. Również Keller i współautorzy (2006) porównali efektywność zastosowania blokowego i seryjnego programu uczenia się strzelania z pistoletu w warunkach treningu przez osoby dorosłe nieposiadające takiej umiejętności. Grupa ucząca się według programu blokowego osiągnęła lepsze rezultaty podczas nabywania tej umiejętności. Wyniki w teście trwałości uczenia się były odmienne. Grupa ucząca się według programu seryjnego osiągnęła wyższe wyniki niż grupa ucząca się według programu blokowego. Kalkhoran i Shariati (2012) nauczali osoby dorosłe bez doświadczenia zawodniczego trzech różnych umiejętności w piłce siatkowej (serwu, odbicia i podania piłki). Wyniki grup stosujących program losowy i seryjny różniły się nieistotnie statystycznie. W procesie nabywania umiejętności grupa blokowa osiągnęła najwyższe wyniki, a w teście trwałości uczenia się i w teście transferu najniższe. Dotychczasowe wyniki badań efektywności stosowania programu seryjnego w uczeniu się czynności ruchowych nie są jednoznaczne i wymagają dalszych dociekań naukowych.

Efekt wykorzystania wysokiej interferencji kontekstowej w uczeniu się zależy również od złożoności nauczanej czynności ruchowej. Hebert i współautorzy (1996) podkreślają, że złożoność czynności ruchowej zwiększa trudność zadania, jeżeli stosujemy program z wysoką interferencją kontekstową. Na przykład zadania i ich warianty regulowane przez kilka programów motorycznych są bardziej złożone niż zadania i ich warianty regulowane przez jeden program motoryczny, ale ze zmianami jego parametrów (np. kierunku wykonywanego ruchu). Również Magill i Hall (1990) sugerują, że uczenie się czynności ruchowych kontrolowanych przez różne programy motoryczne, skutkuje wytworzeniem większej interferencji kontekstowej i w konsekwencji bardziej wymagającym przetwarzaniem dla wykonawcy, niż czynności ruchowe angażujące jeden program motoryczny. Postulat ten potwierdzają wyniki badań prowadzonych w warunkach laboratoryjnych (Lee i wsp., 1992; Wulf i Lee, 1993; Hall i Magill, 1995; Goodwin i Meeuwssen, 1996; Giuffrida i wsp., 2002). Z drugiej strony w niektórych badaniach efekt wysokiej interferencji kontekstowej uzyskiwano tylko poprzez zmianę parametrów zadania bez zmiany programu motorycznego (Young i wsp., 1993; Sekiya i wsp., 1996; Sekiya i Magill, 2000). Warto zauważyć, że badania przeprowadzone w warunkach treningu wykazują odwrotną tendencję, a mianowicie wprowadzenie wysokiej interferencji kontekstowej jest efektywne, gdy występują tylko modyfikacje parametrów zadania, np. w strzelaniu z karabinu (Boyce i Del Rey, 1990), wykonaniu serwu w badmintonie (Wrisberg i Liu, 1991), wykonaniu uderzeń piłki w baseballu (Hall i wsp., 1994),

umiejętności skręcania na snowboardzie (Smith, 2002), umiejętności rzucania piłką tenisową i lotką (Vera i Montilla, 2003), dokładnym wykonaniu uderzeń bekhendowych w tenisie stołowym (North i wsp., 2019). Podsumowując wydaje się, że w przypadku uczenia się względnie prostych czynności ruchowych w warunkach laboratoryjnych, zastosowanie wysokiej interferencji kontekstowej może być bardziej efektywne, gdy czynności ruchowe kontrolowane są przez różne programy motoryczne. Natomiast uczenie się złożonych czynności ruchowych angażujących jeden program motoryczny w warunkach treningu już skutkuje wytworzeniem wysokiej interferencji kontekstowej.

Trudność zadania zależy również od wyjściowego poziomu umiejętności uczącego się. Landin i Hebert (1997) zasugerowali, że wyjściowy poziom umiejętności ucznia w konkretnym zadaniu może mieć wpływ na uzyskany efekt, ponieważ uczniowie bardziej doświadczeni mogliby odnieść więcej korzyści z wysokiego wpływu interferencji kontekstowej (np. program losowy), podczas gdy uczniowie początkujący bardziej skorzystaliby z niskiego wpływu (np. program blokowy). Dotychczas większość badań była prowadzona wśród osób nieposiadających dużego doświadczenia sportowego (Barreiros i wsp., 2007; Brady, 2008; Buszard i wsp., 2017). W praktyce trenerzy na ukierunkowanym etapie szkolenia rzadko pracują z zawodnikami, którzy nie mają wcześniejszego doświadczenia w zakresie wykonywanych zadań technicznych. Oznacza to, że nadal brakuje naukowego uzasadnienia zasadności stosowania różnych programów uczenia się i doskonalenia czynności ruchowych przez zawodników średnio i wysoko zaawansowanych (Porter i Saemi, 2010; Broadbent i wsp., 2015). Wiedza taka jest bardzo ważna, gdyż w przypadkach zbyt niskiej interferencji kontekstowej nieadekwatnej do poziomu umiejętności, może nastąpić to, co Magill (2011) określa jako „zależność kontekstowa” (ang. *contextual dependency*). „Zależność kontekstowa” występuje wtedy, gdy uczeń stopniowo uzależnia się od kontekstu, czyli warunków, w których przebiega szkolenie sportowe, co w konsekwencji prowadzi do pogorszenia dokładności podczas wykonywania testu transferu, gdy zmienia się kontekst wykonania zadania (Kimbrough i wsp., 2001). Według Gentile (1972) uczniowie będący we wczesnych stadiach uczenia się czynności ruchowej potrzebują wielu powtórzeń zadania, aby poprawić błędy związane z wykonywaną czynnością ruchową. Z kolei, jeśli wpływ interferencji kontekstowej podczas uczenia się lub doskonalenia czynności ruchowej jest zbyt wysoki to proces uczenia się może być zaburzony, ponieważ uczeń jest przytłoczony ciągle zmieniającym się kontekstem praktyki szkoleniowej, co w efekcie hamuje proces uczenia się motorycznego (Guadagnoli i wsp., 1999). Magill i Hall (1990) twierdzą, że uczniowie

muszą prezentować już pewien poziom uczonej czynności ruchowej zanim możliwe będzie uczenie się i doskonalenie zadania w warunkach wysokiej interferencji kontekstowej, co jest ważne w procesie treningu techniki sportowej osób na etapie szkolenia ukierunkowanego.

Podsumowując dotychczasowy stan wiedzy o efekcie wykorzystania fenomenu interferencji kontekstowej w procesie uczenia się czynności ruchowych należy stwierdzić, że jest on dość dobrze opisanym zjawiskiem. Najmniej wyjaśnionym aspektem wpływu zróżnicowanego nasilenia interferencji kontekstowej na efekt uczenia się motorycznego jest odmienny czas przejawiania kumulatywnych i opóźnionych efektów treningu. Uczenie się w warunkach niskiej interferencji kontekstowej zazwyczaj prowadzi do uzyskania przez ucznia wyższych rezultatów podczas prób wykonywanych bezpośrednio po zakończeniu procesu uczenia się, a trening prowadzony w warunkach wysokiej interferencji kontekstowej daje opóźnione efekty uczenia się i lepsze wyniki w teście transferu. W dotychczasowych badaniach próbujących określić, w jaki sposób interferencja kontekstowa wpływa na uczenie się motoryczne, najczęściej ograniczano się do stałych jej wartości podczas całego procesu nabywania umiejętności w oderwaniu od stanu zaawansowania uczącego się. Stanowi to istotne ograniczenie wspomnianych wcześniej programów uczenia się: blokowego, losowego i seryjnego (Magill i Hall, 1990; Simon i wsp., 2008). W warunkach wykorzystania interferencji kontekstowej w tych programach nie uwzględnia się istotnego uwarunkowania – wyjściowego poziomu umiejętności ucznia, który z kolei wraz z nabytym doświadczeniem zwiększa się. Jak wcześniej wspomniano na potrzebę uwzględniania tego uwarunkowania w procesie uczenia się, aby odpowiednio manipulować interferencją kontekstową zwracało uwagę wielu autorów (Magill i Hall, 1990; Landin i Hebert, 1997; Hodges i wsp., 2014). Ponadto kierując się zasadą indywidualizacji uczenia się i stopniowego zwiększania trudności zadania (Raczek, 1986), organizację procesu szkolenia i interferencję kontekstową należy dostosować do zmiennego poziomu umiejętności uczącego się. Przytoczone ustalenia empiryczne sugerują, aby decyzja o wywołaniu zróżnicowanej interferencji kontekstowej podczas treningu uwzględniała poziom umiejętności osoby uczącej się oraz dynamikę zmian stopnia opanowania danej czynności ruchowej. Ta sama czynność ruchowa może okazać się trudna i złożona w początkowym etapie, ale prosta dla tego samego ucznia już po kilku sesjach treningowych. Wymaga to stopniowej zmiany warunków uczenia się – zwiększania interferencji kontekstowej. Jest to zgodne z zasadą stymulującej trudności ćwiczeń w treningu sportowym, która bazuje na założeniu, że optymalny efekt osiąga się

poprzez stopniowe podwyższanie trudności zadania odpowiadające poziomowi uczącego się (Sadowski, 2015a).

1.2. Znaczenie dokładności uderzeń w tenisie stołowym

Dokładność wykonania czynności ruchowej jest istotnym elementem techniki sportowej w wielu dyscyplinach sportu, a także bardzo ważną umiejętnością niezbędną w licznych profesjach, np. chirurga, stomatologa. Dokładność oznacza stopień zgodności między efektem wykonania ruchu a założonym celem. W sporcie wyczynowym często przesądza ona o zwycięstwie lub porażce w toczącej się rywalizacji. Znaczenie dokładności w sporcie zależy głównie od warunków współzawodnictwa w konkretnej dyscyplinie sportu czy konkurencji. Na przykład w łucznictwie sportowym zawodnik zdobędzie tym więcej punktów, im częściej umieści strzałę w środku celu lub jego najbliższej odległości (Laborde i wsp., 2009). W grach zespołowych dokładność może oznaczać wykonanie podania do zamierzonego współzawodnika, celny strzał czy rzut (Finnoff i wsp., 2002; Katis i wsp., 2013; Van den Tillaar i Ulvik, 2014), lub przejście piłki przez obręcz kosza (Schmidt, 2012; Khelifa i wsp., 2013). Z kolei w grze w golfa kluczowymi wskaźnikami dokładności są linia i odległość od dołka (Hume i wsp., 2005; Sim i Kim, 2010), stąd celem golfisty jest trafienie piłki do dołka przy jak najmniejszej liczbie uderzeń (Neumann i Thomas, 2008). W badmintonie, tenisie czy piłce siatkowej, dokładnie wykonana czynność ruchowa, np. serw, oznacza posłanie piłki nad siatką w zamierzony dla serwującego, ale nieprzewidywalny dla odbierającego sposób, co przyczynia się do zdobycia punktu (Duncan i wsp., 2017). Z kolei dokładne trafienie w belkę podczas odbicia w skoku w dal i trójskoku przy zachowaniu optymalnej, najczęściej bliskiej maksymalnej prędkości biegu, decyduje o długości skoku (Sadowski, 2015b).

Gry z użyciem piłki wymagają od zawodnika zdolności do uzyskania wyjątkowo dokładnego zachowania w czasie, definiowanego przez Belisle (1963) jako zdolność wywołania reakcji motorycznej zbieżnej z przybyciem obiektu w wyznaczonym miejscu i czasie. Dokładność skierowania piłki w określone miejsce w polu gry odgrywa ważną rolę w odniesieniu sukcesu przez zawodnika (Freeston i Rooney, 2014; Duncan i wsp., 2017). W dyscyplinach sportu, w których używa się rakiетки, rzeczywiste wyniki są

związane głównie ze zdolnością sportowców do wykonywania czynności ruchowych ukierunkowanych na cel (Molina i wsp., 2019). Skuteczne wykonanie danej czynności ruchowej zależy od zdobycia i przetworzenia, głównie wizualnej i słuchowej informacji o zbliżającym się obiekcie. Jest bardziej prawdopodobne, że zawodnik, który kieruje wzrok we właściwe miejsce i w odpowiednim czasie, dokładniej antycypuje tor i czas przybycia piłki, a w konsekwencji dokładniej wykona daną czynność ruchową (technikę uderzenia).

Tenis stołowy jest dyscypliną sportu, która z natury wymaga od zawodnika stosowania nawyków otwartych. Nawyki otwarte w sporcie to takie, w których zawodnicy muszą reagować w nieprzewidywalnym zmieniającym się środowisku, zwykle z aktywnym udziałem przeciwnika (Ripoll, 1991; Wang i wsp., 2013). Tenisa stołowy według Starosty (1989) charakteryzuje się przestrzenną dokładnością czynności ruchowych wykonywanych w minimalnych jednostkach czasu i w ciągle zmieniających się warunkach. Zagatto i współautorzy (2008) podkreślają, że rozgrywany na całym świecie tenisa stołowy różni się od innych dyscyplin sportu, w których używa się rakietki, krótkimi okresami aktywności zawodnika z charakterystycznymi szybkimi reakcjami gracza na poruszający się obiekt (piłkę). Dlatego wykonanie dokładnego uderzenia w tenisie stołowym wymaga od zawodnika doskonałego skoordynowania pracy, głównie kończyn górnych i dolnych (Iino i Kojima, 2009, 2011), jak również zdolności różnicowania kinestetycznego, tzw. „czucia piłki” (Bańkosz i Błach, 2007). W dyscyplinach sportu, w których używa się rakietki, dokładność zagrania piłki z nadaniem jej właściwej prędkości jest parametrem technicznym opisującym poprawność uderzenia (Rota i wsp., 2014). To właśnie umiejętność skierowania piłki – najczęściej po jej odbiorze, w wybrane miejsce pola gry przeciwnika w odpowiednim czasie, świadczy o dokładności wykonania czynności ruchowej. Umiejętność ta jest kluczowa w tenisie stołowym, gdyż odległość między przeciwnikami, jak i czas wykonania następujących po sobie uderzeń, są bardzo krótkie (Melero Romero i wsp., 2005). Średnia prędkość piłki podczas gry zawodników wyczynowych wynosi od około 6 do 10 m/s (Durey i Seydel, 1994), a odległość między graczami to około 3 m. Zatem piłka przemieszcza się na drugą stronę stołu w czasie nieprzekraczającym 0.5 sekundy, co zmusza tenisistów stołowych do wyboru techniki uderzenia i podejmowania decyzji taktycznych w bardzo krótkim czasie.

Duża prędkość piłki i dodatkowo mały rozmiar pola gry w tenisie stołowym oznaczają, że wymogi przestrzenno-czasowe nakładane na zawodników są ekstremalne, ponieważ muszą szybko „przełączać się” z jednych umiejętności technicznych na inne, aby

wykonać dokładną, a w konsekwencji skuteczną akcję. W związku z tym aktywność ta wiąże się z dużym zaangażowaniem poznawczym i wysokim poziomem stresu (Baron i wsp., 1992; Raab i wsp., 2005). Umiejętność łączenia różnych kombinacji dokładnych uderzeń jest koniecznym warunkiem do osiągnięcia sukcesu w tenisie stołowym (Toriola i wsp., 2004; Munivrana i wsp., 2015). Nie jest to jednak możliwe bez wysokiego poziomu przygotowania technicznego i bez „automatycznego” wykonywania takich uderzeń jak: półwolej / atak szybki, podcięcie, top-spin, flip, serw, odbiór serwu. Nabycie takich umiejętności technicznych i ich efektywne zastosowanie w grze wymagają wykorzystania w procesie treningu odpowiednich programów uczenia się i doskonalenia. Powinny one pozwalać realizować wyznaczone cele szkoleniowe i uwzględniać aktualne osiągnięcia nauk o sporcie. Tradycyjnie uczenie się i trening uderzeń w tenisie stołowym dość często odbywa się w przewidywalny sposób, czyli według programu blokowego (North i wsp., 2019). Zbyt mało jest badań naukowych ukazujących efektywność innych podejść metodycznych. Wiadomo, że kluczowym celem treningu jest optymalizacja funkcji ustroju i rozwój specyficznej adaptacji wysiłkowej zawodnika, co prowadzi do maksymalizacji wyników oraz skutecznego udziału w walce sportowej. W strukturze rzeczowej treningu tenisisty stołowego ważne miejsce zajmuje przygotowanie techniczne. Bez wysokiego poziomu umiejętności technicznych osiągnięcie sukcesów we współzawodnictwie prowadzonym w różnych kategoriach wiekowych jest niemożliwe (Sozański, 2015). Dlatego trenerzy i naukowcy zajmujący się tenisem stołowym stoją przed wyzwaniem ciągłego doskonalenia metod i środków uczenia czynności ruchowych treningu technicznego, służących poprawie efektów szkolenia sportowego w tej dyscyplinie sportu (Cao i wsp., 2020).

1.3. Uzasadnienie podjętej problematyki badań

Poznanie warunków treningowych, w których osiągnięcie postawionych celów szkoleniowych jest możliwe i efektywne, inspiruje wielu badaczy. W tym nurcie zainteresowań naukowych mieści się problematyka uczenia motorycznego i doskonalenie umiejętności technicznych w tenisie stołowym. Na przykład Ivanek i współautorzy (2016) badali zależność między poziomem zdolności motorycznych a poziomem umiejętności

techniczno-taktycznych u wysoko kwalifikowanych tenisistów stołowych. Michalski i współautorzy (2019) analizowali przeniesienie umiejętności gry w tenisa stołowego nabytych podczas treningu sportowego prowadzonego w warunkach wirtualnych do warunków rzeczywistych. Z kolei Bańkosz i współautorzy (2020) dokonali oceny różnic w wartościach wybranych parametrów kątowych i kinematycznych podczas uderzenia top-spinowego wykonanego techniką bekhendową i forhendową wśród kobiet i mężczyzn uprawiających wyczynowo tenis stołowy.

Lee i Wishart (2005) akcentują potrzebę opracowania takiego programu treningu, który z jednej strony będzie efektywny w szybkim nabywaniu umiejętności (podobnie jak program blokowy), a z drugiej strony pozwoli utrzymać efekt uczenia się w długim okresie czasu (podobnie jak program losowy). Stąd pojawia się pytanie, jak zaplanować trening łączący w sobie efektywność uczenia według programu blokowego i losowego, a jednocześnie dający skumulowany efekt dodatkowy? W literaturze spotykamy wiele propozycji rozwiązań szkoleniowych, które mają zwiększyć efektywność uczenia się i doskonalenia czynności ruchowych, a w konsekwencji treningu technicznego. Na przykład Keetch i Lee (2007) zastosowali program samoregulowanego uczenia się przesuwania kursora zgodnie ze wzorcem, w którym uczniowie autonomicznie decydowali o pewnych aspektach, które wpływają na efektywność uczenia. Również Andrieux i współautorzy (2016) posłużyli się programem samoregulowanego uczenia się przechwycenia trzech celów za pomocą wirtualnej rakietki, ale w programie tym częściowo ograniczono autonomię ucznia. Z kolei Simon i współautorzy (2008) użyli programu uczenia się według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”^{*1} (ang. *win – shift / lose – stay*) w zadaniu naciśnięcia klawisza numerycznej klawiatury komputera. Porter i Magill (2010) zaproponowali stosowanie stopniowego zwiększania interferencji kontekstowej podczas nabywania umiejętności gry w golfa i koszykówkę przez początkujących zawodników. Grupa ze stopniowym zwiększaniem interferencji kontekstowej pierwszą 1/3 część ćwiczeń wykonywała według programu blokowego (niski wpływ kontekstu), drugą część odbywała według programu seryjnego (średni wpływ kontekstu), natomiast trzecią część ćwiczyła według programu losowego (wysoki wpływ kontekstu). Wyniki tego badania wskazują na korzystne oddziaływanie systematycznego zwiększania interferencji kontekstowej na efekt uczenia się i doskonalenia czynności ruchowych w warunkach treningu. Pozytywny wpływ stopniowego zwiększania interferencji kontekstowej zauważono również w uczeniu się

*1 w dowolnym tłumaczeniu autora pracy

trzech różnych podań w koszykówce przez osoby o średnim stopniu zaawansowania (Porter i Saemi, 2010). Podobne wyniki uzyskali Saemi i współautorzy (2012), którzy badali efekt uczenia się dokładnego rzutu piłką tenisową do celu przez uczniów w trakcie lekcji wychowania fizycznego.

Teoretyczną próbą wyjaśnienia powyższych wyników badań może być koncepcja „pożądanych trudności” (ang. *desirable difficulties*) (Bjork, 1994, 1999). „Pożądanymi trudnościami” są takie warunki uczenia się lub treningu, które powodują, że uczeń w pełni angażuje się w wykonywaną czynność ruchową i wkłada w to znaczny wysiłek poznawczy. Istnieje przekonanie, że takie zwiększone zaangażowanie poznawcze sprzyja trwałości uczenia się i umiejętności przenoszenia nabytej umiejętności na inną lub wykonywaną w odmiennych warunkach. Manipulowanie interferencją kontekstową może być skutecznym sposobem wywoływania „pożądanych trudności”, a przez to zwiększania efektywności zastosowanego programu uczenia się czy treningu (Porter i Magill, 2010). Swoistym rozszerzeniem koncepcji „pożądanych trudności” jest koncepcja określana terminem „hipotezy wyznaczonego celu” (ang. *challenge point hypothesis*)*² (Guadagnoli i Lee, 2004), która zakłada, że trudność przyswajanego zadania zależy od nominalnej i funkcjonalnej trudności zadania. Nominalna trudność zadania odnosi się do stałego poziomu trudności danego zadania niezależnie od poziomu umiejętności wykonawcy, np. wykonanie przez zawodnika tenisa stołowego dokładnego top-spinowego uderzenia piłki forhendem we wskazane miejsce na stole za siatką. Dla porównania, funkcjonalna trudność zadania odnosi się do poziomu trudności danego zadania w stosunku do poziomu opanowania tego zadania przez wykonawcę lub w stosunku do warunków, w których odbywa się nabywanie umiejętności. Jest mało prawdopodobne, aby funkcjonalna trudność zadania przytoczonego powyżej przykładu uderzenia piłki w tenisie stołowym była taka sama zarówno dla zaawansowanego zawodnika, jak i dla osoby nieposiadającej doświadczenia. Ponadto zakładając, że uderzenie takie zostałyby wykonane w sytuacji zawodów sportowych z udziałem kibiców, dodatkowo funkcjonalna trudność zadania ze względu na warunki zewnętrzne, byłaby większa dla początkującego tenisisty stołowego. Kiedy uczący się popełnia mniej błędów w wykonaniu zadania to trudność funkcjonalna zadania zmniejsza się (Guadagnoli i Lee, 2004). W celu dalszego doskonalenia wykonania zadania (umiejętności) w miarę postępów ucznia, trudność nominalna musi wzrosnąć, aby zrekompensować spadek trudności zadania funkcjonalnego. Musi być wyznaczony nowy trudniejszy do osiągnięcia cel uczenia (ang. *challenge point*), aby w pełni angażować

*² w dowolnym tłumaczeniu autora pracy

ucznia w proces uczenia się. Zgodnie z koncepcją „hipotezy wyznaczonego celu” proces uczenia się może być bardziej efektywny poprzez dostosowanie trudności zadania do indywidualnych umiejętności danej osoby oraz jej tempa uczenia się, utrzymując wysokie zaangażowanie uczącego się w procesie nabywania nowej umiejętności.

Inną dotychczas rzadko weryfikowaną w badaniach naukowych strategią uczenia się motorycznego zbliżoną koncepcyjnie do „hipotezy wyznaczonego celu” i strategii „pożądanych trudności” jest program polegający na przechodzeniu do kolejnych kroków w procesie uczenia się po skutecznym wykonaniu zadania poprzedzającego. Wspomniana już wcześniej strategia opracowana została przez Simona i współautorów (2002) i jest określana nazwą „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” (ang. *win – shift / lose – stay*). Jak sugeruje nazwa, po udanej próbie wykonanej zgodnie z celem, uczący się przechodzi do wykonania kolejnego zadania. Z kolei po nieudanej próbie powtarza to samo zadanie do momentu skutecznego wykonania. W związku z tym stosując program według wspomnianej strategii, osoba ucząca się będzie często „przełączała się” między zadaniami, przechodząc do coraz trudniejszych zadań i doświadczając wysokiego poziomu interferencji kontekstowej. Natomiast wykonawca, który będzie często powtarzał to samo zadanie, rzadziej „przełączać się” będzie między zadaniami, doświadczając niskiego poziomu interferencji kontekstowej. Program ten pozwoliłby na powtarzające się próby (program blokowy) do momentu osiągnięcia przez ucznia określonego poziomu opanowania zadania, a następnie osoba ucząca się mogłaby rozpocząć wykonywanie kolejnego trudniejszego zadania. W przeciwieństwie do programów uczenia się: blokowego, losowego i seryjnego, strategia „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” niejako zarządza wielkością interferencji kontekstowej w ścisłym powiązaniu ze wskaźnikiem osiągniętego sukcesu przez każdą osobę, a tym samym może zwiększać motywację do uczenia się. Korzyści z zastosowania powyższego programu wynikają z faktu, że „przełączanie się” między zadaniami staje się trudniejsze, ale bardziej dostosowane do zmieniających się indywidualnych możliwości uczącego się. Jest to zgodne z założeniem koncepcji „hipotezy wyznaczonego celu”. Program według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” w przeciwieństwie do tradycyjnego nauczania może przyczynić się do zwiększenia również trwałości uczenia się, gdyż twórcy tej strategii twierdzą, że powtarzające się wykonywanie tego samego zadania, gdy uczeń już je opanował – jak to ma miejsce w programie blokowym, jest marnowaniem czasu. Z kolei odejście od jednego zadania,

gdy nie zostało ono jeszcze dostatecznie opanowane niekorzystnie wpływa na motywację i efekt uczenia się. Wyzwaniem w zastosowaniu powyższego programu według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” jest określenie odpowiedniego kryterium „przełączania”, tzn. przechodzenia do wykonania kolejnego trudniejszego zadania, np. po 1, 2, 3 udanych powtórzeniach do tego samego celu. Zbyt łagodne kryterium może przekształcić proces uczenia się w program losowy, a zbyt rygorystyczne w program blokowy. Do dzisiaj niewielu badaczy próbowało określić efektywność zastosowania programu według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” uwzględniającego indywidualne postępy ucznia w uczeniu się motorycznym (Simon i wsp., 2002; Choi i wsp., 2008; Simon i wsp., 2008; Porter i wsp., 2020) oraz sprawdzaniem koncepcji „hipotezy wyznaczonego celu” (Bootsma i wsp., 2018; Balali i wsp., 2019; Wadden i wsp., 2019).

Dotychczasowe nieliczne próby oceniające efektywność strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” w uczeniu motorycznym, ograniczone były do uczenia się prostych czynności ruchowych, takich jak naciśnięcie klawisza numerycznej klawiatury komputera (Simon i wsp., 2008) oraz transformacje wzrokowo-ruchowe (Choi i wsp., 2008). Brady (2008) w swoim przeglądzie badań wyraźnie wskazuje na ograniczone możliwości wykorzystania wpływu interferencji kontekstowej przez praktyków, ze względu, że większość badań obejmowała mało skomplikowane czynności ruchowe. Specyfiką konkretnych dyscyplin sportu jest przewaga złożonych czynności ruchowych. Stąd generalizacja wyników uzyskanych w badaniach przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych do warunków realnego szkolenia sportowego jest niemożliwa. Wiadomo, że ogólne zasady uczenia się prostych czynności ruchowych nie są efektywne w uczeniu złożonych czynności ruchowych (Hoffman, 1990; Wulf i Shea, 2002). W związku z tym skutkuje to ograniczoną przydatnością wyników takich badań na potrzeby szkolenia sportowego, wskazując jednocześnie na kierunki dalszych dociekań naukowych.

Jak już wcześniej wspomniano, czynnikiem, który wpływa na efektywność procesu uczenia się motorycznego jest również danie uczącemu się możliwości podejmowania autonomicznych decyzji dotyczących regulowania tego procesu, tzw. samoregulowane uczenie się. Analizując literaturę z tego zakresu można stwierdzić, że zapewnienie uczącemu się autonomicznej kontroli nad warunkami ćwiczeń podczas treningu przyczynia się do zwiększenia efektu uczenia się czynności ruchowych (Wulf, 2007; Sanli i wsp., 2013; Wulf i Lewthwaite, 2016). W zakresie samoregulowanego uczenia się określano

wpływ autonomicznych decyzji odnośnie różnych zmiennych, między innymi: korzystania z informacji zwrotnych czy rozszerzonych informacji o zadaniach (Chiviacowsky i wsp., 2008; Patterson i Lee, 2010), korzystania z urządzeń pomocniczych (Chiviacowsky i wsp., 2012), stosowania demonstracji czynności ruchowych (Wulf i wsp., 2005), manipulacji liczbą wykonywanych prób zadań (Post i wsp., 2011), wyboru kolejności wykonywania zadań (Keetch i Lee, 2007), czy poziomu ich trudności (Andrieux i wsp., 2012). Stwierdzono, że zezwalanie uczącemu się na indywidualne regulowanie warunków podczas wykonywania ćwiczeń prowadzi do lepszego efektu uczenia się, niż w warunkach kontroli sterowanej zewnętrznie (Post i wsp., 2014). Na przykład Wulf i Adams (2014) dowiedli, że uczestnicy badań, którzy autonomicznie wybrali kolejność w jakiej chcieli wykonywać ćwiczenia równowagi, osiągnęli lepszy efekt uczenia się niż uczestnicy, którym nie dano możliwości wyboru. Zasadniczo zakłada się, że korzyści te leżą u podstaw zaspokojenia potrzeb psychologicznych osoby uczącej się – zwiększają motywację oraz pewność swoich działań. Bardziej aktywne zaangażowanie ucznia w proces uczenia się sprzyja głębszemu przetwarzaniu istotnych informacji (McCombs, 1989), zachęca do analizy błędów (Chiviacowsky i Wulf, 2005), popiera stosowanie strategii samoregulacji (Kirschenbaum, 1984), jest bardziej motywujące do dalszego działania (Bandura, 1993), zwiększa zainteresowanie zadaniami (Lewthwaite i wsp., 2015). Wulf i Lewthwaite (2016) twierdzą, że niezależnie od tego, jaki czynnik daje się uczniowi do indywidualnej kontroli to korzyści z samoregulowanego uczenia się nie zależą od zadania, warunków uczenia się, grupy wiekowej itp.

Czabański (2000) twierdzi, że należy rozwijać świadomość ucznia i wykorzystywać wiedzę uczącego się w procesie nabywania umiejętności ruchowych, ponieważ prowadzi to do zwiększenia efektywności uczenia się. Wyniki badań eksperymentalnych, które prezentują korzyści ze stosowania programu indywidualnie wybieranego przez ucznia, sugerują, że uczący się byłby najbardziej biegły w określaniu pożądanego celu (Keetch i Lee, 2007; Andrieux i wsp., 2012; Andrieux i wsp., 2016). Andrieux i współautorzy (2012) twierdzą, że uczący się w każdej próbie może określić taki poziom trudności zadania, który uważa za odpowiedni do jego umiejętności. Uczestnicy takich badań wykazali tendencję do samodzielnego „przełączania się” między różnymi czynnościami ruchowymi, gdy wykonanie bieżącego zadania osiągnęło zadowalający poziom, o czym świadczyły odnotowane stosunkowo niższe wartości błędów w próbach poprzedzających zmianę (Keetch i Lee, 2007). W ten sposób uczący się może autonomicznie dostosować optymalny dla siebie poziom zadania, który odpowiada jego aktualnym możliwościom, co

jest zgodne z koncepcją „hipotezy wyznaczonego celu”, gdyż nominalny poziom zadania jest zgodny z poziomem funkcjonalnym, który pozostaje stały podczas ćwiczeń. Z tego względu warto sprawdzić, czy warunki uczenia się, w których osoba średnio zaawansowana sportowo może samoregulować poziom i trudność wykonywania złożonej czynności ruchowej, będą efektywniejsze w uczeniu się, niż warunki, w których parametry te są zewnętrznie narzucane przez eksperymentatora czy trenera. Określenie efektywności takiego programu uczenia się jest istotne dla zawodników o różnym poziomie zaawansowania. Ponadto może być to pomocne w określeniu skali autonomii uczącego się w kontroli określonego aspektu uczenia się czynności ruchowych, czy doskonalenia umiejętności technicznych. Wiedza taka jest kluczowa dla trenerów kierujących wieloletnim procesem szkolenia sportowego.

Dotychczas badaniem efektywności różnych programów uczenia się i doskonalenia dokładności uderzeń w tenisie stołowym zajmowało się niewielu badaczy. Akradi i współautorzy (2011) przeprowadzili badania z udziałem niewykwalifikowanych osób w tenisie stołowym, dowodząc przewagę programu o charakterze mieszanym: blokowo-losowym nad programem blokowym i losowym, przyjmując za kryterium trwałość uczenia się. Z kolei Correa i współautorzy (2013) twierdzą, że program blokowy jest bardziej efektywny od programu losowego u dzieci, które nie posiadają doświadczenia zawodniczego w tenisie stołowym. Również Feghhia i współautorzy (2015) twierdzą, że program blokowy u niewykwalifikowanych osób w tenisie stołowym jest efektywniejszy od programu losowego zarówno podczas nabywania umiejętności ruchowych, jak i podczas wykonywania testu trwałości uczenia się. North i współautorzy (2019) przeprowadzili badania z udziałem osób o niskim poziomie sportowym. Zadaniem uczestników było uczenie się dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym w wyznaczone strefy punktowe na stole. Porównano efekt uczenia się według programu blokowego i losowego. Chociaż w badaniach brały udział osoby nieposiadające żadnego doświadczenia zawodniczego to grupa ćwicząca według programu losowego znacząco poprawiła swój wynik w post-teście i teście trwałości uczenia się. Grupa ta również przewyższyła wyniki osiągnięte przez grupę uczącą się według programu blokowego.

Niestety nadal brakuje popartej wynikami badań eksperymentalnych wiedzy na temat efektywnych programów uczenia się i treningu dokładności uderzeń w tenisie stołowym w grupie zawodników średnio zaawansowanych uczestniczących w procesie wieloletniego szkolenia sportowego.

Potrzebne są między innymi badania koncentrujące się na projektowaniu efektywnych zróżnicowanych programów uczenia się i treningu dokładności stosowania wybranych technik uderzeń w tenisie stołowym dla zawodników na różnych etapach szkolenia sportowego (North i wsp., 2019; Cao i wsp., 2020). Jednym z istotnych wyzwań, przed którym stoją zawodnicy tenisa stołowego jest opanowanie techniki uderzenia bekhendem. Technika ta jest podstawową umiejętnością i warunkiem skutecznego udziału w walce sportowej (Flores i wsp., 2010; Wang i wsp., 2018). Jak stwierdzają Huang i współautorzy (2013) większość dotychczasowych badań w tenisie stołowym dotyczyło analizowania techniki uderzeń forhendem (Caliari, 2008; Iino i Kojima, 2011; Sekiya i Tanaka, 2019). Wiedza o efektywnych programach uczenia się i treningu dokładności uderzeń techniką bekhendową w tenisie stołowym jest niepełna. Wielu autorów jest zgodnych, że potrzebne są badania oceniające efektywność uczenia się motorycznego według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” (Kearney, 2017; Porter, 2017; Farrow i Buszard, 2017). Dotychczas nie badano efektywności uczenia się dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym za pomocą właśnie tej strategii. Jak podkreślają Porter i współautorzy (2020) potrzebne są badania, które porównają efektywność programów uczenia się dostosowanych do zachodzących w procesie uczenia postępów zawodnika.

Strategia „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” jest swoistą odmianą koncepcji „pożądanych trudności” i koncepcji „hipotezy wyznaczonego celu”. Program uczenia się czynności ruchowych, czy doskonalenia umiejętności, oparty o tę strategię, nie tylko narzuca określoną trudność zadania, ale również uwzględnia indywidualny poziom umiejętności uczącego się i jego zmiany w trakcie uczenia i treningu. Dlatego podjęto próbę wyjaśnienia, czy zastosowanie takiego programu w uczeniu się i doskonaleniu dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym będzie bardziej efektywne, niż uczenie oparte o programy: blokowy, losowy czy samoregulowany.

2. Metodologia badań własnych

2.1. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze

Cel pracy

Celem badań była ocena efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym przy zastosowaniu różnych programów treningu u zawodników na etapie szkolenia ukierunkowanego.

Pytania badawcze

1. Czy efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym różni się w zależności od zastosowanego programu treningu?
2. Jaki program treningu dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym jest najbardziej efektywny uwzględniając bezpośredni i opóźniony efekt uczenia, a także zdolność przenoszenia efektu uczenia na zadania, które treningowi nie podlegały?
3. Czy zwiększenie autonomii badanego w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym poprzez zastosowanie programu samoregulowanego uczenia się jest bardziej efektywne od programów z narzuconym schematem ćwiczeń?

Hipotezy badawcze

1. Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego u tenisistów stołowych na etapie szkolenia ukierunkowanego zależy od zastosowanego programu i jest tym wyższy, im wyższa interferencja kontekstowa występuje podczas treningu.
2. Zwiększenie autonomii badanego w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym jest bardziej efektywne od programów z narzuconym schematem ćwiczeń (programu blokowego, losowego i według programu „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”).

2.2. Materiał badań

W badaniach uczestniczyły sześćdziesiąt cztery osoby (n=36 dziewcząt; n=28 chłopców), wybrane losowo spośród zawodniczek i zawodników trenujących tenis stołowy na etapie szkolenia ukierunkowanego (wiek: 14.6 ± 2.2 lat, masa ciała: 53.4 ± 12 kg, wysokość ciała: 166 ± 11.1 cm, staż treningowy: 6 ± 1.7 lat).

Badani zostali losowo przydzieleni do jednej z 4 grup eksperymentalnych: grupy realizującej program blokowy [(GB) n=16; wiek: 14.7 ± 2.2 lat; masa ciała: 55.3 ± 12.9 kg; wysokość ciała: 164.4 ± 12.7 cm; staż treningowy: 6 ± 1.9 lat)], grupy ćwiczącej według programu losowego [(GL) n=16; wiek: 14.6 ± 2.1 lat; masa ciała: 54.1 ± 10.6 kg; wysokość ciała: 168.8 ± 8.7 cm; staż treningowy: 6 ± 1.7 lat)], grupy samoregulowanego uczenia się [(GSR) n=16; wiek: 14.8 ± 2.3 lat; masa ciała: 55.6 ± 10.9 kg; wysokość ciała: 167.8 ± 8.6 cm; staż treningowy: 5.9 ± 1.6 lat)], grupy realizującej program „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” [(GWSLS) n=16; wiek: 14.4 ± 2.3 lat; masa ciała: 53.1 ± 12.5 kg; wysokość ciała: 163.1 ± 13.5 cm; staż treningowy: 6.1 ± 1.5 lat)]. W grupie badanych było 60 osób praworęcznych oraz 4 osoby leworęczne. Badani leworęczni zostali losowo równomiernie przyporządkowani po 1 osobie do każdej z grup. Utworzone grupy były równoliczne pod względem płci oraz prawo i leworęczności badanych.

Wielkość próby ustalono na podstawie liczebności próby w podobnych badaniach [Simon i wsp., 2008 (n=12); Andrieux i wsp., 2016 (n=12); North i wsp., 2019 (n=10)]. Przeprowadzona przy użyciu G*Power Version 3.1.9.4 (Faul i wsp., 2007) analiza wykazała, że przy szacowanej umiarkowanej wielkości efektu standardowego (wielkość efektu=0.60, moc=0.80, p=0.05) każda grupa powinna liczyć co najmniej 12 badanych. W związku z tym próba po 16 uczestników w każdej grupie badanych uznana została za wystarczającą.

Warunkiem włączenia zawodników do badań było:

- wyrażenie pisemnej zgody na udział w badaniach przez prawnego opiekuna badanego,
- wiek kalendarzowy 12-18 lat,
- minimum czteroletni staż treningowy, ale nie wyższy niż 8 lat (ukierunkowany etap szkolenia),
- udział w Mistrzostwach Polski w tenisie stołowym w sezonie 2018/2019 w kategorii wiekowej: młodzik, kadet lub junior,

- brak kontuzji w obrębie układu ruchu, która uniemożliwiłaby aktywność fizyczną dłużej niż tydzień w ciągu ostatnich 3 miesięcy,
- brak przeciwwskazań zdrowotnych do uczestnictwa w badaniach,
- uzyskanie nie mniej niż 50% punktów możliwych do zdobycia w teście oceniającym poziom wyjściowy dokładności uderzenia bekhendowego,
- ukończenie pełnego cyklu uczenia się i doskonalenia umiejętności przewidzianego w badaniach.

Badania przeprowadzono zgodnie z zasadami Deklaracji Helsińskiej. Projekt badań otrzymał pozytywną opinię Senackiej Komisji Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie o zgodności projektu badania naukowego z zasadami etycznymi (SKE 01-22/2019 z dnia 31.07.2019 r.).

2.3. Metody badań

Badania zostały przeprowadzone dwuetapowo: obejmowały badania pilotażowe (czerwiec 2019 r.) i właściwy eksperyment (sierpień, wrzesień 2019 r.). Badania pilotażowe służyły do weryfikacji zaplanowanych warunków eksperymentalnych: parametrów technicznych wyrzutu piłki przez automat [robot został odpowiednio zaprogramowany: szybkość wyrzutu piłki ustawiona była na poziomie 13; czas oczekiwania między wyrzutem kolejnych piłek to 1.5 s, a więc częstość wyrzutu wyniosła 40 piłek/min; miejsce wyrzutu piłki na stole – lewa i prawa pozycja ustawiona na poziomie 3; trajektoria lotu piłki na poziomie 6 (ustawienie główki robota na wprost); rotacja piłki (ustawienie główki robota na pozycji top-spin); liczba wyrzuconych piłek to 90 (podczas testów) lub 45 (podczas procesu uczenia się i doskonalenia zadania) dla jednego badanego; łączny czas wyrzutu 90 piłek to 2 min 15 s, a 45 piłek – 1 min 7.5 s (w serii: 30 piłek – 45 s; 15 piłek – 22.5 s); dla osób leworęcznych ustalono miejsce wyrzutu piłki do prawego narożnika stołu – lewa i prawa pozycja robota ustawiona była na poziomie 17], poziomu trudności zadań [określono poziom trudności osiągnięcia wyznaczonych celów za 3 punkty: cel nr 3 (najłatwiejszy), cel nr 2, cel nr 1 (najtrudniejszy) (średni procent punktów zdobytych w serii w badaniach pilotażowych: cel nr 3 – 68%, cel nr 2 – 64%, cel

nr 1 – 61%); w przypadku osób leworęcznych kolejność celów była odwrotna, tj. cel nr 3 (najtrudniejszy), cel nr 2, cel nr 1 (najłatwiejszy)], ustaleniu wartości granicznej puli punktów, która świadczyła o poziome umiejętności dokładnego wykonania uderzenia bekhendowego u badanych i stanowiła kryterium włączenia do badań (min. 50%) oraz sprawdzeniu rzetelności testu służącego do oceny dokładności uderzeń opracowanego przez Pooltona i współautorów (2006) za pomocą współczynnika korelacji wewnątrzklasowej ICC (=0.92) (Han, 2020).

Zadanie badanych polegało na uczeniu się i doskonaleniu dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym z wykorzystaniem techniki gry, tzw. półwolejem (Kulczycki, 2002) lub atakiem szybkim blisko stołu (Grycan, 2007): badany ustawiony blisko i równoległe do stołu (w I strefie gry), tułów pochylony nad stołem, wykonanie zamachu kończyną górną trzymającą raketkę w kierunku klatki piersiowej, uderzenie piłki następuje przed tułowiem badanego poprzez wykonanie szybkiego ruchu raketką w przód i nieco w górę (w kierunku siatki); piłka zostaje uderzona w fazie wznoszącej swojego toru lotu. Każdy z badanych korzystał z własnej profesjonalnej raketki z okładzinami przeznaczonymi do gry stylem ofensywnym. Wszyscy badani stosowali jednakowy chwyt raketki – europejski, tzw. dłoniowy (ang. *shake-hands grip*) (Sneyd, 1994).

Przed rozpoczęciem procesu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego przeprowadzono badania początkowe (pre-test). Każdy z badanych wykonał indywidualnie 90 uderzeń bekhendowych (w 3 seriach po 30 powtórzeń po kolei w każdy zaznaczony trzypunktowy cel na stole). Na tej podstawie ustalono wyjściowy poziom umiejętności uderzenia bekhendowego badanych. Każdy badany mógł w nim maksymalnie zdobyć 270 punktów. Przed każdym testem i zajęciami treningowymi badani wykonali 15-minutową rozgrzewkę ogólną (ćwiczenia ogólnorozwojowe w biegu i w miejscu) i 20-minutową rozgrzewkę specjalistyczną na stole (innym niż ten przeznaczony do przeprowadzenia badań) z partnerem (uderzenie forhend – forhend po przekątnej / 10 minut i uderzenie bekhend – bekhend po przekątnej / 10 minut). Zajęcia eksperymentalne odbywały się w kolejnych dniach. W trakcie jednych zajęć, po wcześniejszej rozgrzewce, każdy z uczestników eksperymentu wykonał indywidualnie 3 serie po 15 powtórzeń uderzenia bekhendowego. Pomiędzy kolejnymi seriami była 1-minutowa przerwa. Łącznie badani odbyli 14 sesji szkoleniowych i wykonali 630 powtórzeń uderzenia bekhendowego. Badani mieli za zadanie trafiać jak najdokładniej w wyznaczone cele na stole.

Każda z grup eksperymentalnych różniła się programem treningu: badani z GB wykonywali po 15 uderzeń w każdy z 3 celów (za 3 punkty) po kolei, zaczynając od najłatwiejszego (tj. 3, 2, 1); uczestnicy z GL wykonywali swoje próby w 3 seriach po 15 uderzeń w sposób losowy [tj. według sekwencji 3-2-1; 2-1-3; 1-3-2; 3-1-2; 1-2-3; 2-3-1 (Sampford, 1957)]. Badani z GSR sami decydowali w jakiej kolejności i do których celów kierować będą poszczególne uderzenia podczas jednej sesji treningowej, a uczestnicy z GWSLS mieli za zadanie trafić w 3 seriach po 15 powtórzeń w najłatwiejszy cel do czasu aż osiągną swój indywidualny wynik wyższy o min. 10% (Neumann i Hohnke, 2018), niż miało to miejsce w poprzedzającej sesji treningowej (w przypadku 1 zajęć eksperymentalnych brany pod uwagę był wynik uzyskany w pre-teście). Po uzyskaniu odpowiedniej liczby punktów poszczególni uczestnicy z GWSLS w kolejnej sesji treningowej wykonywali uderzenia w cel nr 2, analogicznie przechodząc do celu nr 1 – najtrudniejszego.

Aby uniknąć potencjalny wpływ zjawiska „przeuczenia” (ang. *overlearning*), które może przyczynić się do zwiększenia wyników opóźnionego testu trwałości uczenia się (Hall, 1989; Driskell i wsp., 1992), poprzez ciągłe wykonywanie ćwiczeń w tych samych warunkach, niezależnie od tego, jak dobrze zostały one opanowane – uczestnikom z GB i GL, którzy indywidualnie w kolejnych sesjach treningowych osiągnęli wynik wyższy o min. 10% od zanotowanego w pre-teście, zmienione zostały parametry wyrzutu piłki, tj. szybkości (poziom 14) i częstości (czas oczekiwania między wyrzutem kolejnych piłek – 1.45 s / 1.40 s). U badanych w GB, GL i GWSLS przed „przełączeniem” na inny cel lub zmianą parametrów wyrzutu piłki, początkowym wskaźnikiem była ich indywidualna suma punktów uzyskana w pre-teście, natomiast w kolejnych sesjach treningowych brana pod uwagę była suma punktów, która jako ostatnia pozwoliła na wprowadzenie pożądaných modyfikacji. Z kolei uczestnicy z GSR mogli dobrowolnie zmieniać parametry techniczne wyrzutu piłki przez robota w każdym dowolnym momencie 14 sesji treningowych.

Za główne kryteria oceny efektu uczenia się przyjęto wynik dokładności uderzenia bekhendowego zbadanego bezpośrednio po eksperymencie, po 3 godzinach i 24 godzinach od jego zakończenia oraz na podstawie wyniku testu transferu przeprowadzonego 24 godziny od zakończenia zajęć eksperymentalnych. Ponadto analizowano dynamikę uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w kolejnych sesjach treningowych porównując uzyskaną dokładność uderzeń do dokładności zarejestrowanej na poprzednich zajęciach. Test transferu polegał na wykonaniu testu dokładności

wykonując uderzenia forhendem, tzw. półwolejem (Kulczycki, 2002) lub atakiem szybkim blisko stołu (Grycan, 2007) (u osób praworęcznych – z prawej strony / u osób leworęcznych – z lewej strony): badany ustawiony blisko i skośnie do linii końcowej stołu (w I strefie gry), tułów pochylony nad stołem, wykonanie zamachu do tyłu i w bok kończyną górną trzymającą raketkę, uderzenie piłki następuje obok ciała badanego poprzez wykonanie szybkiego ruchu raketką w przód (w kierunku siatki); piłka zostaje uderzona w fazie wznoszącej swojego toru lotu. Uderzenia forhendowe praworęczny badany wykonywał z prawego narożnika stołu, a miejsce wyrzutu piłki – lewa i prawa pozycja robota ustawiona była na poziomie 17; leworęczny badany wykonywał uderzenia forhendowe z lewego narożnika stołu, a miejsce wyrzutu piłki – lewa i prawa pozycja robota ustawiona była na poziomie 3. Uczestnicy badań podczas wszystkich 4 testów określających efekty uczenia się i doskonalenia zadania wykonywali po 90 uderzeń.

Schemat badań eksperymentalnych i oś czasu dla czterech grup (GB, GL, GSR, GWSLS) przedstawiony został na rycinie 1.

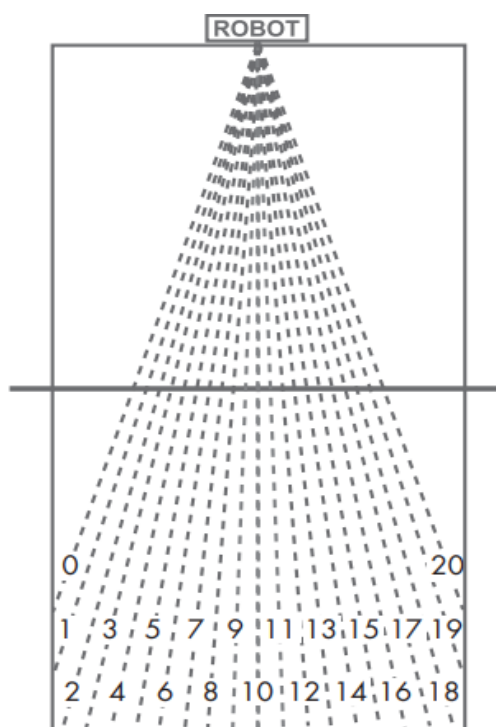
Na żadnym z etapów badań w trakcie uczenia się i doskonalenia zadania nie były udzielane informacje zwrotne o popełnianych błędach, badani posiadali jedynie wiedzę o wyniku wykonania zadania dokładności uderzeń na podstawie obserwacji własnej. Informacja o wyniku badanych z GWSLS polegała na przekazywaniu informacji, czy wykonują zadanie do wcześniejszego celu czy przechodzą do następnego zadania, natomiast uczestnikom z GL przekazywana była kolejność w jakiej mają trafić do poszczególnych celów.

Wszyscy badani w trakcie eksperymentu realizowali roczny program szkolenia. W momencie eksperymentu byli w I okresie przygotowawczym do sezonu 2019/2020. Specyfikę jednostki treningowej przedstawia Tabela 1.

Tabela 1. Specyfika jednostki treningowej w tenisie stołowym, w której brali udział uczestnicy badań [opracowanie własne]

Część jednostki treningowej	Czas trwania	Charakterystyka
Część wstępna	35 min	- ćwiczenia ogólnorozwojowe rozgrzewkowe: w biegu, w miejscu - ćwiczenia specjalistyczne rozgrzewkowe z partnerem: uderzenie forhend – forhend i uderzenie bekhend – bekhend po przekątnych
Część główna	70 min	- gra poszczególnych elementów doskonalących poruszanie się przy stole - gra poszczególnych elementów z piłki ciężkiej doskonalących technikę gry, np. uderzenie top-spinowe z forhendu i bekhendu - gra z trenerem na piłki - gra na punkty
Część końcowa	15 min	- stretching

Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone w sali sportowej na zatwierdzonym przez Międzynarodową Federację Tenisa Stołowego stole marki ANDRO Magnum SC do gry w tenisa stołowego (wymiary 2.74×1.52 m) z kompletnym osprzętem. Do badań użyte zostały piłki plastikowe 40 mm+ (ANDRO POLY S* 40+). W celu ujednolicenia warunków badania użyty został odpowiednio zaprogramowany specjalistyczny robot wyrzucający piłki NEWGY Robo Pong 1050 (DONIC, Niemcy). Automat był ustawiony po przeciwnej stronie stołu w centralnej części za blatem i wyrzucał zawodnikowi piłkę w lewy narożnik stołu (strona bekhendowa) (ryc. 2). Uwzględniono sześć funkcji ustawień robota: szybkość wyrzuconej piłki (skala 0-30), czas przerwy pomiędzy wyrzutem kolejnych piłek (skala 00.35-50.00 s), miejsce wyrzutu piłki na stole (skala 0-20) (ryc. 2), ustawienie trajektorii lotu piłki (skala 1-13) (ryc. 3), rotacja piłki (ryc. 4), liczba wyrzuconych piłek i łączny czas wyrzutu wszystkich piłek przez automat.



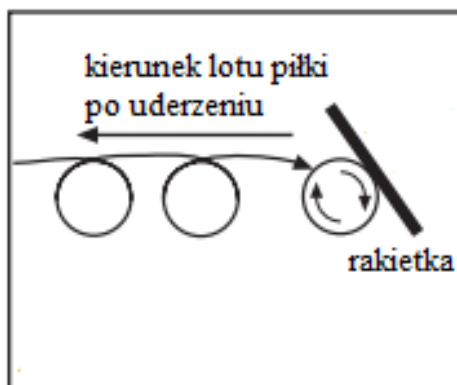
Rycina 2. Ustawienie robota i miejsce wyrzutu piłki na stole: dla osób praworęcznych – poziom 3 (dla uderzeń bekhendem), poziom 17 (dla uderzeń forhendem) / dla osób leworęcznych – poziom 17 (dla uderzeń bekhendem), poziom 3 (dla uderzeń forhendem)

Źródło: Newgy Table Tennis Robot Owner's manual For Models 2050 & 1050



Rycina 3. Trajektoria lotu piłki wyrzuconej przez robota: poziom 6

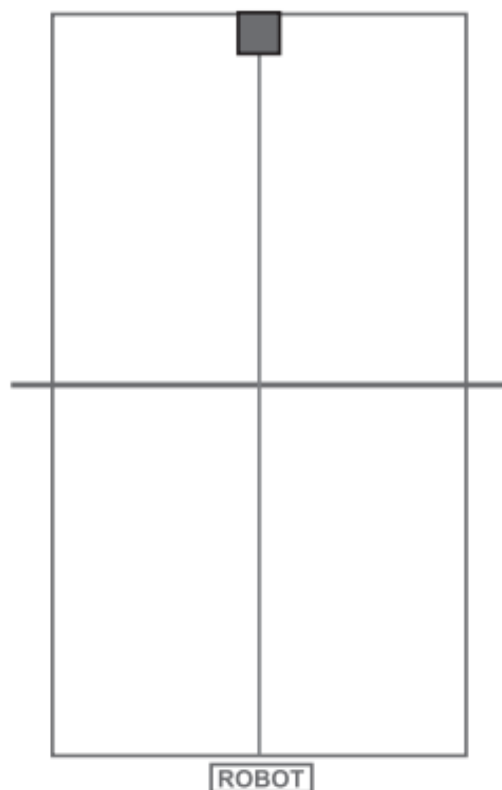
Źródło: Newgy Table Tennis Robot Owner's manual For Models 2050 & 1050



Rycina 4. Tor poruszania się piłki po wyrzucie przez robota z pozycji top-spin – widok z boku

Źródło: Newgy Table Tennis Robot Owner's manual For Models 2050 & 1050

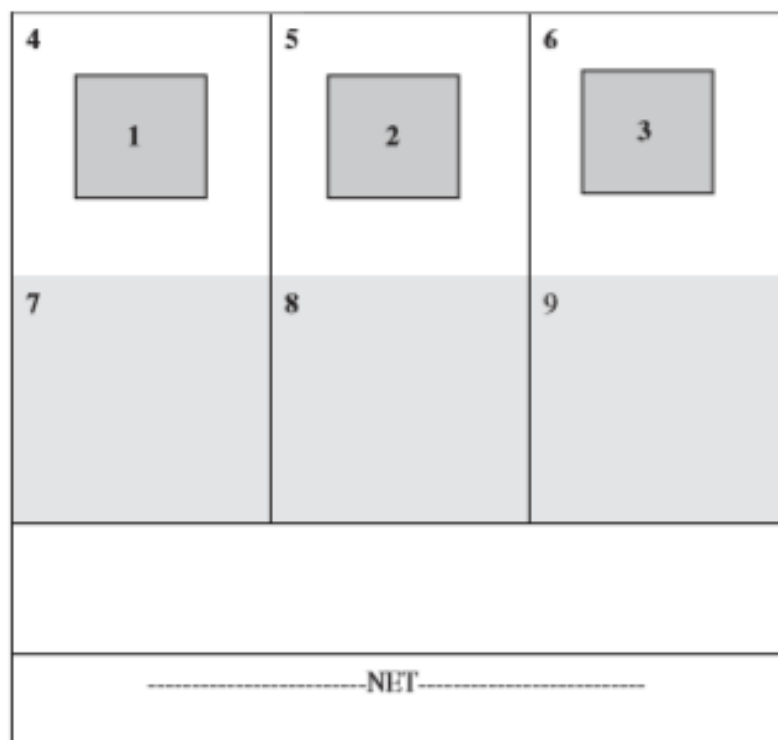
Przed każdym testem i sesjami treningowymi dokonano kalibracji parametrów wyrzutu piłki przez robota, zgodnie z wytycznymi producenta (ryc. 5).



Rycina 5. Sposób kalibracji miejsca wyrzutu piłki przez robota (wyrzut 5 piłek w środkowy cel)

Źródło: Newgy Table Tennis Robot Owner's manual For Models 2050 & 1050

Do oceny dokładności uderzeń wykorzystany został test opracowany przez Pooltona i współautorów (2006). Na końcu stołu naprzeciwko uczestnika zaznaczono sześć kwadratów (o boku 50 cm). Każdy z trzech kwadratów najbardziej oddalonych od uczestnika, mieścił cel (centralny kwadrat o boku 25 cm) (ryc. 6). Podczas wszystkich testów i sesji treningowych zadanie polegało na trafianiu w kwadrat o numerze 1, 2 i 3. Trzy punkty zostały przyznane za uderzenie piłki w ten obszar. Uderzając piłkę w kwadrat, na którym znajdował się cel numer 4, 5 i 6 uczestnik uzyskał wynik dwóch punktów. Jeden punkt został przyznany za każdą piłkę, która wylądowała w innej części zaznaczonego obszaru, tj. numer 7, 8 i 9. Za piłki, które nie trafiły w zaznaczony obszar bądź trafiły w siatkę lub poza stół, nie przyznawano punktów. Jeśli piłka trafiła w linię graniczną zaznaczonych obszarów – naliczony został wyższy punkt.



Rycina 6. Zaznaczone obszary punktowe po przeciwnej stronie stołu: 1,2,3 – 3 pkt; 4,5,6 – 2 pkt; 7,8,9 – 1 pkt

Źródło: Poolton i współautorzy (2006)

Wszystkie próby uczestników badań rejestrowane były za pomocą kamery wideo Sony Handycam DCR-SR75E (Japonia) (częstotliwość filmowania – 50 Hz). Na każdym zajęciach bezpośrednio podczas prób wykonywanych przez badanych monitorowano i zapisywano wyniki, a następnie weryfikowano z zapisem wideo, dzięki czemu możliwe było dokładne określenie trafienia piłki w dane miejsce. Odpowiedzialna za te czynności była osoba z uprawnieniami trenera II klasy tenisa stołowego i 15-letnim doświadczeniem zawodniczym.

2.4. Metody statystycznej analizy wyników badań

Normalność rozkładu i jednorodność wariancji badano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Istotność statystyczną oceniano za pomocą analizy wariancji ANOVA dla układów z powtarzanymi pomiarami podczas testów (Grupa x Test) i sesji treningowych (Grupa x Trening). Do wszystkich wielokrotnych porównań zastosowano analizy posthoc Fishera, dotyczące znaczących efektów i wartości. Warunkiem koniecznym poprawności użycia testu F w ANOVA dla układów z powtarzanymi pomiarami jest spełnienie założenia o sferyczności wariancji, czyli równości wariancji różnic pomiędzy wszystkimi parami pomiarów eksperymentalnych. W tym celu zastosowano test W Mauchley'a. W przypadkach, dla których nie zostało spełnione założenie o sferyczności (prawdopodobieństwo testowe $p < 0.01$), dostosowano liczbę stopni swobody poprzez wprowadzenie poprawki ϵ według Huynha-Feldta (Stanisz, 2007). Obliczono wielkości efektu cząstkowego (η_p^2) dla wielu porównań (0.01 – mały; 0.06 – umiarkowany; 0.14 – duży) i wielkości efektu standardowego (d) Cohena (ang. *Cohen's d effect size*) na podstawie zbiorczego oszacowania odchylenia standardowego (ang. *pooled estimate of standard deviation*) dla porównań parami (0.2 – mały; 0.5 – umiarkowany; 0.8 – duży) (Cohen, 1992). Wyniki badań grup eksperymentalnych normowano na średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe grupy GB.

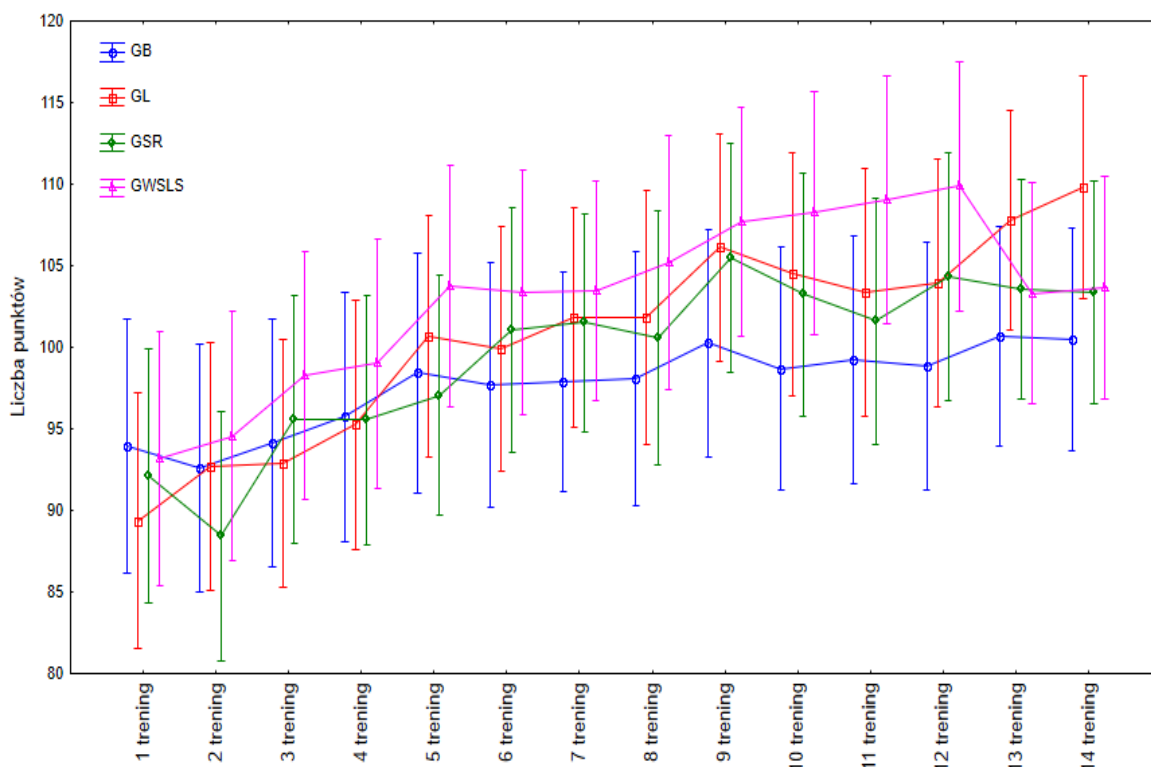
Podczas przeprowadzania analiz statystycznych, jako istotne przyjęto poziom $p < 0.05$. Korzystano z programu STATISTICA 12 (StatSoft, Inc. 1984-2014, USA).

3. Wyniki badań

3.1. Przebieg krzywej tempa uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego

W pierwszej kolejności sprawdzono normalność rozkładu zmiennych na podstawie sumy punktów zdobytych przez badanych podczas pre-testu. Wynik uzyskany w pre-teście przyjęto jako wyjściowy poziom dokładności uderzenia bekhendowego. Ustalono, że rozkład analizowanych zmiennych jest zgodny z rozkładem normalnym ($p > 0.05$). Analiza wariancji ANOVA wyników uzyskanych w teście oceniającym poziom wyjściowy wykazała, że między czterema badanymi grupami nie było różnic istotnych statystycznie ($F_{3,60} = 0.104$; $p = 0.957$; $\eta_p^2 = 0.005$).

Przebieg krzywej tempa uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w badanych grupach przedstawiono na rycinie 7.

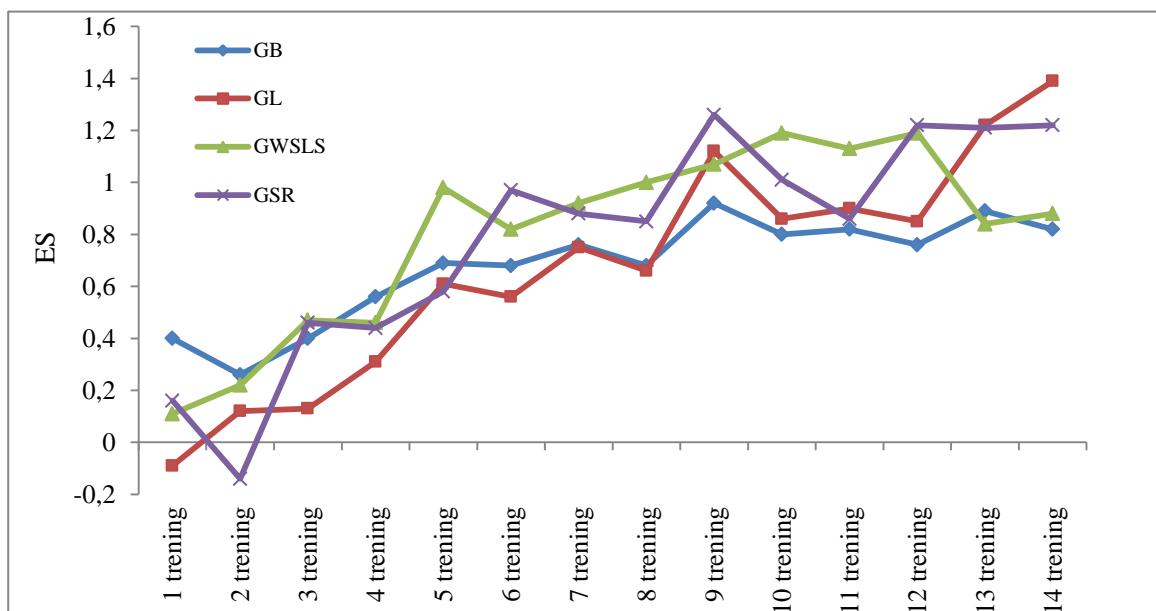


Rycina 7. Krzywa tempa uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w GB, GL, GSR i GWSLS w trakcie eksperymentu (14 sesji treningowych)

Na podstawie analizy wariancji ANOVA z powtarzanymi pomiarami w każdej z grup ujawniono znaczący efekt Treningu ($F_{13,780}=25.190$; $p<0.0001$; $\eta_p^2=0.296$), ale nie stwierdzono efektu Grupy ($F_{3,60}=0.482$; $p=0.696$; $\eta_p^2=0.024$). Ze względu na niespełnienie założenia o sferyczności wariancji w przypadku efektu Treningu, dostosowano liczbę stopni swobody poprzez wprowadzenie poprawki korygującej ϵ według Huynha-Feldta. Zastosowanie tej poprawki nie wpłynęło na wartości testu F ($F_{13,780}=25.190$; $p<0.0001$; $\epsilon=0.814$; $df_1=10.576$; $df_2=634.538$; $p<0.0001$). Ze względu na to, że wartości poprawki korygującej ϵ są bliskie jedności i nie zmieniają w sposób zasadniczy dotychczasowych wyników możliwe było prowadzenie dalszej analizy statystycznej. Ujawniono istotną interakcję Grupa x Trening ($F_{39,780}=1.517$; $p=0.024$; $\eta_p^2=0.071$). Analiza post hoc potwierdziła znaczący efekt Treningu począwszy od 3 sesji treningowej do zakończenia eksperymentu ($p<0.001$). Jednocześnie wykazano, że GWSLS (średnia arytmetyczna /M/ =109.88; odchylenie standardowe /SD/ =17.82) miała istotnie statystycznie wyższy wynik niż GB (M=98.88; SD=14.33) na 12 sesji treningowej ($p=0.038$).

Na podstawie analizy post hoc odnotowano kiedy nastąpiła znacząca poprawa wyników w obrębie Grupy w trakcie 14 sesji treningowych. GB znacząco poprawiła swój wynik już na 1 treningu (5.78%; $p=0.045$) i na każdym kolejnym aż do ukończenia 14 sesji (13.16%; $p<0.001$). Wyjątkiem była 2 sesja (4.30%; $p=0.136$), w której nie odnotowano istotnej poprawy. W GL znaczący progres nastąpił począwszy od 5 treningu (10.92%; $p<0.001$) i utrzymywał się do ukończenia 14 treningu (20.96%; $p<0.001$). Z kolei grupy: GSR i GWSLS swoje wyniki znacząco poprawiły już od 3 sesji [GSR – 6.18%; $p=0.030$; GWSLS – 7.55%; $p=0.007$] i poprawa trwała do końca eksperymentalnych zajęć (14 sesja: GSR – 14.79%; $p<0.001$; GWSLS – 13.43%; $p<0.001$).

Dalszą analizę efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego przeprowadzono na podstawie wielkości efektu standardowego /ES/. Wielkości efektu uzyskane przez badane grupy podczas kolejnych sesji eksperymentalnych w porównaniu do wyniku z pre-testu przedstawiono na rycinie 8.

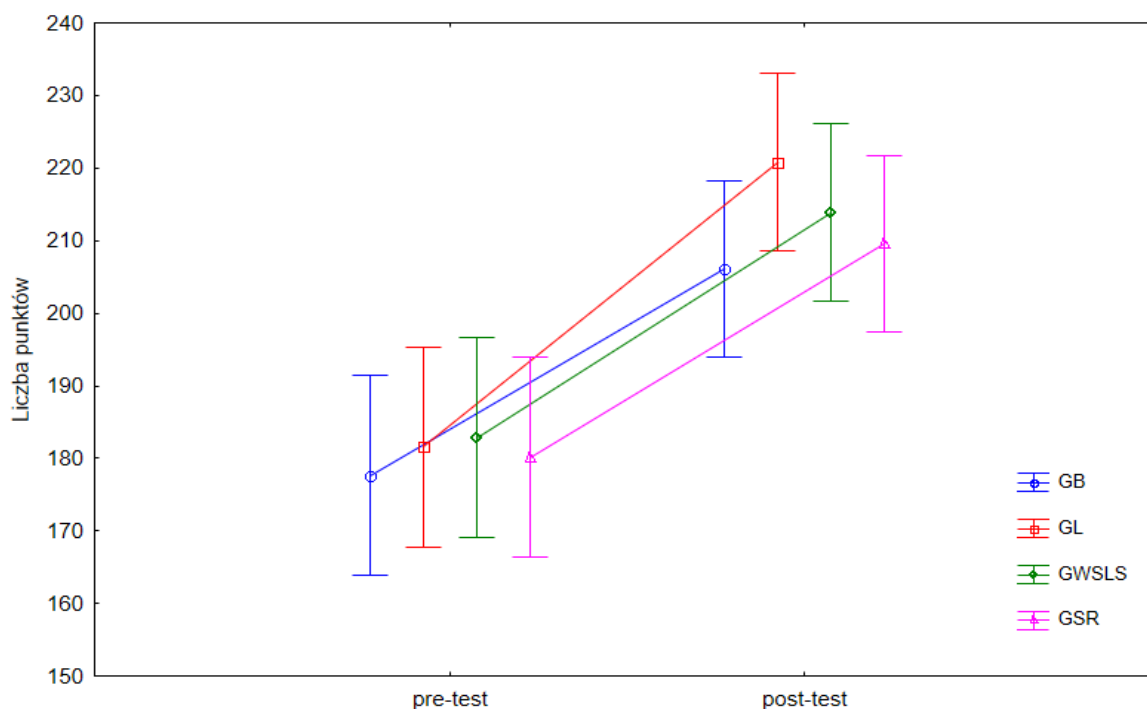


Rycina 8. Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w grupach: GB, GL, GSR i GWSLS na podstawie ES

W przypadku GB osiągnięty efekt uczenia się i doskonalenia od pre-testu do ukończenia 3 treningu był mały ($d < 0.5$), natomiast na 4 treningu umiarkowany – taki utrzymywał się do zakończenia 8 treningu i był podobny na 12 treningu ($0.5 < d < 0.8$). W sesjach: 9, 10, 11, 13 i 14 GB osiągnęła duży efekt ($d \geq 0.8$). Efekt uczenia się i doskonalenia w GL był mały od pre-testu do ukończenia 4 treningu ($d < 0.5$). Dopiero na 5 treningu efekt ten był umiarkowany i taki utrzymywał się do ukończenia 8 treningu ($0.5 < d < 0.8$). Od 9 treningu do ukończenia 14 sesji szkoleniowej GL osiągnęła duży efekt ($d > 0.8$). Z kolei GWSLS od pre-testu do ukończenia 4 treningu miała mały efekt uczenia się i doskonalenia ($d < 0.5$), na 5 treningu uzyskała duży efekt ($d > 0.8$), który utrzymywał się aż do ukończenia ostatniej 14 sesji szkoleniowej ($d > 0.8$). GSR od pre-testu do ukończenia 4 treningu osiągnęła mały efekt uczenia się i doskonalenia ($d < 0.5$), na 5 treningu efekt ten był umiarkowany ($0.5 < d < 0.8$). Od 6 treningu aż do ukończenia ostatniej 14 sesji szkoleniowej GSR miała duży efekt ($d > 0.8$).

3.2. Ocena efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego

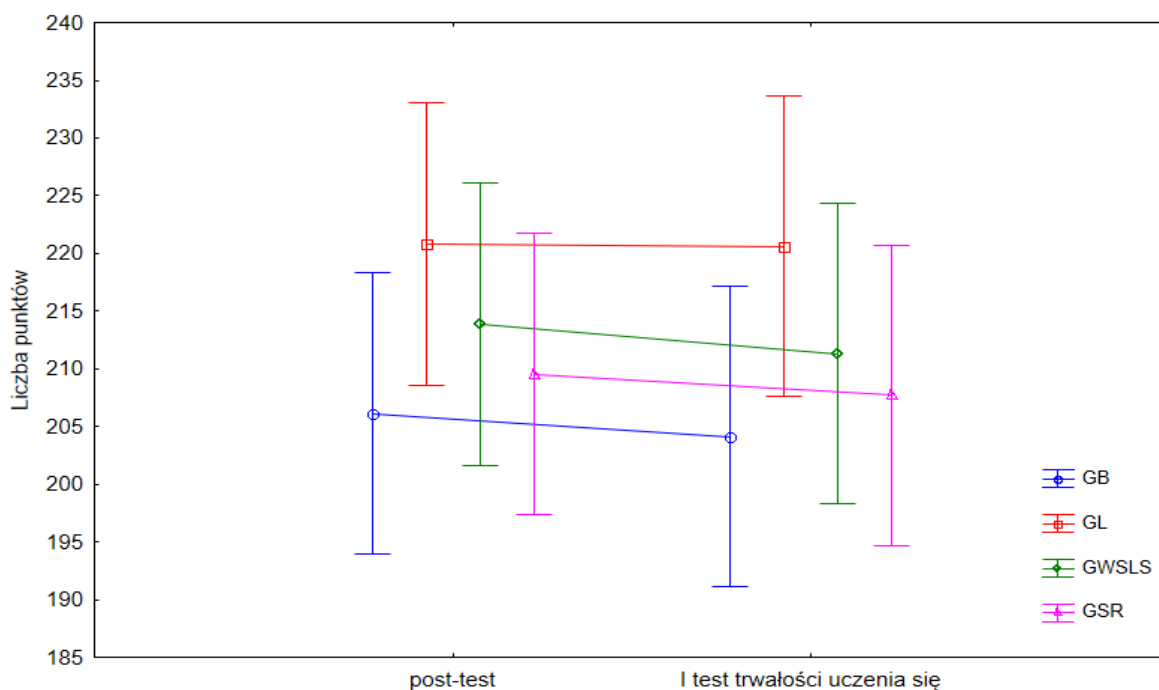
Na rycinie 9 przedstawiono zmiany średniej liczby punktów uzyskanych przez uczestników z grup: GB, GL, GWSLS, GSR w okresie eksperymentalnym.



Rycina 9. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR przed eksperymentem i bezpośrednio po jego zakończeniu

Na podstawie analizy wariancji ANOVA z powtarzonymi pomiarami dla średniej liczby punktów nie stwierdzono głównego efektu Grupy ($F_{3,60}=0.447$; $p=0.721$; $\eta_p^2=0.022$), ale wykazano istotność głównego efektu Testu ($F_{1,60}=188.860$; $p<0.0001$; $\eta_p^2=0.759$). Nie stwierdzono istotnej interakcji Grupa x Test ($F_{3,60}=1.106$; $p=0.354$; $\eta_p^2=0.052$). Wyniki analizy post hoc potwierdziły znaczącą poprawę wyników w postępie w porównaniu do pre-testu ($p<0.0001$) dla wszystkich grup (GB – 16.04%; GL – 21.62%; GWSLS – 17.00%; GSR – 16.34%).

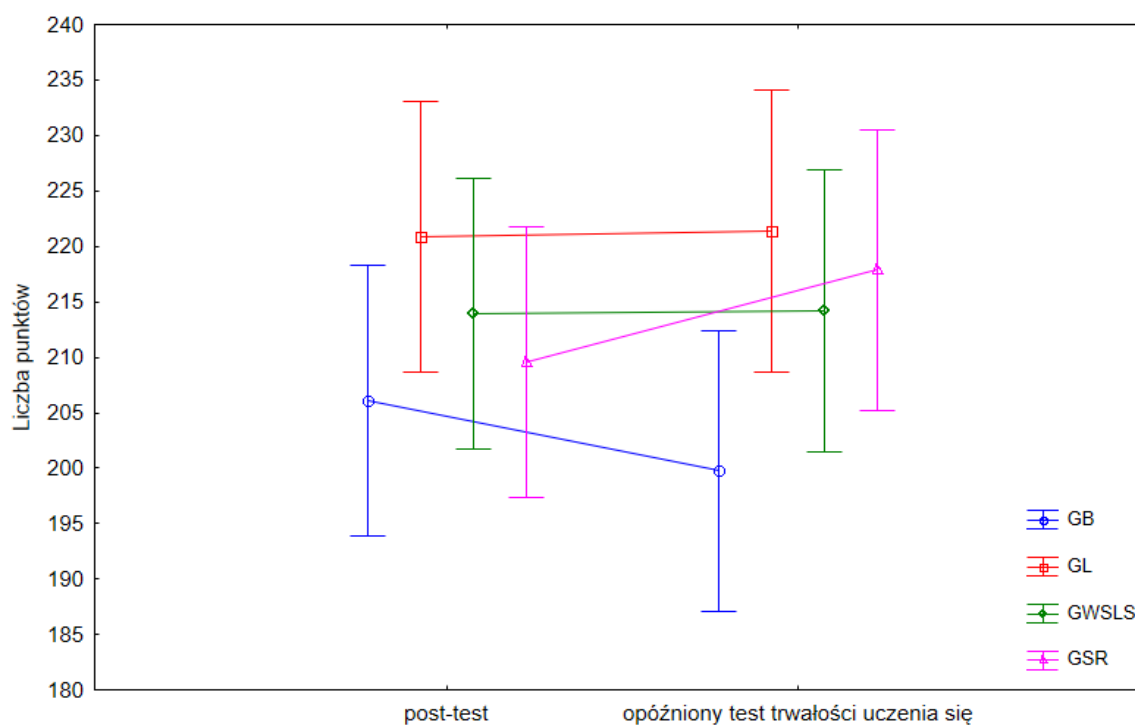
Na rycinie 10 przedstawiono zmiany średniej liczby punktów uzyskanych przez uczestników z grup: GB, GL, GWSLS, GSR w okresie od post-testu do I testu trwałości uczenia się.



Rycina 10. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu i 3 godziny później

Na podstawie analizy wariancji ANOVA z powtarzаныmi pomiarami dla średniej liczby punktów nie stwierdzono głównego efektu Grupy ($F_{3,60}=1.182$; $p=0.324$; $\eta_p^2=0.056$) i nie wykazano istotności głównego efektu Testu ($F_{1,60}=1.671$; $p=0.201$; $\eta_p^2=0.027$). Nie stwierdzono istotnej interakcji Grupa x Test ($F_{3,60}=0.160$; $p=0.923$; $\eta_p^2=0.008$). Wyniki analizy post hoc potwierdziły utrzymanie przez wszystkie grupy wysokich wyników w I teście trwałości uczenia się w porównaniu do post-testu ($p>0.05$; GB – -0.97%; GL – -0.08%; GWSLS – -1.20%; GSR – -0.89%).

Na rycinie 11 przedstawiono zmiany średniej liczby punktów uzyskanych przez uczestników z grup: GB, GL, GWSLS, GSR od post-testu do opóźnionego testu trwałości uczenia się.

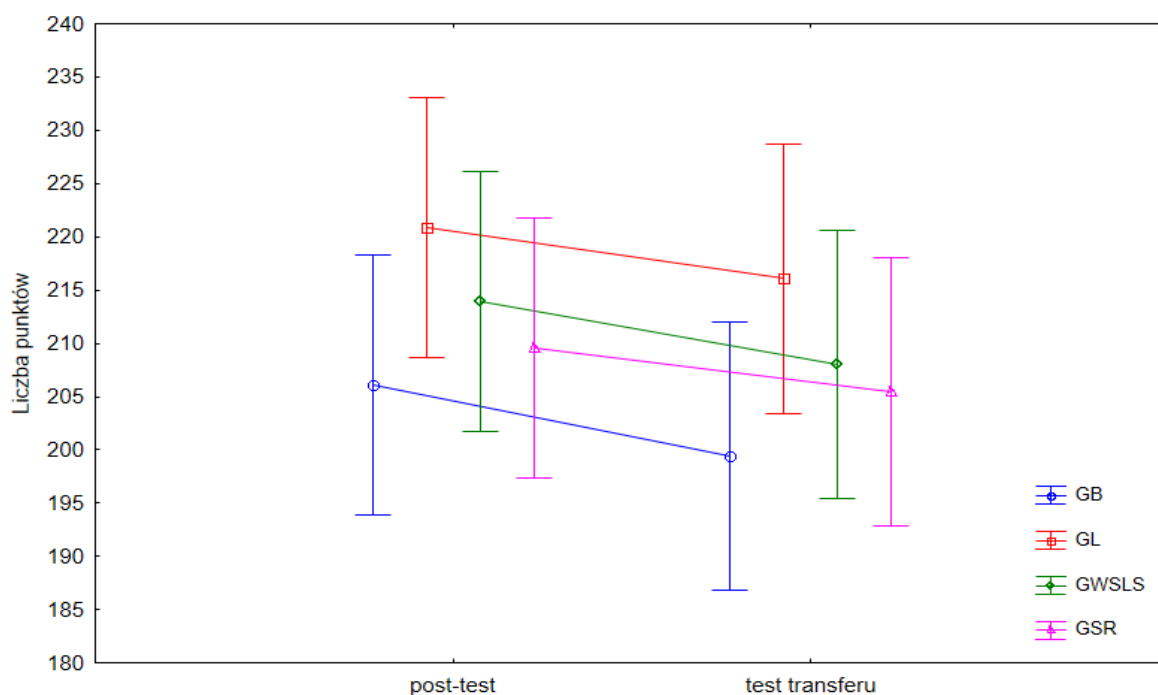


Rycina 11. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu i 24 godziny później

Na podstawie analizy wariancji ANOVA z powtarzanymi pomiarami dla średniej liczby punktów nie stwierdzono głównego efektu Grupy ($F_{3,60}=1.507$; $p=0.222$; $\eta_p^2=0.070$) i nie wykazano istotności głównego efektu Testu ($F_{1,60}=0.332$; $p=0.567$; $\eta_p^2=0.005$). Stwierdzono istotną interakcję Grupa x Test ($F_{3,60}=6.049$; $p=0.001$; $\eta_p^2=0.232$). Wyniki analizy post hoc wykazały, że GB w opóźnionym teście trwałości uczenia się ($M=199.75$; $SD=25.60$) miała istotnie statystycznie niższe wyniki (-3.10%; $p=0.011$) niż w post-teście ($M=206.13$; $SD=24.96$). Z kolei GSR w opóźnionym teście trwałości uczenia się ($M=217.88$; $SD=19.45$) miała istotnie statystycznie wyższe wyniki (3.97%; $p=0.001$) niż w post-teście ($M=209.56$; $SD=19.34$). W grupach: GL (0.26%) i GWSLS (0.14%) nie odnotowano znaczących różnic w wynikach uzyskanych od post-testu do opóźnionego testu trwałości uczenia się. Ponadto za pomocą wyników analizy post hoc wykazano, że GL ($M=221.38$; $SD=26.48$) odnotowała istotnie statystycznie wyższe wyniki niż GB

w opóźnionym teście trwałości uczenia się ($p=0.017$) i GSR również miała istotnie statystycznie wyższe wyniki niż GB w opóźnionym teście trwałości uczenia się ($p=0.043$).

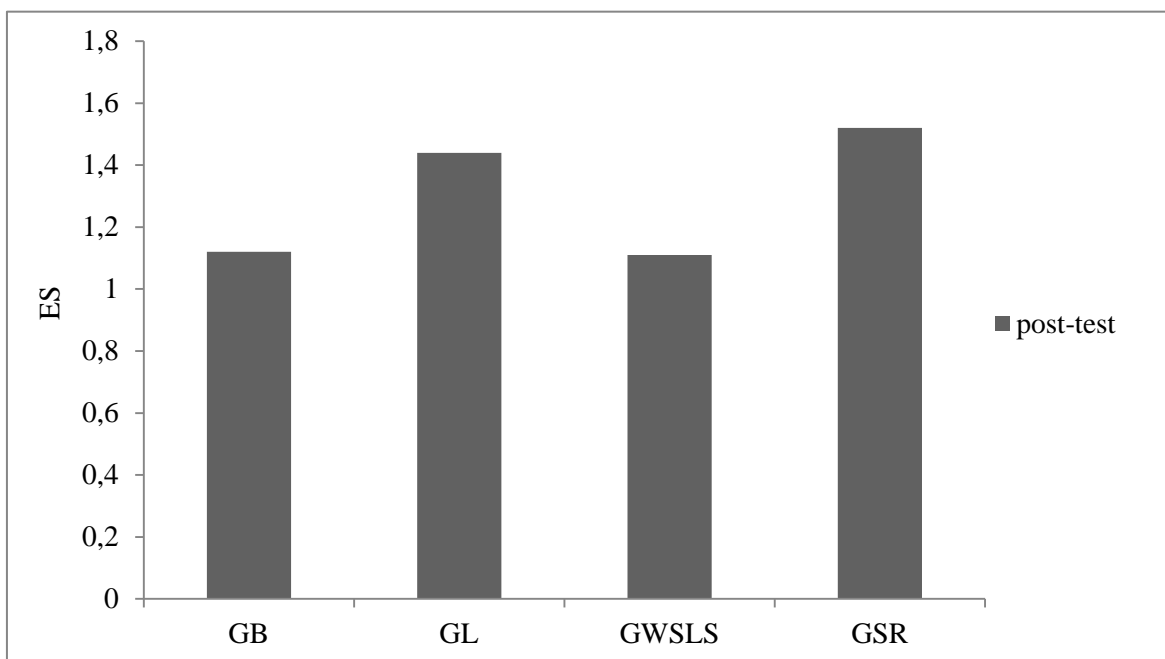
Na rycinie 12 przedstawiono zmiany średniej liczby punktów uzyskanych przez uczestników z grup: GB, GL, GWSLS, GSR od post-testu do testu transferu.



Rycina 12. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu i w teście transferu

Na podstawie analizy wariancji ANOVA z powtarzonymi pomiarami dla średniej liczby punktów nie stwierdzono głównego efektu Grupy ($F_{3,60}=1.290$; $p=0.286$; $\eta_p^2=0.061$), ale wykazano istotność głównego efektu Testu ($F_{1,60}=6.176$; $p=0.016$; $\eta_p^2=0.093$). Nie stwierdzono istotnej interakcji Grupa x Test ($F_{3,60}=0.072$; $p=0.975$; $\eta_p^2=0.004$). Wyniki analizy post hoc potwierdziły, że żadna z grup nie odnotowała znacząco wyższych wyników w teście transferu ($p>0.05$; GB – -3.27%; GL – -2.15%; GWSLS – -2.72%; GSR – -1.97%).

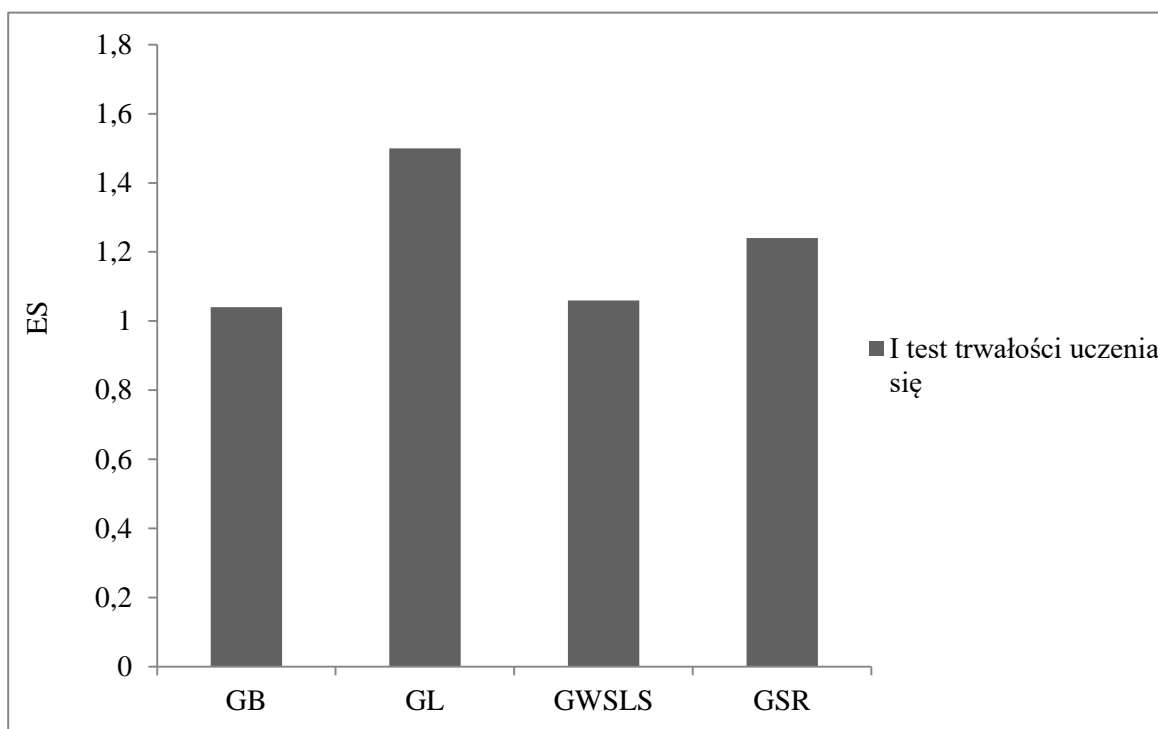
Dalszą ocenę efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego przeprowadzono na podstawie wielkości ES. Na rycinie 13 przedstawiono wielkość efektu w GB, GL, GWSLS i GSR uzyskany w post-teście w stosunku do pre-testu.



Rycina 13. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w post-teście w stosunku do pre-testu

W każdej z grup zaobserwowano znaczną poprawę wyników podczas post-testu w porównaniu do testu oceniającego poziom wyjściowy badanych ($d > 0.8$).

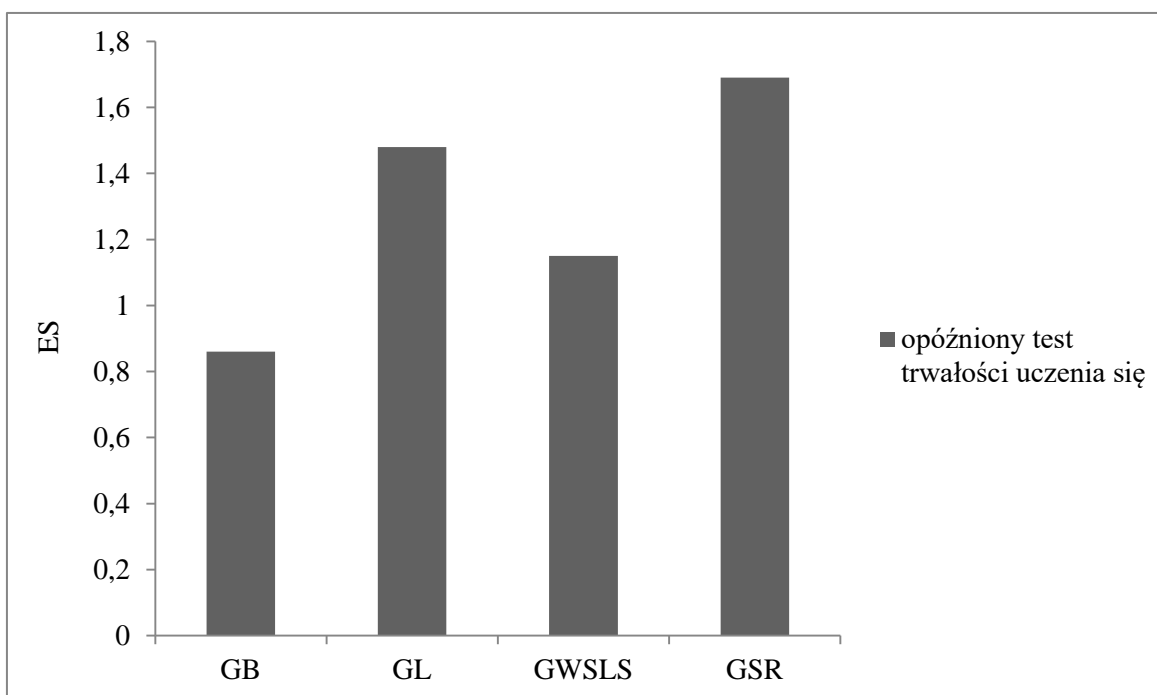
Na rycinie 14 przedstawiono wielkość efektu w GB, GL, GWSLS i GSR uzyskany w I teście trwałości uczenia się w stosunku do pre-testu.



Rycina 14. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w I teście trwałości uczenia się w stosunku do pre-testu

Każda grupa osiągnęła znaczną poprawę wyników podczas I testu trwałości uczenia się w porównaniu do pre-testu ($d > 0.8$).

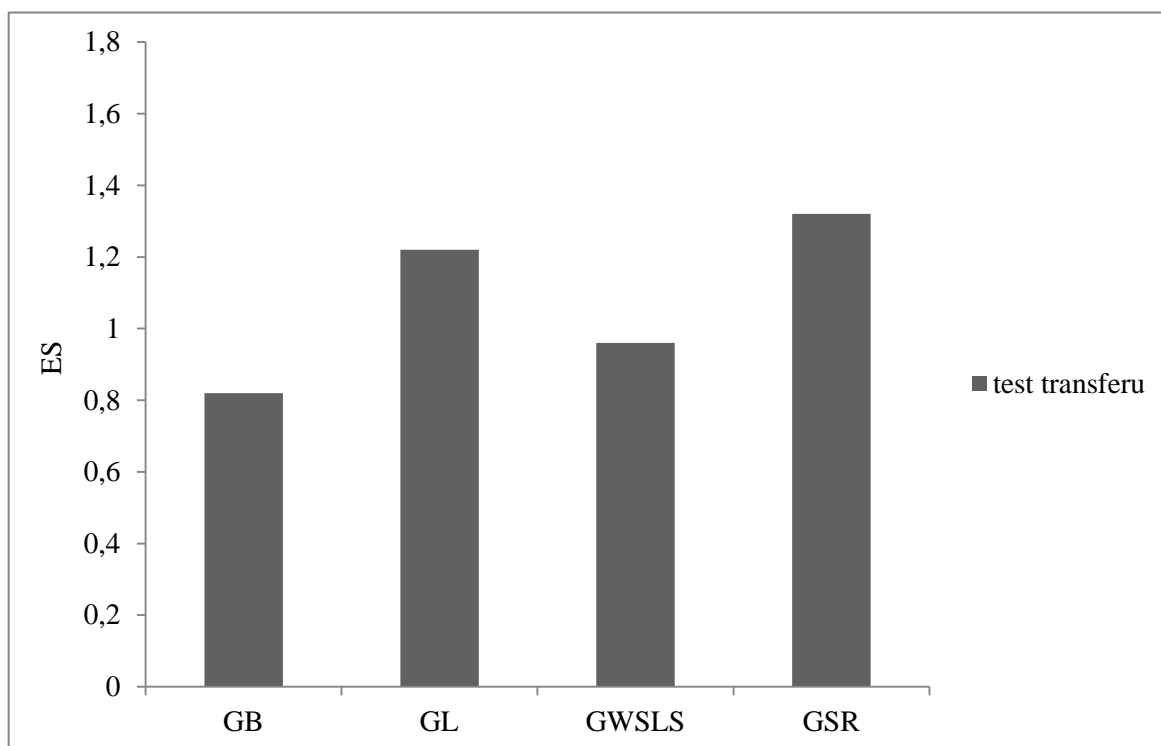
Na rycinie 15 przedstawiono wielkość efektu w GB, GL, GWSLS i GSR uzyskany w opóźnionym teście trwałości uczenia się w stosunku do pre-testu.



Rycina 15. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w opóźnionym teście trwałości uczenia się w stosunku do pre-testu

Wszystkie grupy odnotowały znaczną poprawę wyników podczas opóźnionego testu trwałości uczenia się w porównaniu do poziomu wyjściowego badanych ($d > 0.8$).

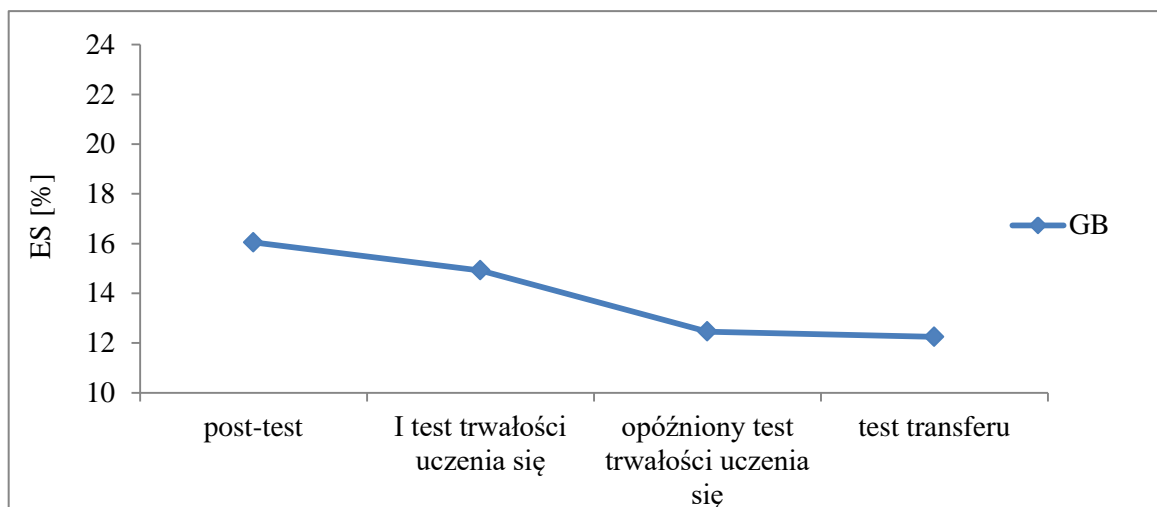
Na rycinie 16 przedstawiono wielkość efektu w GB, GL, GWSLS i GSR uzyskany w teście transferu w stosunku do pre-testu.



Rycina 16. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w teście transferu w stosunku do pre-testu

Każda z grup osiągnęła znaczną poprawę wyników podczas testu transferu w porównaniu do pre-testu ($d > 0.8$).

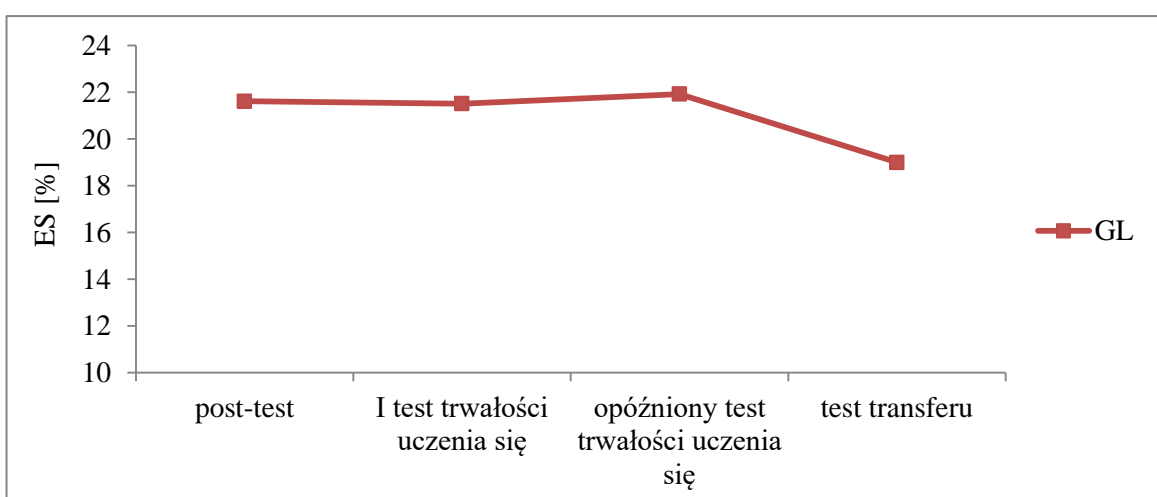
Na rycinie 17 przedstawiono ES wyrażony w procentach w GB w kolejnych testach.



Rycina 17. Przyrosty ES odnotowane przez GB po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]

GB w odniesieniu do pre-testu odnotowała wartości ES w post-teście wyższe o 16% ($p < 0.0001$). Następnie wykazano ich stopniowe obniżanie się względem tego wyniku do końca eksperymentu, wartości były jednak znamienne statycznie lepsze od wyników uzyskanych w pre-teście.

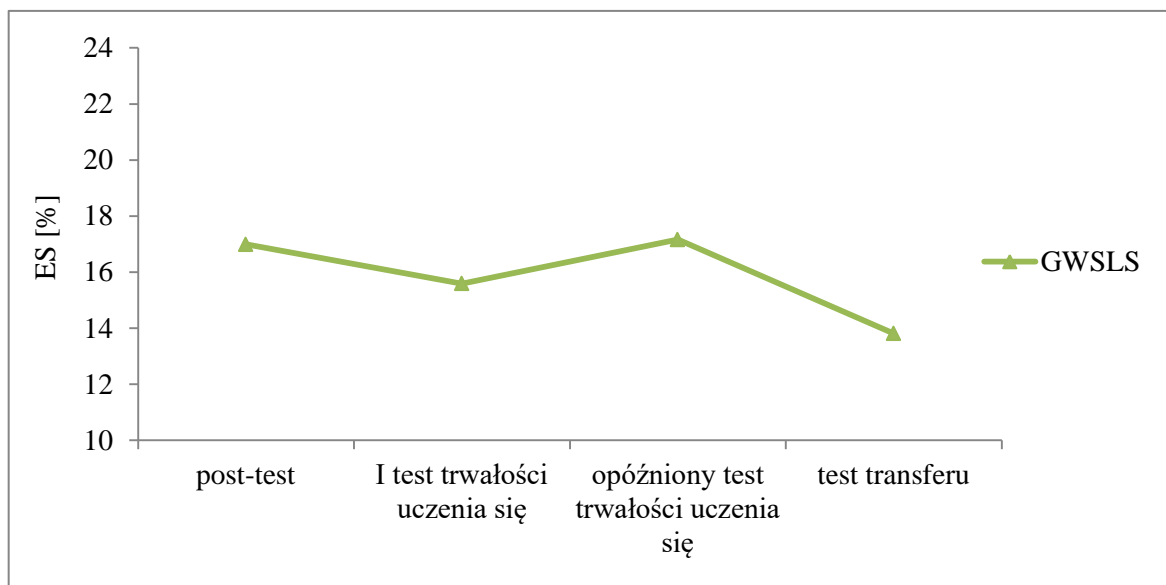
Na rycinie 18 przedstawiono ES wyrażony w procentach w GL w kolejnych testach.



Rycina 18. Przyrosty ES odnotowane przez GL po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]

W GL wykazano, że wartości ES w post-teście były wyższe o 22% ($p<0.0001$) i do opóźnionego testu trwałości uczenia się utrzymywały się na zbliżonym poziomie ($p<0.0001$); pogorszyły się względem tego wyniku w teście transferu, były jednak znamienne statycznie lepsze od wyników uzyskanych w pre-teście.

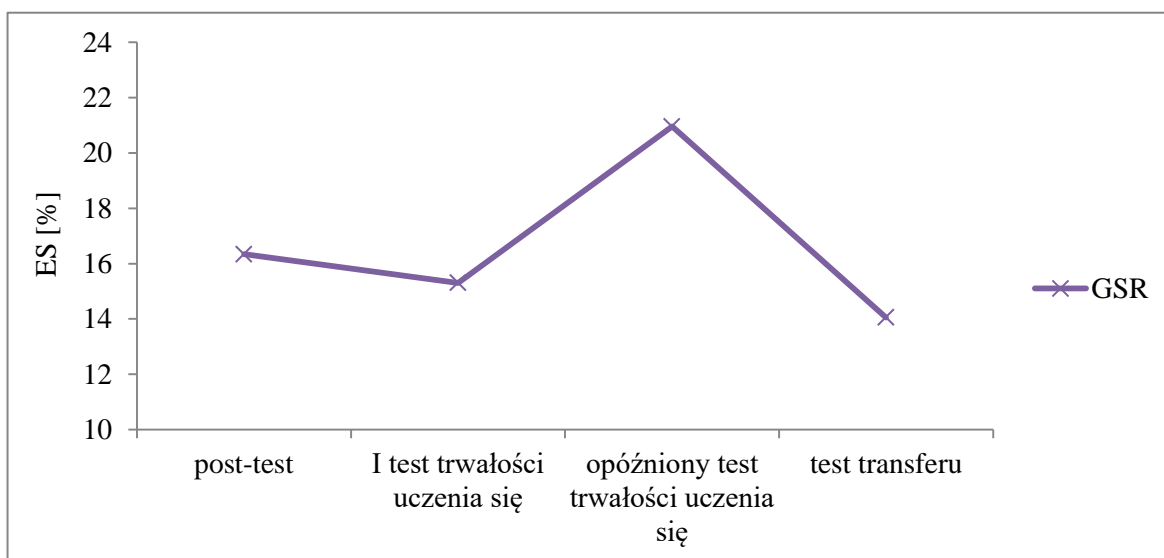
Na rycinie 19 przedstawiono ES wyrażony w procentach w GWSLS w kolejnych testach.



Rycina 19. Przyrosty ES odnotowane przez GWSLS po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]

W GWSLS odnotowano wartości ES w post-teście wyższe o 17% ($p<0.0001$) i do opóźnionego testu trwałości uczenia się utrzymywały się na zbliżonym poziomie ($p<0.0001$); pogorszyły się względem tego wyniku w teście transferu, były jednak znamienne statycznie lepsze od wyników uzyskanych w pre-teście.

Na rycinie 20 przedstawiono ES wyrażony w procentach w GSR w kolejnych testach.



Rycina 20. Przyrosty ES odnotowane przez GSR po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]

W GSR wykazano, że wartości ES w post-teście były wyższe o 16% ($p < 0.0001$), następnie spadły do 15% i w opóźnionym teście trwałości uczenia się ponownie wzrosły aż do 21% ($p < 0.0001$); pogorszyły się względem tego wyniku w teście transferu, były jednak znamienne statycznie lepsze od wyników uzyskanych w pre-teście.

W GWSLS i GSR zaobserwowano wzrost wartości wyników w opóźnionym teście trwałości uczenia się i nieznacznie również w GL, natomiast efekt ten nie dotyczył GB.

4. Dyskusja

Trenerzy, instruktorzy, nauczyciele wychowania fizycznego, jak również fizjoterapeuci, odpowiadają za tworzenie warunków treningu sprzyjających uczeniu się nowych czynności ruchowych. Głównym wyzwaniem jest zaprojektowanie takich warunków, które nie tylko będą wzmacniać krótkotrwałe efekty uczenia, ale przyczynią się do trwałości uczenia się i przeniesienia nabytej umiejętności na inne czynności ruchowe. Będzie to możliwe, jeżeli praktycy planując programy uczenia się będą korzystać z najnowszych wyników badań naukowych i doświadczeń wynikających ze szkolenia wysoko kwalifikowanych zawodników. Manipulując na przykład kolejnością wykonywanych na jednym treningu kilku czynności ruchowych, zmienia się wpływ interferencji kontekstowej. W efekcie taka zmiana warunków może ułatwiać bądź utrudniać uczenie lub doskonalenie danej czynności ruchowej. W programie uczenia się z niską interferencją kontekstową, czynności ruchowe są wykonywane jedna po drugiej bez zmian, według tzw. programu blokowego. W warunkach wysokiej interferencji kontekstowej czynność ruchowa jest wykonywana z innymi czynnościami ruchowymi lub ich wariantami w sposób przypadkowy (program losowy). Dotychczasowe badania wyjaśniające rolę interferencji kontekstowej w uczeniu się motorycznym wskazują na wyższą efektywność programu losowego nad blokowym w zapamiętywaniu danej czynności ruchowej (na podstawie wyników w opóźnionym teście trwałości uczenia się) lub w zdolności przenoszenia nabytej umiejętności na inne czynności ruchowe (w teście transferu) (Perez i wsp., 2005; Cross i wsp., 2007; Simon i wsp., 2008). Jednak większość takich wyników uzyskano w badaniach prowadzonych w warunkach laboratoryjnych, w których zwykle badani wykonują dużą liczbę powtórzeń w krótkim czasie, starając się nauczyć stosunkowo prostej czynności ruchowej (Farrow i Buszard, 2017). Są to warunki zupełnie inne niż spotykane w sporcie, w którym zawodnicy spędzają wiele godzin w sali treningowej powtarzając wielokrotnie różne czynności ruchowe. Wulf i Shea (2002), Barreiros i współautorzy (2007) oraz Brady (2008) sugerują, że wynik oddziaływania interferencji kontekstowej uzyskany w takich badaniach nie może być w prosty sposób uogólniony na uczenie prowadzone w ramach szkolenia sportowego. Pogląd ten odnosi się między innymi do ustalania kolejności wykonywania czynności ruchowych w jednostce treningowej, odmiennej dla zawodników o różnym poziomie zaawansowania. Farrow i Buszard (2017) twierdzą, że brakuje wystarczających dowodów

z badań eksperymentalnych potwierdzających wpływ zróżnicowanej interferencji kontekstowej na proces uczenia się czynności ruchowych przez sportowców wyczynowych. Ponadto ograniczeniem tradycyjnych programów uczenia się jest stosowanie stałego poziomu interferencji kontekstowej podczas nabywania nowej umiejętności, gdyż nie uwzględnia to zmieniającego się w procesie uczenia poziomu opanowania danej umiejętności, który wraz z ćwiczeniem wzrasta. Starając się wypełnić tę lukę w dotychczasowej wiedzy, celem badań była ocena efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym przy zastosowaniu różnych programów treningu u zawodników na etapie szkolenia ukierunkowanego.

Oczekiwano, że efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego u tenisistów stołowych na etapie szkolenia ukierunkowanego zależy od zastosowanego programu i będzie tym wyższy, im wyższa interferencja kontekstowa występuje podczas treningu. W pierwszej kolejności starano się wyjaśnić, czy efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym zależy od zastosowanego programu treningu, a jeżeli tak, to w czym przejawiają się te różnice. Interpretując wyniki naszych badań wykazano, że wszystkie grupy eksperymentalne, pomimo zastosowania różnych podejść metodycznych, osiągnęły wysoki efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego. Wyniki po eksperymencie były istotnie wyższe niż przed badaniami. Świadczy to o potrzebie wprowadzania do treningu technicznego tenisistów stołowych specyficznego programu uczenia i doskonalenia dokładności uderzeń, co jest zgodne z sugestiami wielu autorów (North i wsp., 2019; Cao i wsp., 2020). W konsekwencji ukierunkowanej pracy poziom przygotowania technicznego wzrasta, a to przyczyni się do poprawy wyników sportowych. Niemożliwa jest skuteczna gra bez wysokiego poziomu umiejętności technicznych (Sozański, 2015). Szczegółowa analiza wyników badań ujawniła różnice w trakcie procesu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego podczas sesji szkoleniowych. Różnice takie zaobserwowano między grupami: GWSLS i GB. Ponadto między grupami: GL i GB oraz GSR i GB wystąpiły różnice w opóźnionym teście trwałości uczenia się.

Analizując przebieg krzywej tempa uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego zauważono, że dokładność wykonania zadania była wyższa w przypadku zastosowania programu „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” niż programów: blokowego, losowego i samoregulowanego uczenia się. Wyniki te są zgodne z koncepcją „hipotezy wyznaczonego celu” (Guadagnoli

i Lee, 2004), zakładającej, że proces nabywania umiejętności może być dodatkowo ułatwiony poprzez dostosowanie trudności zadania do indywidualnych umiejętności danej osoby oraz, co najważniejsze, zgodny z tempem uczenia się badanego. W niniejszych badaniach zadanie polegające na dokładnym uderzeniu bekhendowym w wyznaczone miejsce, charakteryzowało się umiarkowaną nominalną trudnością dla osób będących już na określonym poziomie zaawansowania. Z kolei funkcjonalna trudność zadania zależała od poziomu umiejętności wykonawcy, która zgodnie z koncepcją „hipotezy wyznaczonego celu” pozostawała stała podczas ćwiczeń. Odnotowano tylko jedną istotną statystycznie różnicę podczas 12 sesji szkoleniowej. GWSLS uzyskała znacząco wyższą liczbę punktów niż GB. Uzyskanie wyższej dokładności wykonania zadania podczas większości sesji szkoleniowych przez uczestników GWSLS można wyjaśnić większą pewnością badanych odnośnie skutecznego wykonania zadania, co prawdopodobnie wpłynęło na ich większe zaangażowanie w proces nabywania umiejętności (Bandura, 1997). Autorzy programu realizowanego według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” podkreślają, że podczas nabywania umiejętności stopień nasilenia interferencji kontekstowej jest ściśle powiązany ze wskaźnikiem osiągniętego sukcesu przez osobę uczącą się (Simon i wsp., 2002). Ponadto Guadagnoli i Lee (2004) oraz Choi i współautorzy (2008) twierdzą, że wykorzystanie wyników uczącego się podczas procesu nabywania umiejętności ruchowych do narzuconych wariantów zadań, zapewnia lepsze wyniki uczenia się, niż tradycyjnie stosowane programy uczenia i doskonalenia ze względu na ciągłą manipulację odpowiednimi poziomami trudności zadania i zwiększoną motywację do ćwiczeń. Możemy zauważyć również, że programy: losowy i samoregulowanego uczenia się przez większość sesji szkoleniowych charakteryzowały się zbliżoną dokładnością wykonania zadania, jedynie podczas 13 i 14 treningu GL uzyskała najwyższe wyniki w porównaniu do pozostałych grup. Wyraźne obniżenie liczby punktów rejestrowanych podczas 13 i 14 sesji przez GWSLS można wyjaśnić „przełączeniem” większości uczestników tej grupy z zadania o ustalonym średnim stopniu trudności (cel nr 2) na najtrudniejszy wariant zadania (cel nr 1 – osoby praworęczne; cel nr 3 – osoby leworęczne) (Simon i wsp., 2008). Przyczyną tego mogła być ustalona zbyt wysoka wartość dokładności „przełączenia” na inne trudniejsze zadanie, tzn. uczestnicy GWSLS musieli poprawić swój indywidualny wynik o min. 10% w stosunku do wyniku z poprzedzającej sesji uczenia się. Z kolei badani realizujący program blokowy uzyskali najniższy efekt w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w porównaniu do innych programów. Z tego

względu warto opracowywać i wykorzystywać efektywne programy uczenia się i treningu dokładności wybranych technik uderzenia w tenisie stołowym dla zawodników będących na różnych etapach szkolenia sportowego. Tym bardziej, że w praktyce sportowej najczęściej wykorzystuje się programy z niską interferencją kontekstową. Prawdopodobnie wynika to z faktu obserwowania natychmiastowej poprawy w wykonaniu danej czynności ruchowej w przypadku zastosowania programu blokowego, która może, ale nie musi odpowiadać trwałemu uczeniu się (Farrow i Buszard, 2017).

Wyniki zarejestrowane podczas procesu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego (w kolejnych sesjach treningowych) nie świadczą o znaczących różnicach między grupami: GL i GB. Są one niezgodne z ustaleniami innych autorów odnośnie wpływu interferencji kontekstowej na efekt uczenia się (Ollis i wsp., 2005; Memmert i wsp., 2009; Broadbent i wsp., 2015). Wspomniani powyżej autorzy odnotowali, że bezpośredni efekt uczenia się był lepszy w przypadku zastosowania programu blokowego niż programu losowego. Z kolei efekt wyższej interferencji kontekstowej, która jest obecna przy zastosowaniu programu losowego, był niższy podczas nabywania umiejętności, ale wyższy podczas przeprowadzania testu trwałości uczenia się. Jednak wyniki naszych badań są zgodne z ustaleniami innych autorów (Ste-Marie i wsp., 2004 – Eksperyment 1; Fialho i wsp., 2006). Na przykład Goode i Magill (1986) nie zaobserwowali istotnych różnic podczas nabywania umiejętności wykonywania serwu w badmintonie przez dorosłe osoby bez doświadczenia zawodniczego między programem blokowym, seryjnym i losowym (pomimo odnotowania znaczących różnic między grupami w zakresie testu trwałości uczenia się). Również Barreiros i współautorzy (2007) analizując wyniki licznych badań wpływu interferencji kontekstowej na efekt uczenia się, stwierdzili, że w większości analizowanych prac (60%) nie było istotnych statystycznie różnic w procesie nabywania umiejętności. Do podobnych wniosków doszli Rendell i współautorzy (2011), którzy również nie wykazali istotnych różnic podczas procesu nabywania umiejętności strzału i rzutu piłki przez osoby dorosłe o stażu treningowym nie wyższym niż 2 lata w piłce nożnej, między programem z wysoką i niską interferencją kontekstową. Rendell i współautorzy (2011) twierdzą, że może to świadczyć o tym, że programy z wysoką interferencją kontekstową mają mniejsze prawdopodobieństwo negatywnego wpływu na jakość wykonywania zadań podczas nabywania umiejętności w warunkach treningu niż w warunkach laboratoryjnych. Buszard i współautorzy (2017) nie wykazali różnic między badanymi stosującymi program blokowy i seryjny podczas nabywania umiejętności dokładnego wykonywania serwu w tenisie przez

wykwalifikowanych zawodników w wieku 11-13 lat (pomimo odnotowania znaczących różnic między grupami w wynikach testu transferu). Brak różnic istotnych statystycznie zaobserwowany między grupami: GB i GL może wynikać z wpływu stażu treningowego badanych (min. 4 lata doświadczenia), większej liczby powtórzeń podczas pojedynczej sesji szkoleniowej (45 uderzeń) oraz długości całego procesu uczenia się (14 sesji), niż miało to miejsce w badaniach innych autorów (Ollis i wsp., 2005; Memmert i wsp., 2009; Broadbent i wsp., 2015). Liczba powtórzeń i czas trwania eksperymentu okazał się wystarczający do osiągnięcia przez badanych z GL podobnego efektu uczenia się, jaki zarejestrowano u badanych z GB. Ponadto podobnie jak w badaniach przeprowadzonych przez Czyża i Staszak (2004), uczestnicy GL także wykazywali większe zaangażowanie w wykonywane zadania niż badani uczący się według programu blokowego. Wyniki naszych badań są zgodne z rekomendacją Magilla i Halla (1990), że uczniowie powinni prezentować już pewien poziom opanowania umiejętności ruchowej zanim możliwe będzie zastosowanie wysokiej interferencji kontekstowej w procesie uczenia się czy doskonalenia. Również Landin i Hebert (1997) twierdzą, że poziom wyjściowy umiejętności badanego w konkretnym zadaniu może mieć wpływ na uzyskane rezultaty. Autorzy ci uważają, że badani z pewnym poziomem umiejętności, co miało miejsce w naszym eksperymencie, mogą odnieść więcej korzyści z wysokiego wpływu interferencji kontekstowej (program losowy), podczas gdy badani początkujący w większym stopniu skorzystają z niskiej interferencji kontekstowej (program blokowy). Hodges i współautorzy (2014) także wykazali zwiększone korzyści wynikające z zastosowania programu losowego u osób posiadających już pewne doświadczenie związane z nauczaniem zadaniem. Ponadto w naszym eksperymencie w celu uniknięcia potencjalnego wpływu zjawiska „przeuczenia” (ang. *overlearning*), uczestnikom grup: GB i GL, którzy w kolejnych sesjach treningowych osiągnęli wynik wyższy o min. 10% od uzyskanego w poprzedzającej sesji, zmienione zostały parametry wyrzutu piłki [tzn. zwiększono szybkość piłki (poziom 14) i częstość jej wyrzutu (czas oczekiwania między wyrzutem kolejnych piłek – 1.45 s / 1.40 s)].

Analizując efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego na podstawie kryterium trwałości uczenia (opóźnionych efektów), ujawniono różnice istotne statystycznie między grupami. Efekt uczenia się grup: GL i GSR był znacząco wyższy niż GB. W celu wyjaśnienia wyższego efektu u badanych z GL w porównaniu do uczestników z GB, posłużymy się znanymi teoriami i koncepcjami wyjaśniającymi wysoki efekt uczenia się przy zastosowaniu programu losowego.

Zgodnie z koncepcją „zjawiska kosztu przełączenia” (ang. *the switch cost phenomenon*) (Rogers i Monsell, 1995) osoby stosujące program losowy nabywają umiejętność elastycznego „przełączania” z jednej uczonej czynności ruchowej na inną, co nie występuje w przypadku uczenia się według programu blokowego. Z kolei jak podkreślają Farrow i Buszard (2017), celem uczenia się motorycznego jest maksymalizacja poprawy wykonywania danej czynności ruchowej oraz zapewnienie przeniesienia efektu uczenia do warunków środowiska, w którym będzie wykonywana. Aby osiągnąć te cele, należy zmaksymalizować wysiłek poznawczy zawodnika, co można osiągnąć poprzez manipulowanie nasileniem interferencji kontekstowej. Wspomniani autorzy twierdzą, że jeśli dyscyplina czy konkurencja sportu charakteryzuje się występowaniem wysokiej interferencji kontekstowej, wówczas zastosowanie programu losowego prawdopodobnie przyczyni się do efektywnego procesu uczenia się. Pogląd ten jest zgodny z twierdzeniem Russela i Newella (2007), którzy argumentowali, że program losowy przygotowuje ucznia do elastycznego „przełączania się” między zadaniami, minimalizując tym samym wpływ „kosztów przełączenia” (ang. *switch costs*). Biorąc pod uwagę, że tenis stołowy należy do grupy dyscyplin sportu, które wymagają od zawodnika nagłej zmiany działań z jednych uderzeń na inne, szybkiej reakcji na poruszający się obiekt (piłkę) oraz ciągłego dostosowania stylu gry zależnie od działań przeciwnika, prawdopodobnie zaobserwowany efekt zastosowania programu losowego jest wynikiem jego podobieństwa do specyfiki tej dyscypliny. Mianowicie duża prędkość piłki i mały rozmiar pola gry w tenisie stołowym oznaczają, że wymogi przestrzenno-czasowe nakładane na zawodników są ekstremalne, ponieważ muszą szybko „przełączać się” między różnymi umiejętnościami technicznymi i kombinacjami tych umiejętności, aby wykonać dokładną i skuteczną akcję. Ponadto aktywność ta wiąże się z dużym zaangażowaniem poznawczym i wysokim poziomem stresu u zawodników. Wyniki naszych badań są zbieżne z twierdzeniem Buszarda i współautorów (2017), że częstsze „przełączanie się” między zadaniami jest korzystne dla wykwalifikowanych zawodników podczas uczenia się i doskonalenia złożonych czynności ruchowych.

Według koncepcji „wyjaśnienia retroaktywnego hamowania” (ang. *the retroactive inhibition explanation*) (Meeuwssen i Magill, 1991) w przypadku zastosowanego programu blokowego, im później od testu trwałości uczenia się ćwiczący wykonają zadanie, to prawdopodobnie coraz gorsze odnotują rezultaty. Wyniki naszych badań są zbieżne z tą koncepcją, ponieważ wykazano postępujące obniżenie liczby zdobytych punktów

zarejestrowanych u badanych z GB od post-testu do kolejnych testów trwałości uczenia się, jak również podczas testu transferu.

Ponadto uważa się, że tworzenie i utrzymanie proceduralnej pamięci motorycznej zależy od trzech odrębnych, ale współzależnych procesów pamięciowych: kodowania, konsolidacji i odzyskiwania (Monfils i wsp., 2005; Robertson i Cohen, 2006; Robertson, 2009). Kodowanie odbywa się głównie w fazie nabywania umiejętności. Czas stosowania post-testu i natychmiastowych testów trwałości uczenia się powiązany jest prawdopodobnie ze zmianami zachodzącymi podczas okresu konsolidacji. Przy opóźnionych testach trwałości uczenia się i teście transferu uczeń odzyskuje pamięć motoryczną (Kantak i Winstein, 2012). W rzeczywistości odzyskiwanie jest jedyną możliwą miarą pamięci i uczenia się. Kantak i Winstein (2012) zauważają, że korzyści płynące z treningu prowadzonego według programu losowego często pojawiają się dopiero po pewnym czasie. W opublikowanym przeglądzie badań podkreślają, że krzywa tempa nabywania umiejętności, post-test i natychmiastowe testy trwałości uczenia się, nie są dobrym predyktorem względnie trwałych zmian charakteryzujących uczenie się motoryczne. Za bardziej odpowiednie miary uznano opóźnione testy trwałości uczenia się i test transferu, które powinny zostać przeprowadzone nie wcześniej niż 24 godziny lub jeszcze później po zakończeniu etapu nabywania umiejętności. Istnieją dowody na to, że procesy konsolidacji ewoluują w czasie 4-6 godzin po ostatnim treningu, jak również podczas nocnego snu (Muellbacher i wsp., 2002; Walker i Stickgold, 2004).

Sozański (2015) również uważa, że poziom efektów treningu, ich siła i stabilność, czyli trwałość, występują w różnych fazach procesu szkolenia sportowego, które są rozpatrywane w skali czasu. W związku z tym efekty potreningowe stanowią dla trenerów główne kryterium diagnozy dynamiki stanu wytrenowania zawodników. Sozański i Zaporozhanow (1993) klasyfikują efekty potreningowe w trzech rodzajach przejawów, jako: bezpośrednie – oceniane w trakcie wykonywanych czynności ruchowych i niezwłocznie po ich ukończeniu; przedłużone – identyfikowane bezpośrednio po ukończeniu sesji treningowej i kilka godzin później; kumulatywne – rejestrowane po ukończeniu cyklu treningów przewidzianego do osiągnięcia określonego celu szkoleniowego. W naszych badaniach odnotowano różnice istotne statystycznie w efekcie uczenia się między grupami: GL i GB oraz GSR i GB. Efekt ten w GL i GSR był znacząco wyższy niż w GB tylko w opóźnionym teście trwałości uczenia się, który wykonano 24 godz. po ukończeniu ostatniej sesji treningowej. Ponadto w opóźnionym teście trwałości uczenia się najwyższy efekt (na podstawie ES) miała GSR. Może to stanowić wyjaśnienie,

dlaczego nie stwierdzono istotnych różnic między grupami ani podczas post-testu (bezpośrednio po ukończeniu 14 sesji treningowej), ani podczas I testu trwałości uczenia się (3 godz. po ukończeniu 14 sesji treningowej). Prawdopodobnie wyniki zarejestrowane w tych testach mogły odzwierciedlać siłę reprezentacji pamięci przed ewoluowaniem fazy konsolidacji. Ponadto możliwe jest, że różne warunki praktyki bezpośrednio wpłynęły na proces konsolidacji pamięci motorycznej (Robertson i wsp., 2004).

Z kolei wykazano podobny efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego uzyskany przez badanych trenujących według programu losowego i programu samoregulowanego uczenia się. Być może program samoregulowanego uczenia się, podobnie jak program losowy, charakteryzował się wpływem wysokiej interferencji kontekstowej. Nieco spekulując możemy przypuszczać (ponieważ tego nie rejestrowaliśmy), że liczba „przełączeń” między zadaniami w procesie uczenia się i doskonalenia w GSR była podobna jak w GL. Wyniki naszych badań pokazują, że najwyższa dokładność wykonania zadania podczas procesu nabywania umiejętności (odnotowana w GWSLS) niekoniecznie musi łączyć się z najwyższą trwałością uczenia się motorycznego. Soderstrom i Bjork (2015) twierdzą, że warunki, które wydają się obniżać poziom opanowania umiejętności podczas uczenia się, mogą być często tymi warunkami, które zapewniają najbardziej trwałe i elastyczne efekty. Dotychczas przeprowadzono niewiele badań, w których porównano efekt uczenia się czynności ruchowych według programu losowego i programu samoregulowanego uczenia się, zwłaszcza w tenisie stołowym. Mimo ograniczonej liczby badań wykazano, że samoregulowane uczenie się, podczas którego dana osoba ma kontrolę nad tym, jak zaprojektować schemat uczenia kilku czynności ruchowych, zwiększa jakość wykonania zadania nie tylko w procesie nabywania umiejętności, ale co ważniejsze, efekt ten jest bardziej trwały, co wyraża się w podobnych lub lepszych wynikach w teście trwałości uczenia się, niż osiągają badani stosujący program losowy. Jednak większość takich badań prowadzono w warunkach laboratoryjnych, które odbiegają od warunków realnego szkolenia sportowego. Dowodów na to jest kilka, np. w zadaniu komputerowym, które polegało na jak najszybszym pokonywaniu przeszkód w określonej kolejności (Titzer i wsp., 1993), w przesuwaniu kursora zgodnie ze wzorcem (Keetch i Lee, 2007), czy naciśnięciu klawiszy zgodnie ze wzorem i w określonym czasie (Wu i Magill, 2011). Wyniki naszych badań częściowo są zgodne z tymi ustaleniami. Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego według programu samoregulowanego uczenia się i według programu losowego był podobny. Odnosi się to zarówno do bezpośrednich, jak i opóźnionych

efektów. Również Lee i Jayasinghe (2020) nie odnotowali różnic istotnych statystycznie między efektami zastosowanego programu losowego i samoregulowanego uczenia się w zadaniu przesuwania kursora za pomocą ruchów górnej części ciała do różnych celów przedstawionych na ekranie. Andrieux i współautorzy (2016) twierdzą, że samoregulowany program uczenia się może prowadzić ucznia do przejściowych, ale podwyższonych stanów procesów poznawczych i wymagających uwagi podczas nabywania umiejętności, podobnie jak program losowy. Znajduje to potwierdzenie w wynikach naszych badaniach, ponieważ uczestnicy GSR autonomicznie w krótkim czasie podejmowali decyzję o zmianie poziomu trudności zadania na podstawie wyniku osiągniętego w poprzedniej próbie wykonania czynności ruchowej (czas pomiędzy wyrzutem piłek w serii wynosił 1.5 s, a nawet 1.35 s – gdy uczestnik dobrowolnie zażądał skrócenia czasu oczekiwania pomiędzy wyrzutem kolejnych piłek). To aktywne zaangażowanie badanego mogło zaowocować wypracowaniem, a następnie utrwaleniem bardziej szczegółowej reprezentacji zadań (charakterystyki przedstawienia danej umiejętności ruchowej w pamięci), przyczyniając się w ten sposób do uzyskania wysokich wyników w opóźnionym teście trwałości uczenia się. Jest to również charakterystyczne dla programu losowego, co jest zgodne z koncepcją „hipotezy wypracowania” (ang. *elaboration hypothesis*) (Shea i Morgan, 1979; Shea i Zimny, 1983, 1988), która mówi o tym, że podczas wykonywania czynności ruchowych według programu losowego, uczeń angażuje się w proces porównywania i kontrastowania kilku umiejętności, które należy opanować. W rezultacie wyobrażenie każdego zadania i dokonanie większej liczby porównań między zadaniami podczas uczenia się według programu losowego jest lepiej zapamiętywane.

Analizując wyniki naszych badań w kontekście przenoszenia nabytej umiejętności na inne czynności ruchowe, nie stwierdzono wystąpienia różnic istotnych statystycznie między grupami. Hall i Magill (1995) twierdzą, że korzyści wynikające z uczenia się w zmiennych warunkach są bardziej prawdopodobne, gdy umiejętności ruchowe, które należy opanować są modyfikacjami parametrów tego samego uogólnionego programu motorycznego. Podczas procesu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego uczestnicy naszych badań wykonywali czynność ruchową prawdopodobnie z tego samego programu motorycznego z modyfikacją jedynie kierunku posłania piłki we wskazany obszar stołu. Uważa się, że złożoność lub trudność czynności ruchowej łagodzi efekt interferencji kontekstowej w wyniku wysiłku poznawczego, a duży wysiłek poznawczy jest uważany za korzystny w procesie uczenia się. Farrow i Buszard (2017)

twierdzą, że podczas uczenia się złożonej czynności ruchowej wysiłek poznawczy może być również wysoki w warunkach niewielkiej interferencji kontekstowej (program blokowy). Dzieje się tak, ponieważ złożoność czynności ruchowej wymaga większego przetwarzania poznawczego, aby ją wykonać. Analizując wyniki naszych badań można stwierdzić, że uzyskanie dużego efektu uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego przez badanych z GB w testach trwałości uczenia się i w teście transferu są tego potwierdzeniem. Wspomniani autorzy sugerują, że manipulowanie interferencją kontekstową prawdopodobnie nie zmieni trudności zadania w przypadku złożonych czynności ruchowych. Nie potwierdzamy całkowicie tego poglądu, gdyż grupy GL i GSR w opóźnionym teście trwałości uczenia się osiągnęły istotnie wyższe wyniki niż GB, co potwierdza korzystny efekt wysokiej interferencji kontekstowej. Ponadto zgodnie z koncepcją „hipotezy wyznaczonego celu” (Guadagnoli i Lee, 2004) w procesie nabywania umiejętności w miarę postępów ucznia, trudność nominalna zadania musi wzrosnąć, aby zrekompensować spadek trudności zadania funkcjonalnego. Na przykład w badaniach Meira i Tani (2001) uczestnicy, którzy nabywali umiejętność rzucania rzutką do celu według programu losowego nie osiągnęli znacząco wyższych wyników w teście transferu w porównaniu do uczących się według programu blokowego. Wyniki naszych badań odnośnie testu transferu są zbieżne z przypuszczeniem Barreiros i współautorów (2007), że test ten prawdopodobnie nie mierzy efektu interferencji kontekstowej w równie wysokim stopniu co opóźniony test trwałości uczenia się. Może to wynikać z faktu, że w użytym teście transferu wykorzystano zadanie z innego programu motorycznego. Jak twierdzą Guadagnoli i Aylsworth (2013) dotychczas opublikowano niewiele badań na temat przeniesienia efektu uczenia jednej umiejętności ruchowej na inną, ale angażującą odmienny program motoryczny. Najczęściej podczas testu transferu zmieniano jedynie warunki wykonania zadania [np. zmianę kierunku wykonania serwu w piłce siatkowej (Meira i Tani, 2003), zmianę odległości celu rzutu kulą w grze bocce (Souza i wsp., 2015), zmianę kształtu szablonu podczas śledzenia obracającego się światła (Porter i Beckerman, 2016)]. Nadal niejasne są ustalenia odnośnie wpływu interferencji kontekstowej na efekt przeniesienia uczonej złożonej czynności ruchowej w warunkach treningu do innej wersji umiejętności. Stwierdzony brak różnic istotnych statystycznie między grupami w naszych badaniach mógł zależeć od wpływu złożoności / trudności zadania zastosowanego podczas testu transferu.

Podsumowując, weryfikowana w naszych badaniach hipoteza, że efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego u tenisistów stołowych na etapie

szkolenia ukierunkowanego zależy od zastosowanego programu i jest tym wyższy, im wyższa interferencja kontekstowa występuje podczas treningu – została potwierdzona. Uszczegóławiając, program samoregulowanego uczenia się charakteryzujący się autonomicznym określeniem optymalnego „wyznaczonego celu” okazał się równie efektywny jak program losowy i efektywniejszy niż program blokowy. Również zgodnie z naszym przypuszczeniem, program losowy był efektywniejszy niż program blokowy. W naszych badaniach nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w efekcie uczenia się badanych stosujących program „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” w porównaniu z pozostałymi programami. Simon i współautorzy (2008) prowadzili badania, w których uczestnicy uczyli się w warunkach laboratoryjnych trzech pięcioklawiszowych sekwencji na klawiaturze numerycznej komputera. Autorzy tego eksperymentu dowiedli, że grupa stosująca program według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” osiągnęła wyższe wyniki w teście trwałości uczenia się niż grupa trenująca według programu blokowego. Jednak grupa ta nie przewyższyła wyników grupy uczącej się według programu losowego, co jest zbieżne z wynikami naszych badań. Dotychczas jedynie Porter i współautorzy (2020) podjęli się trudu zbadania wpływu programu dostosowanego do indywidualnych postępów ucznia na efekty nabywania umiejętności specyficznych dla sportu. Uczestnicy badań (osoby dorosłe niewykwalifikowane) uczyli się dokładności rzutu piłką do kosza z różnych miejsc. Porównano ze sobą efekty uczenia się stosując program blokowy, losowy i według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”. Grupa ucząca się według strategii „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” znacząco poprawiła swoje wyniki w teście transferu, lecz podobnie jak w naszych badaniach, nie wykazano istotnych różnic w porównaniu do programu blokowego i losowego. Należy zaznaczyć, że w badaniach tych zadanie transferowe polegało jedynie na zmianie warunków wykonania nabytej umiejętności (tzn. zastosowano inny kąt i odległość rzutu piłką do kosza), co nie wymagało prawdopodobnie uruchomienia nowego programu motorycznego, a miało miejsce w przypadku naszych badań.

Kolejnym problemem podjętym w badaniach było wyjaśnienie, czy zwiększenie autonomii badanego w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym poprzez zastosowanie programu samoregulowanego uczenia się jest bardziej efektywne od programów z narzuconym schematem ćwiczeń. Guadagnoli i Lee (2004) twierdzą, że zaprojektowane uczenie się według koncepcji

„hipotezy wyznaczonego celu” stwarza warunki, w których badany będzie miał największy potencjał uczenia się, jednocześnie przy tym minimalizując potencjalne spadki w jakości wykonania czynności ruchowej podczas jej nabywania. W naszych badaniach wyższe przyrosty ES [%] świadczą o przewadze programu samoregulowanego uczenia się nad programem „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” w zakresie opóźnionych efektów, zwłaszcza w opóźnionym teście trwałości uczenia się. Aktualnie wielu badaczy zajmuje się wyjaśnianiem, czy wybory dokonywane przez uczącego się muszą być w ogóle istotne dla zadania (Carter i Ste-Marie, 2017; Grand i wsp., 2017), chociaż korzyści wynikające z wyborów ucznia związanych z zadaniami podczas ćwiczeń zostały licznie potwierdzone (Fairbrother i wsp., 2012; Safir i wsp., 2013; Williams i wsp., 2017). Jednak niewiele badań dotyczyło wyboru trudności zadania. Na przykład Andrieux i współautorzy (2012) wykazali, że uczestnicy, którym pozwolono autonomicznie określić poziom trudności zadania na początku każdej próby, odnotowali lepsze wyniki w długoterminowych testach trwałości uczenia się (>24 godz.) niż uczestnicy, którym takiego wyboru nie zapewniono. Leiker i współautorzy (2016) także przedstawili dowody, że autonomiczne dokonywanie wyboru trudności zadania w grze wideo przez badanych prowadziło do osiągnięcia znacząco lepszych wyników w zakresie trwałości uczenia się (test przeprowadzono tydzień po ukończeniu szkolenia) niż u badanych, którzy nabywali umiejętność z narzuconym schematem ćwiczeń. Generalnie uważa się, że warunki szkolenia samoregulowane przez ucznia przyczyniają się do zwiększania kluczowych składników wewnętrznej motywacji, która jest pozytywnie powiązana ze wzmocnionym uczeniem się motorycznym (Bandura, 1993; Deci i Ryan, 2000). Na przykład zapewnienie uczniowi wyboru lub jedynie potencjalnej możliwości wyboru, wzmacnia jego poczucie własnej skuteczności w odniesieniu do wykonywania określonego zadania, co przyczynia się do podwyższonych oczekiwań wobec osiągnięcia przyszłych sukcesów (Hooyman i wsp., 2014; Wulf i wsp., 2014; Wulf i wsp., 2015). Chociaż Leiker i współautorzy (2019) twierdzą, że samoregulowany wybór trudności zadania przez ucznia korzystnie wpływa na uczenie się, wzmacniając tym samym jego zaangażowanie i motywację do ćwiczeń, to nie zgadzają się z ogólnym poglądem, że motywacja bezpośrednio wyjaśnia korzyści wynikające z samoregulowanego uczenia się. Korzyści z samoregulowanych warunków uczenia się są określane jako odpowiadające zaspokojeniu podstawowych potrzeb psychologicznych uczącego się. Opierając się na założeniach teorii samostanowienia (ang. *self-determination theory*) opracowanej przez Deci i Ryana (1985), samoregulowana odpowiedzialność za wyznaczanie sobie własnych

celów i posiadanie wpływu na przynajmniej wybrane aspekty uczenia, w szczególności odpowiada zaspokojeniu wrodzonych ludzkich potrzeb autonomii i kompetencji (Sanli i wsp., 2013; Wulf i Adams, 2014; Wulf i wsp., 2014; Wulf i wsp., 2015; Post i wsp., 2016; Wulf i Lewthwaite, 2016). Bund i Wiemeyer (2004) przeprowadzili badania dokładności uderzenia top-spinowego forhendem w tenisie stołowym przez niewykwalifikowane osoby. Wykazali, że samoregulowane uczenie się jest efektywne nawet w warunkach niepreferowanych przez ucznia. Wyniki badań empirycznych dostarczają dowodów, że nawet sam fakt zapewnienia wyboru uczącemu się, niezależnie od tego, czy ma to związek z danym zadaniem, czy też nie (np. wybór koloru piłki, specyfiki sprzętu, kolejności ćwiczeń), może sprzyjać wysokiej efektywności uczenia się motorycznego (Jaitner i Mess, 2019). Nie oznacza to jednak, że uczący się powinien mieć całkowitą swobodę w podejmowaniu decyzji odnośnie warunków szkolenia. Na przykład sportowiec wyczynowo trenujący powinien mieć możliwość „ograniczonego” wyboru warunków ćwiczeń podczas planowania treningu we współpracy ze swoim trenerem. Jak twierdzi Bandura (1997) uczeń nie zawsze posiada odpowiedni poziom wiedzy lub motywacji, aby przejąć całkowitą kontrolę nad procesem uczenia się i doskonalenia czynności ruchowych. Ponadto Andrieux i współautorzy (2016) dowiedli, że zastosowanie „ograniczonej” kontroli warunków szkolenia badanym zaowocowało wybieraniem przez nich bardziej wymagających strategii uczenia się, co wpłynęło na osiągnięcie wyższego efektu nabywania umiejętności. Przyszłe badania powinny dotyczyć określenia jak dużą kontrolę nad warunkami ćwiczeń powinien mieć uczący się oraz na którym etapie uczenia / szkolenia należałoby ją wprowadzać, aby zoptymalizować proces uczenia się motorycznego. Naszym zdaniem jest to szczególnie istotne z punktu widzenia długofalowych celów szkolenia sportowego.

Podsumowując, częściowo potwierdzono hipotezę, że zwiększenie autonomii badanego w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym jest bardziej efektywne od programów z narzuconym schematem ćwiczeń (programu blokowego, losowego i według programu „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”). Mianowicie program samoregulowanego uczenia się okazał się podobnie efektywny jak program losowy w zakresie trwałości uczenia się i efektywniejszy w porównaniu do programu blokowego. Ponadto w opóźnionym teście trwałości uczenia się uczestnicy z GSR uzyskali najwyższy efekt (na podstawie ES) w porównaniu do efektu grup z narzuconym uczącemu się schematem ćwiczeń. Z kolei w zakresie bezpośredniego efektu – dokładność wykonania

zadania podczas nabywania umiejętności była ogólnie najwyższa w przypadku programu „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”.

Określenie optymalnego programu uczenia się i doskonalenia techniki uderzeń w tenisie stołowym jest problemem dynamicznym i wielowymiarowym, gdyż poszczególne zmienne, takie jak poziom umiejętności badanych i ogólne doświadczenie uczącego się, oddziałują ze zmiennymi środowiskowymi, takimi jak np. wewnętrzna trudność zadania. Otrzymane wyniki badań dają podstawę do stwierdzenia, że częściowe zapewnienie badanemu autonomii w procesie nabywania umiejętności technicznych w połączeniu z programem „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz” kontrolowanym zewnętrznym, najlepiej pasuje do warunków uczenia się. Przypuszczamy, że taki łączony program mógłby charakteryzować się wysoką efektywnością w zakresie bezpośrednich, jak i opóźnionych efektów.

Ograniczeniem naszych badań był brak rejestracji liczby „przełączeń” między zadaniami w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w GSR. Również można było zastosować stopniowanie „przełącznika” między zadaniami w GWSLS, np. w wymiarze 10% z wariantu łatwiejszego na wariant o średnim poziomie trudności zadania, a następnie ustalenie „przełącznika” w niższym wymiarze, np. 5% z wariantu o średnim poziomie trudności na wariant najtrudniejszy zadania (w naszych badaniach zastosowano „przełącznik” o stałej wartości – 10%). Ponadto w celu dokonania porównania efektu przeniesienia nabytej umiejętności w obydwu warunkach zadania transferowego, warto byłoby przeprowadzić dodatkowy test transferu, polegający na zastosowaniu uderzeń techniką bekhendową (stosowaną w procesie uczenia się i doskonalenia) z modyfikacją jedynie parametrów programu motorycznego, np. poprzez zmniejszenie pola kwadratów zaznaczonych na stole jako cele (z wymiaru 25 cm na 15 cm).

Przedstawione wyniki badań mogą być pewną wskazówką dla trenerów, instruktorów, nauczycieli wychowania fizycznego, jak również zawodników będących na etapie szkolenia ukierunkowanego, odnośnie planowania najbardziej efektywnych programów treningu nie tylko dokładności, ale także uczenia się i doskonalenia techniki w różnych dyscyplinach sportu. Co więcej zaprezentowane wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie w rehabilitacji podczas projektowania efektywnej terapii przywracającej

sprawność pacjenta oraz w szkoleniu praktycznym studentów kierunków medycznych, np. podczas nabywania zawodowych umiejętności zakładania szwów.

Wnioski

1. Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym może być modyfikowany poprzez zastosowanie zróżnicowanych pod względem nasilenia interferencji kontekstowej programów treningu.
2. Najbardziej efektywne w zakresie bezpośrednich efektów uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym są programy z niską interferencją kontekstową (program blokowy i program „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”), a lepszą trwałość uczenia zapewniają programy z wysoką interferencją kontekstową (program losowy i program samoregulowanego uczenia się).
3. Zastosowane programy uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym (program blokowy, program losowy, program samoregulowanego uczenia się i program „trafiasz – przechodzisz do kolejnego zadania / nie trafiasz – powtarzasz kolejny raz”) nie różnią się pod względem wielkości przenoszenia osiągniętego efektu na zadanie, które uczeniu nie podlegało.
4. Zwiększenie autonomii badanego w procesie uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym poprzez zastosowanie programu samoregulowanego uczenia się jest bardziej efektywne w zakresie trwałości uczenia się od programów z narzuconym schematem ćwiczeń.

Piśmiennictwo

1. Aiken, C.A., Genter, A.M. (2018). The effects of blocked and random practice on the learning of three variations of the golf chip shot. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(2), 339-349. DOI: 10.1080/24748668.2018.1475199.
2. Akradi, M., Abdoli, B., Farsi, A.R. (2011). The effect of behavioral and decision training on learning table tennis forehand skill. *Olympic*, 19(3), 107-117.
3. Andrieux, M., Boutin, A., Thon, B. (2016). Self-control of task difficulty during early practice promotes motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 48(1), 57-65. DOI: 10.1080/00222895.2015.1037879.
4. Andrieux, M., Danna, J., Thon, B. (2012). Self-control of task difficulty during training enhances motor learning of a complex coincidence – anticipation task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(1), 27-35. DOI: 10.1080/02701367.2012.10599822.
5. Ashraf, O. (2017). Effects of contextual interference on learning of soccer skills. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport / Science, Movement and Health*, 17 (2), 177-183.
6. Balali, M., VaezMousavi, M., Ghasemi, A., Parvinpour, S. (2019). Effects of challenging games on manipulative motor skills of 4-6 years old children: an application of challenge point framework. *Early Child Development and Care*, 189 (5), 697-706. DOI: 10.1080/03004430.2017.1339276.
7. Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, 28(2), 117-148. DOI: 10.1207/s15326985ep2802_3.
8. Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
9. Bańkosz, Z., Błach, W. (2007). Zdolność różnicowania kinestetycznego a dokładność gry zawodników tenisa stołowego. *Medycyna sportowa*, 23, 99-105.
10. Bańkosz, Z., Winiarski, S., Malagoli Lanzoni, I. (2020). Gender differences in kinematic parameters of topspin forehand and backhand in table tennis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 5742. DOI:10.3390/ijerph17165742.
11. Baron, R., Petschnig, R., Bachl, N., Raberger, G., Smekal, G., Kastner, P. (1992). Catecholamine excretion and heart rate as factors of psychophysical stress in table

- tennis. *International Journal of Sports Medicine*, 13(7), 501-505. DOI: 10.1055/s-2007-1021306.
12. Barreiros, J., Figueiredo, T., Godinho, M. (2007). The contextual interference effect in applied settings. *European Physical Education Review*, 13, 195-208. DOI: 10.1177/1356336X07076876.
 13. Battig, W.F. (1966). Facilitation and interference, W: Bilodeau E.A. [red.] *Acquisition of skill*, New York: Academic Press, s. 215-244.
 14. Battig, W.F. (1979). The flexibility of human memory, W: Cermak L.S. i Craik F.I.M. [red.] *Levels of processing in human memory*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, s. 23-44.
 15. Belisle, J.J. (1963). Accuracy, reliability and refractoriness in a coincidence anticipation task. *Research Quarterly*, 34, 271-281. DOI: 10.1080/10671188.1963.10613234.
 16. Bjork, R.A. (1994). Memory and metamory considerations in the training of human beings, W: Metcalfe J., Shimamura A. [red.] *Metacognition: Knowledge about knowing*, Cambridge, MA: MIT Press, s. 185-205.
 17. Bjork, R.A. (1999). Assessing our own competence: Heuristics and illusions, W: Gopher D., Koriat A. [red.] *Attention and performance XVII. Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application*, Cambridge, MA: MIT Press, s. 435-459.
 18. Bootsma, J.M., Hortobagyi, T., Rothwell, J.C., Caljouw, S.R. (2018). The role of task difficulty in learning a visuomotor skill. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(9), 1842-1849. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001635.
 19. Boyce, B.A., Del Rey, P. (1990). Designing applied research in a naturalistic setting using a contextual interference paradigm. *Journal of Human Movement Studies*, 18, 189-200.
 20. Brady, F. (1998). A Theoretical and empirical review of the contextual interference effect and the learning of motor skills. *Quest*, 50(3), 266-293. DOI: 10.1080/00336297.1998.10484285.
 21. Brady, F. (2008). The contextual interference effect and sport skills. *Perceptual and Motor Skills*, 106, 461-472. DOI:10.2466/pms.106.2.461-472.
 22. Broadbent, D.P., Causer, J., Ford, P.R., Williams, A.M. (2015). Contextual interference effect in perceptual-cognitive skills training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47, 1243-1250. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000530.

23. Bund, A., Wiemeyer, J. (2004). Self-controlled learning of a complex motor skill: effects of the learners' preferences on performance and self-efficacy. *Journal of Human Movement Studies*, 47, 215-236.
24. Buszard, T., Reid, M., Krause, L., Kovalchik, S., Farrow, D. (2017). Quantifying contextual interference and its effect on skill transfer in skilled youth tennis players. *Frontiers in Psychology*, 8:1931. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01931.
25. Caliarì, P. (2008). Enhancing forehand acquisition in table tennis: the role of mental practice. *Journal of Applied Sport Psychology*, 20(1), 88-96. DOI: 10.1080/10413200701790533.
26. Cao, Z., Xiao, Y., Lu, M., Ren, X., Zhang, P. (2020). The impact of eye-closed and weighted multi-ball training on the improvement of the stroke effect of adolescent table tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19, 43-51. PMID: 32132826; PMCID: PMC7039024.
27. Carter, M.J., Ste-Marie, D.M. (2017). Not all choices are created equal: task-relevant choices enhance motor learning compared to task-irrelevant choices. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24 (6), 1879-1888. DOI: 10.3758/s13423-017-1250-7.
28. Chiviawosky, S., Wulf, G. (2005). Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 42-48. DOI: 10.1080/02701367.2005.10599260.
29. Chiviawosky, S., Wulf, G., Laroque de Medeiros, F., Kaefer, A., Tani, G. (2008). Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79, 405-410. DOI: 10.1080/02701367.2008.10599505.
30. Chiviawosky, S., Wulf, G., Lewthwaite, R., Campos, T. (2012). Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 35, 601-605. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.12.003.
31. Choi, Y., Qi, F., Gordon, J., Schweighofer, N. (2008). Performance-based adaptive schedules enhance motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 40(4), 273-280. DOI: 10.3200/JMBR.40.4.273-280.
32. Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. DOI: 10.1037//0033-2909.112.1.155.
33. Correa, U.C., da Silva, S.L., Ferreira, T.R.S., Coimbrao, L.G., Tani, G. (2013). In searching of the "optimal" amount of constant practice in the constant-varied schedule:

- a looking to the ecological validity and task specificity. *Revista da Educação Física / UEM*, 24(2), 195-205. DOI: 10.4025/reveducfis.v24.2.17490.
34. Cross, E.S., Schmitt, P.J., Grafton, S.T. (2007). Neural substrates of contextual interference during motor learning support a model of active preparation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(11), 1854-1871. DOI: 10.1162/jocn.2007.19.11.1854.
 35. Czabański, B. (2000). *Kształcenie psychomotoryczne*. Wrocław: AWF.
 36. Czyż, S., Staszak, M. (2004). Contextual interferences and motor learning transfer and retention in children. *Human Movement*, 5(1), 13-18.
 37. Deci, E.L., Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
 38. Deci, E.L., Ryan, R.M. (2000). What is the self in self-directed learning? Findings from recent motivational research, W: Straka G.A. [red.] *Conceptions of self-directed learning*, New York: Waxmann, s. 75-92.
 39. Driskell, J.E., Willis, R.P., Copper, C. (1992). Effect of overlearning on retention. *Journal of Applied Psychology*, 77, 615-622. DOI: 10.1037/0021-9010.77.5.615.
 40. Duncan, M.J., Chan, C.K., Clarke, N.D., Cox, M., Smith, M. (2017). The effect of badminton specific exercise on badminton short-serve performance in competition and practice climates. *European Journal of Sport Science*, 17(2), 119-126. DOI: 10.1080/17461391.2016.1203362.
 41. Durey, A., Seydel, R. (1994). Perfecting of a ball bounce and trajectories simulation software: in order to predict the consequences of changing table tennis rules. *International Journal of Table Tennis*, 2, 15-32.
 42. Fairbrother, J.T., Laughlin, D.D., Nguyen, T.V. (2012). Self-controlled feedback facilitates motor learning in both high and low activity individuals. *Frontiers in Psychology*, 3, 323. DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00323.
 43. Farrow, D., Buszard, T. (2017). Exploring the applicability of the contextual interference effect in sports practice. *Progress in Brain Research*, 234, 69-83. DOI: 10.1016/bs.pbr.2017.07.002.
 44. 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, 175-191. DOI: 10.3758/BF03193146.
 45. Fazeli, D., Taheri, H., Kakhki, A.S. (2017). Random versus blocked practice to enhance mental representation in golf putting. *Perceptual and Motor Skills*, 124, 674-688. DOI: 10.1177/0031512517704106.

46. Feghhia, I., Valizadeha, R., Rahimpoura, M., Tehrania, M., Karampourb, S. (2015). Contextual interference in learning three table tennis services. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 546-549. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.04.427.
47. Fialho, J.V.A.P., Benda, R.N., Ugrinowitsch, H. (2006). The contextual interference effect in a serve skill acquisition with experienced volleyball players. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 65-78.
48. Finnoff, J.T., Newcomer, K., Laskowski, E.R. (2002). A valid and reliable method for measuring the kicking accuracy of soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5(4), 348-353. DOI: 10.1016/S1440-2440(02)80023-8.
49. Flores, M.A., Bercades, D., Florendo, F. (2010). Effectiveness of shadow practice in learning the standard table tennis backhand drive. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6, 105-110.
50. Freeston, J., Rooney, K. (2014). Throwing speed and accuracy in baseball and cricket players. *Perceptual and Motor Skills*, 118(3), 637-650. DOI: 10.2466/30.PMS.118k25w4.
51. Gentile, A.M., (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17, 3-23. DOI: 10.1080/00336297.1972.10519717.
52. Giuffrida, C.G., Shea, J.B., Fairbrother, J.T. (2002). Differential transfer benefits of increased practice for constant, blocked and serial practice schedules. *Journal of Motor Behavior*, 34, 353-365. DOI: 10.1080/00222890209601953.
53. Goode, S., Magill, R.A. (1986). Contextual interference effects in learning three badminton serves. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(4), 308-314. DOI: 10.1080/02701367.1986.10608091.
54. Goodwin, J.E., Goggin, N.L. (2018). An older adult study of concurrent visual feedback in learning continuous balance. *Perceptual and Motor Skills*, 125(6), 1160-1172. DOI: 10.1177/0031512518795758.
55. Goodwin, J.E., Meeuwsen, H.J. (1996). Investigation of the contextual interference effect in the manipulation of the motor parameter of over-all force. *Perceptual and Motor Skills*, 83, 735-743. DOI: 10.2466/pms.1996.83.3.735.
56. Grand, K.F., Daou, M., Lohse, K.R., Miller, M.W. (2017). Investigating the mechanisms underlying the effects of an incidental choice on motor learning. *Journal of Motor Learning and Development*, 5(2), 207-226. DOI: 10.1123/jmld.2016-0041.

57. Graser, J.V., Bastiaenen, C.H.G., van Hedel, H.J.A. (2019). The role of the practice order: a systematic review about contextual interference in children. *PLoS ONE*, 14(1): e0209979. DOI: 10.1371/journal.pone.0209979.
58. Grycan, J. (2007). *Integralny tenis stołowy. Jak sport może zmienić Twój świat na dużo lepsze miejsce do życia*. Kraków: J. Grycan Table Tennis Body Mind Training.
59. Guadagnoli, M.A., Aylsworth, B.J. (2013). Efficiency in transfer from the anchored to standard golf putter. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 8 (4), 755-768. DOI: 10.1260/1747-9541.8.4.755.
60. Guadagnoli, M.A., Holcomb, W.R., Weber, T.J. (1999). The relationship between contextual interference effects and performer expertise on the learning of a putting task. *Journal of Human Movement Studies*, 37, 19-36.
61. Guadagnoli, M.A., Lee, T.D. (2004). Challenge point: A framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 36, 212-224. DOI: 10.3200/JMBR.36.2.212-224.
62. Hall, F.H. (1989). *Learning and memory*. Boston: Allyn & Bacon.
63. Hall, K.G., Domingues, D.A., Cavazos, R. (1994). Contextual interference effects with skilled baseball players. *Perceptual and Motor Skills*, 78, 835-841. DOI: 10.1177/003151259407800331.
64. Hall, K.G., Magill, R.A. (1995). Variability of practice and contextual interference in motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 27, 299-309. DOI: 10.1080/00222895.1995.9941719.
65. Han, X. (2020). On statistical measures for data quality evaluation. *Journal of Geographic Information System*, 12(3), 178-187. DOI: 10.4236/jgis.2020.123011.
66. Hebert, E., Landin, D., Solmon, M.A. (1996). Practice schedule effects on the performance and learning of low- and high-skilled studies: an applied study. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 52-58. DOI: 10.1080/02701367.1996.10607925.
67. Hodges, N.J., Lohse, K., Wilson, A., Lim, S., Mulligan, D. (2014). Exploring the dynamic nature of contextual interference: previous experience affects current practice but not learning. *Journal of Motor Behavior*, 46(6), 455-467. DOI: 10.1080/00222895.2014.947911.
68. Hoffman, S.J. (1990). Relevance, application and the development of an unlikely theory. *Quest*, 42(2), 143-160. DOI: 10.1080/00336297.1990.10483986.

69. Hooyman, A., Wulf, G., Lewthwaite, R. (2014). Impacts of autonomy-supportive versus controlling instructional language on motor learning. *Human Movement Science*, 36, 190-198. DOI: 10.1016/j.humov.2014.04.005.
70. Huang, H-H., Hsueh, Y-C., Chen, Y-Y., Chang, T-J., Pan, K-M., Huang, K-S., Tsai, C-L. (2013). The dynamical analysis of table tennis forehand and backhand drives. *31 International Conference on Biomechanics in Sports*. Pobrane z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/5686> (dostęp z dnia 02.01.2021 r.).
71. Hume, P.A., Keogh, J., Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine*, 35(5), 429-449. DOI: 10.2165/00007256-200535050-00005.
72. Iino, Y., Kojima, T. (2009). Kinematics of table tennis topspin forehands: effects of performance level and ball spin. *Journal of Sports Sciences*, 27(12), 1311-1321. DOI: 10.1080/02640410903264458.
73. Iino, Y., Kojima, T. (2011). Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players. *Sports Biomechanics*, 10(4), 361-377. DOI: 10.1080/14763141.2011.629304.
74. Ivanek, V., Mikic, B., Corluka, M., Cerkez, I., Alic, A. (2016). Relations between motor abilities and technical and tactical characteristics of table tennis players. *Sports Science and Health*, 6 (1), 18-27. DOI:10.7251/siz.v11i1.2472.
75. Jaitner, D., Mess, F. (2019). Participation can make a difference to be competitive in sports: a systematic review on the relation between complex motor development and self-controlled learning settings. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 14 (2), 255-269. DOI: 10.1177/1747954118825063.
76. Jimenez-Diaz, J., Morera-Castro, M., Salazar, W. (2018). The contextual interference effect on the performance on fundamental motor skills in adults. *Human Movement*, 19 (1), 20-25. DOI: 10.5114/hm.2018.73608.
77. Kalkhoran, J.F., Shariati, A. (2012). The effects of contextual interference on learning volleyball motor skills. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(4), 550-556. DOI: 10.7752/jpes.2012.04081.
78. Kantak, S.S., Winstein, C.J. (2012). Learning-performance distinction and memory processes for motor skills: a focused review and perspective. *Behavioural Brain Research*, 228(1), 219-231. DOI: 10.1016/j.bbr.2011.11.028.

79. Katis, A., Giannadakis, E., Kannas, T., Amiridis, I., Kellis, E., Lees, A. (2013). Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 125-131. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.08.020.
80. Kearney, P.E. (2017). Enhancing practice through gradual increases in contextual interference. *Kinesiology*, 49(2), 270-272.
81. Keetch, K.M., Lee, T.D. (2007). The effect of self-regulated and experimenter-imposed practice schedules on motor learning for tasks of varying difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(5), 476-486. DOI: 10.1080/02701367.2007.10599447.
82. Keller, G.J., Li, Y., Weiss, L.W., Relyea, G.E. (2006). Contextual interference effect on acquisition and retention of pistol-shooting skills. *Perceptual and Motor Skills*, 103, 241-252. DOI: 10.2466/pms.103.1.241-252.
83. Khelifa, R., Aouadi, R., Shephard, R., Chelly, M.S., Hermassi, S., Gabbett, T.J. (2013). Effects of a shoot training programme with a reduced hoop diameter rim on free-throw performance and kinematics in young basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 497-504. DOI: 10.1080/02640414.2012.736634.
84. Kimbrough, S.K., Wright, D.L., Shea, C.H. (2001). Reducing the saliency of intentional stimuli results in greater contextual-dependent performance. *Memory*, 9(2), 133-143. DOI: 10.1080/09658210143000001.
85. Kirschenbaum, D.S. (1984). Self-regulation and sport psychology: Nurturing an emerging symbiosis. *Journal of Sport Psychology*, 6, 159-183. DOI: 10.1123/JSP.6.2.159.
86. Kulczycki, R. (2002). *Tenis stołowy bez tajemnic*. Gorzów Wielkopolski: Polski Związek Tenisa Stołowego.
87. Laborde, S., Dosseville, F.E., Leconte, P., Margas, N. (2009). Interaction of hand preference with eye dominance on accuracy in archery. *Perceptual and Motor Skills*, 108(2), 558-564. DOI: 10.2466/pms.108.2.558-564.
88. Lage, G.M., Vieira, M.M., Palhares, L.R., Ugrinowitsch, H., Benda, R.N. (2006). Practice schedule and number of skills as contextual interference factors in the learning of positioning timing tasks. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 185-200.
89. Landin, D., Hebert, E.P. (1997). A comparison of three practice schedules along the contextual interference continuum. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 357-361. DOI: 10.1080/02701367.1997.10608017.

90. Lee, M-H., Jayasinghe, S.A.L. (2020). Self-controlled practice and nudging during structural learning of a novel control interface. *PLoS ONE*, *15*(4): e0223810. DOI: 10.1371/journal.pone.0223810.
91. Lee, T.D., Magill, R.A. (1983). The locus of contextual interference in motor - skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology – Learning Memory and Cognition*, *9*, 730-746. DOI: 10.1037/0278-7393.9.4.730.
92. Lee, T.D., Magill, R.A. (1985). Can forgetting facilitate skill acquisition?, W: Goodman D., Wilberg R.B., Franks I.M. [red.] *Differing perspectives in motor learning, memory and control*, Amsterdam, Netherlands: NorthHolland, s. 3-22.
93. Lee, T.D., Magill, R.A., Weeks, D.J. (1985). Influence of practice schedule on testing schema theory predictions in adults. *Journal of Motor Behavior*, *17*, 283-299. DOI: 10.1080/00222895.1985.10735350.
94. Lee, T.D., Wishart, L.R. (2005). Motor learning conundrums (and possible solutions). *Quest*, *57*(1), 67-78. DOI: 10.1080/00336297.2005.10491843.
95. Lee, T.D., Wulf, G., Schmidt, R.A. (1992). Contextual interference in motor learning: Dissociated effects due to the nature of task variations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, A Human Experimental Psychology*, *44*, 627-644. DOI: 10.1080/14640749208401303.
96. Leiker, A.M., Bruzi, A.T., Miller, M.W., Nelson, M., Wegman, R., Lohse, K.R. (2016). The effects of autonomous difficulty selection on engagement, motivation, and learning during a motion-controlled video game task. *Human Movement Science*, *49*, 326-335. DOI: 10.1016/j.humov.2016.08.005.
97. Leiker, A.M., Pathania, A., Miller, M.W., Lohse, K.R. (2019). Exploring the neurophysiological effects of self-controlled practice in motor skill learning. *Journal of Motor Learning and Development*, *7*, 13-34. DOI: 10.1123/jmld.2017-0051.
98. Lessa, H.T., Chiviawosky, S. (2015). Self-controlled practice benefits motor learning in older adults. *Human Movement Science*, *40*, 372-380. DOI: 10.1016/j.humov.2015.01.013.
99. Lewthwaite, R., Chiviawosky, S., Drews, R., Wulf, G. (2015). Choose to move: the motivational impact of autonomy support on motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, *22*, 1383-1388. DOI: 10.3758/s13423-015-0814-7.
100. Machado, J.C., Barreira, D., Teoldo, I., Travassos, B., Júnior, J.B., Santos, J.O.L.D., Scaglia, A.J. (2019). How does the adjustment of training task difficulty level

- influence tactical behavior in soccer? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(3), 403-416. DOI: 10.1080/02701367.2019.1612511.
101. Magill, R.A. (2011). *Motor learning and control: Concepts and applications* (9th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
 102. Magill, R.A., Hall, K.G. (1990). A review of the contextual interference effect in skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241-289.
DOI: 10.1016/0167-9457(90)90005-X.
 103. Makaruk, H., Porter, J.M., Sadowski, J., Bodasińska, A., Zieliński, J., Niżnikowski, T., Mastalerz, A. (2019). The effects of combining focus of attention and autonomy support on shot accuracy in the penalty kick. *PLoS ONE*, 14(9): e0213487. DOI: 10.1371/journal.pone.0213487.
 104. Marchal-Crespo, L., van Raai, M., Rauter, G., Wolf, P., Riener, R. (2013). The effect of haptic guidance and visual feedback on learning a complex tennis task. *Experimental Brain Research*, 231, 277-291. DOI: 10.1007/s00221-013-3690-2.
 105. Maslovat, D., Chua, R., Lee, T.D., Franks, I.M. (2004). Contextual interference: single task versus multi-task learning. *Motor Control*, 8, 213-233. DOI: 10.1123/mcj.8.2.213.
 106. Mavvidis, A., Koronas, K., Riganas, C.H., Metaxas, T. (2005). The speed differences between forehand (fh) and backhand (bh) in intermediate level tennis players. *Kinesiology*, 37(2), 159-163.
 107. McCombs, M.L. (1989). Self-regulated learning and achievement: a phenomenological view, W: Zimmerman B.J., Schunk D.H. [red.] *Self-regulated learning and academic achievement theory, research and practice: Progress in cognitive development research*, New York: Springer, s. 51-82.
 108. Meeuwssen, H.J., Magill, R.A. (1991). Spacing of repetitions versus contextual interference effect in motor skill learning. *Journal of Human Movement Studies*, 6, 233-245.
 109. Meira, C.M., Tani, G. (2001). The contextual interference effect in acquisition of dart-throwing skill tested on a transfer test with extended trials. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3), 910-918. DOI: 10.2466/PMS.92.3.910-918.
 110. Meira, C.M., Tani, G. (2003). Contextual interference effects assessed by extended transfer trials in the acquisition of the volleyball serve. *Journal of Human Movement Studies*, 45, 449-468.

111. Melero Romero, C., Pradas de la Fuente, F., Vargas Corzo, C. (2005). Control biomedico del entrenamiento en tenis de mesa. Ejemplo de test de campo. *Revista Apunts: Educación física y Deporte*, 81, 67-76.
112. Memmert, D. (2006). Long-term effects of type of practice on the learning and transfer of a complex motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 103, 912-916. DOI: 10.2466/pms.103.3.912-916.
113. Memmert, D., Hagemann, N., Althoetmar, R., Geppert, S., Seiler, D. (2009). Conditions of practice in perceptual skill learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80, 32-43. DOI: 10.1080/02701367.2009.10599527.
114. Merbah, S., Meulemans, T. (2011). Learning a motor skill: effects of blocked versus random practice: a review. *Psychologica Belgica*, 51, 15-48. DOI: 10.5334/pb-51-1-15.
115. Michalski, S.C., Szpak, A., Saredakis, D., Ross, T.J., Billingham, M., Loetscher, T. (2019). Getting your game on: using virtual reality to improve real table tennis skills. *PLoS ONE*, 14(9): e0222351. DOI: 10.1371/journal.pone.0222351.
116. Molina, S.L., Bott, T.S., Stodden, D.F. (2019). Applications of the speed-accuracy trade-off and impulse-variability theory for teaching ballistic motor skills. *Journal of Motor Behavior*, 51(1), 1-8. DOI: 10.1080/00222895.2019.1565526.
117. Monfils, M.H., Plautz, E.J., Kleim, J.A. (2005). In search of the motor engram: motor map plasticity as a mechanism for encoding motor experience. *Neuroscientist*, 11, 471-483. DOI: 10.1177/1073858405278015.
118. Moretto, N.A., Marcori, A.J., Okazaki, V.H.A. (2018). Contextual interference effects on motor skills acquisition, retention and transfer in sport rifle shooting. *Human Movement*, 19 (2), 99-104. DOI: 10.5114/hm.2018.74065.
119. Muellbacher, W., Ziemann, U., Wissel, J., Dang, N., Kofler, M., Facchini, S., Boroojerdi, B., Poewe, W., Hallett, M. (2002). Early consolidation in human primary motor cortex. *Nature*, 415, 40-44. DOI: 10.1038/nature712.
120. Munivrana, G., Furjan-Mandic, G., Kondric, M. (2015). Determining the structure and evaluating the role of technical-tactical elements in basic table tennis playing systems. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 10, 111-132. DOI: 10.1260/1747-9541.10.1.111.
121. Neumann, D., Hohnke, E. (2018). Practice using performance goals enhances basketball free throw accuracy when tested under competition in elite players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(2), 296-304. DOI: 10.14198/jhse.2018.132.05.

122. Neumann, D., Thomas, P.R. (2008). A camera-based scoring system for evaluating performance accuracy during a golf putting task. *Behavior Research Methods*, 40(3), 892-897. DOI: 10.3758/brm.40.3.892.
123. North, J.S., Bezodis, N.E., Murphy, C.P., Runswick, O.R., Pocock, C., Roca, A. (2019). The effect of consistent and varied follow-through practice schedules on learning a table tennis backhand. *Journal of Sports Sciences*, 37 (6), 613-620. DOI: 10.1080/02640414.2018.1522683.
124. Ollis, S., Button, C., Fairweather, M. (2005). The influence of professional expertise and task complexity upon the potency of the contextual interference effect. *Acta Psychologica*, 118, 229-244. DOI: 10.1016/j.actpsy.2004.08.003.
125. Park, S.H., Casamento-Moran, A., Singer, M.L., Ernster, A.E., Yacoubi, B., Humbert, I.A., Christou, E.A. (2018). Integration of visual feedback and motor learning: corticospinal vs. corticobulbar pathway. *Human Movement Science*, 58, 88-96. DOI: 10.1016/j.humov.2018.01.002.
126. Parrington, L., MacMahon, C., Ball, K. (2015). How task complexity and stimulus modality affect motor execution: target accuracy, response timing and hesitations. *Journal of Motor Behavior*, 47(4), 343-351. DOI: 10.1080/00222895.2014.984649.
127. Patterson, J.T., Lee, T.D. (2010). Self-regulated frequency of augmented information in skill learning. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 63, 33-40. DOI: 10.1037/a0016269.
128. Pereira Cruz, M., Menezes Lage, G., Ribeiro-Silva, P.C., Fernandes Neves, T., de Oliveira Matos, C., Ugrinowitsch, H. (2018). Constant and random practice on learning of volleyball serve. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 20(6), 598-606. DOI: 10.5007/1980-0037.2018v20n6p598.
129. Perez, C.R., Meira, C.M., Tani, G. (2005). Does the contextual interference effect last over extended transfer trials? *Perceptual and Motor Skills*, 100(1), 58-60. DOI: 10.2466/pms.100.1.58-60.
130. Poolton, J.M., Masters, R.S.W., Maxwell, J.P. (2006). The influence of analogy learning on decision-making in table tennis: evidence from behavioural data. *Psychology of Sport and Exercise*, 7, 677-688. DOI: 10.1016/j.psychsport.2006.03.005.
131. Porter, C., Greenwood, D., Panchuk, D., Pepping, G-J. (2020). Learner-adapted practice promotes skill transfer in unskilled adults learning the basketball set shot.

- European Journal of Sport Science*, 20(1), 61-71.
DOI: 10.1080/17461391.2019.1611931.
132. Porter, J.M. (2017). Practicing with gradual increases in contextual interference: methods for testing the predictions of the parallel development hypothesis. *Kinesiology*, 49(2), 273-275.
 133. Porter, J.M., Beckerman, T. (2016). Practicing with gradual increases in contextual interference enhances visuomotor learning. *Kinesiology*, 48 (2), 244-250.
DOI: 10.26582/k.48.2.5.
 134. Porter, J.M., Magill, R.A. (2010). Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills. *Journal of Sports Sciences*, 28, 1277-1285. DOI: 10.1080/02640414.2010.502946.
 135. Porter, J.M., Saemi, E. (2010). Moderately skilled learners benefit by practicing with systematic increases in contextual interference. *International Journal of Coaching Science*, 4, 61-71.
 136. Post, P.G., Aiken, C.A., Laughlin, D.D., Fairbrother, J.T. (2016). Self-control over combined video feedback and modeling facilitates motor learning. *Human Movement Science*, 47, 49-59. DOI: 10.1016/j.humov.2016.01.014.
 137. Post, P.G., Fairbrother, J.T., Barros, J.A., Kulpa, J.D. (2014). Self-controlled practice within a fixed time period facilitates the learning of a basketball set shot. *Journal of Motor Learning and Development*, 2, 9-15. DOI: 10.1123/jmld.2013-0008.
 138. Post, P.G., Fairbrother, J.T., Barros, J.A.C. (2011). Self-controlled amount of practice benefits learning of a motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82, 474-481. DOI: 10.1080/02701367.2011.10599780.
 139. Raab, M., Masters, R.S., Maxwell, J.P. (2005). Improving the 'how' and 'what' decisions of elite table tennis players. *Human Movement Science*, 24(3), 326-344. DOI: 10.1016/j.humov.2005.06.004.
 140. Raczek, J. (1986). *Szkolenie młodzieży w systemie sportu wyczynowego*. Katowice: AWF.
 141. Rendell, M.A., Masters, R.S.W., Farrow, D., Morris, T. (2011). An implicit basis for the retention benefits of random practice. *Journal of Motor Behavior*, 43(1), 1-13. DOI: 10.1080/00222895.2010.530304.
 142. Ripoll, H. (1991). The understanding-acting process in sport: the relationship between the semantic and the sensorimotor visual function. *International Journal of Sport Psychology*, 22 (3/4), 221-243.

143. Robertson, E.M. (2009). From creation to consolidation: a novel framework for memory processing. *PLoS Biology*, 7:e19. DOI: 10.1371/journal.pbio.1000019.
144. Robertson, E.M., Cohen, D.A. (2006). Understanding consolidation through the architecture of memories. *Neuroscientist*, 12, 261-271. DOI: 10.1177/1073858406287935.
145. Robertson, E.M., Pascual-Leone, A., Miall, R.C. (2004). Current concepts in procedural consolidation. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 576-582. DOI: 10.1038/nrn1426.
146. Rogers, D.M., Monsell, S. (1995). The cost of predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207-231. DOI: 10.1037/0096-3445.124.2.207.
147. Rota, S., Morel, B., Saboul, D., Rogowski, I., Hautier, C. (2014). Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(1), 90-97. DOI: 10.1016/j.jelekin.2013.10.007.
148. Russell, D.M., Newell, K.M. (2007). How persistent and general is the contextual interference effect? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78 (4), 318-327. DOI: 10.1080/02701367.2007.10599429.
149. Sadowski, J. (2015a). Koordynacja ruchowa, W: Sozański H., Czerwiński J., Sadowski J. [red.] *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego Tom 2*, Biała Podlaska, Warszawa: AWF, s. 144-163.
150. Sadowski, J. (2015b). Przygotowanie techniczne – technika sportowa, W: Sozański H., Czerwiński J., Sadowski J. [red.] *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego Tom 2*, Biała Podlaska, Warszawa: AWF, s. 193-217.
151. Sadowski, J., Mastalerz, A., Niźnikowski, T. (2013). Benefits of bandwidth feedback in learning a complex gymnastic skill. *Journal of Human Kinetics*, 37, 183-193. DOI: 10.2478/hukin-2013-0039.
152. Saemi, E., Porter, J.M., Ghotbi-Varzaneh, A., Zarghami, M., Shafinia, P. (2012). Practicing along the contextual interference continuum: a comparison of three practice schedules in an elementary physical education setting. *Kinesiology*, 44, 191-198.
153. Safir, O., Williams, C.K., Dubrowski, A., Backstein, D., Carnahan, H. (2013). Self-directed practice schedule enhances learning of suturing skills. *Canadian Journal of Surgery*, 56 (6), E142-E147. DOI: 10.1503/cjs.019512.

154. Sampford, M.R. (1957). Methods of construction and analysis of serially balanced sequences. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 19(2), 286-304. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1957.tb00265.x.
155. Sanli, E.A., Patterson, J.T., Bray, S.R., Lee, T.D. (2013). Understanding self-controlled motor learning protocols through self - determination theory. *Frontiers in Psychology*, 3, 611, 1-17. DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00611.
156. Schmidt, A. (2012). Movement pattern recognition in basketball free-throw shooting. *Human Movement Science*, 31(2), 360-382. DOI: 10.1016/j.humov.2011.01.003.
157. Sekiya, H., Magill, R.A. (2000). The contextual interference effect in learning force and timing parameters of the same generalized motor program. *Journal of Human Movement Studies*, 39, 45-71.
158. Sekiya, H., Magill, R.A., Anderson, D.J. (1996). The contextual interference effect in parameter modification of the same generalized motor programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 59-68. DOI: 10.1080/02701367.1996.10607926.
159. Sekiya, H., Tanaka, Y. (2019). Movement modifications related to psychological pressure in a table tennis forehand task. *Perceptual and Motor Skills*, 126(1), 143-156. DOI: 10.1177/0031512518809725.
160. Shea, J.B., Morgan, R.L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology. Human Learning and Memory*, 5, 179-187. DOI: 10.1037/0278-7393.5.2.179.
161. Shea, J.B., Zimny, S.T. (1983). Context effects in memory and learning in movement information, W: Magill R.A. [red.] *Memory and control of action*, Amsterdam, Netherlands: North Holland, s. 345-366.
162. Shea, J.B., Zimny, S.T. (1988). Knowledge incorporation in motor representation, W: Meijer O.G., Roth K. [red.] *Complex motor behavior: "The" motor-action controversy*, Amsterdam, Netherlands: North Holland, s. 289-314.
163. Sigrist, R., Rauter, G., Marchal-Crespo, L., Riener, R., Wolf, P. (2015). Sonification and haptic feedback in addition to visual feedback enhances complex motor task learning. *Experimental Brain Research*, 233(3), 909-925. DOI: 10.1007/s00221-014-4167-7.
164. Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., Wolf, P. (2013). Terminal feedback outperforms concurrent visual, auditory and haptic feedback in learning a complex rowing-type task. *Journal of Motor Behavior*, 45(6), 455-472. DOI: 10.1080/00222895.2013.826169.

165. Sim, M., Kim, J.U. (2010). Differences between experts and novices in kinematics and accuracy of golf putting. *Human Movement Science*, 29(6), 932-946.
DOI: 10.1016/j.humov.2010.07.014.
166. Simon, D.A., Cullen, J.D., Lee, T.D. (2002). Win – shift / lose – stay: Contingent switching as an alternative to random practice? *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, S116.
167. Simon, D.A., Lee, T.D., Cullen, J.D. (2008). Win – shift, lose – stay: Contingent switching and contextual interference in motor learning. *Perceptual and Motor Skills*, 107, 407-418. DOI: 10.2466/PMS.107.6.407-418.
168. Smith, P.J. (2002). Applying contextual interference to snowboarding skills. *Perceptual and Motor Skills*, 95(3), 99-105. DOI: 10.2466/pms.2002.95.3.999.
169. Sneyd, S. (1994). *Basic coaching manual*. East Sussex, England: English Table Tennis Association.
170. Soderstrom, N.C., Bjork, R.A. (2015). Learning versus performance: an integrative review. *Perspectives on Psychological Science*, 10(2), 176-199.
DOI: 10.1177/1745691615569000.
171. Souza, M.G.T.X. de, Nunes, M.E.S., Correa, U.C., Santos, S. dos. (2015). The contextual interference effect on sport-specific motor learning in older adults. *Human Movement*, 16 (3), 112-118. DOI: 10.1515/humo-2015-0036.
172. Sozański, H. (2015). Trening sportowy, W: Sozański H., Czerwiński J., Sadowski J. [red.] *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego* Tom 2, Biała Podlaska, Warszawa: AWF, s. 27-42.
173. Sozański, H., Zaporozanow, W. (1993). *Kierowanie jako czynnik optymalizacji treningu*. Warszawa: RCMSzKFis.
174. Stanisz, A. (2007). *Przystępny kurs statystyki* Tom 2. Kraków: StatSoft Polska.
175. Starosta, W. (1989). Wybrane zagadnienia nauczania i doskonalenia techniki ruchu (na przykładzie sportów indywidualnych). *Antropomotoryka*, Kraków: PWN 2, s. 9-44.
176. Ste-Marie, D.M., Carter, M.J., Law, B., Vertes, K., Smith, V. (2016). Self-controlled learning benefits: exploring contributions of self-efficacy and intrinsic motivation via path analysis. *Journal of Sports Sciences*, 34, 1650-1656.
DOI: 10.1080/02640414.2015.1130236.

177. Ste-Marie, D.M., Clark, S.E., Findlay, L.C., Latimer, A.E. (2004). High levels of contextual interference enhance handwriting skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 36(1), 115-126. DOI: 10.3200/JMBR.36.1.115-126.
178. Titzer, R., Shea, J.B., Romack, J. (1993). The effect of learner control on the acquisition and retention of a motor task. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15 (Suppl.), S84.
179. Toriola, A.L., Toriola, O.M., Igbokwe, N.U. (2004). Validity of specific motor skills in predicting table tennis performance in novice players. *Perceptual and Motor Skills*, 98, 584-586. DOI: 10.2466/pms.98.2.584-586.
180. Van den Tillaar, R., Ulvik, A. (2014). Influence of instruction on velocity and accuracy in soccer kicking of experienced soccer players. *Journal of Motor Behavior*, 46(5), 287-291. DOI: 10.1080/00222895.2014.898609.
181. Vera, J.G., Montilla, M.M. (2003). Practice schedule and acquisition, retention, and transfer of a throwing task in 6-yr.-old children. *Perceptual and Motor Skills* 96(3), 1015-1024. DOI: 10.2466/pms.2003.96.3.1015.
182. Wadden, K.P., Hodges, N.J., De Asis, K.L., Neva, J.L., Boyd, L.A. (2019). Individualized challenge point practice as a method to aid motor sequence learning. *Journal of Motor Behavior*, 51(5), 467-485. DOI: 10.1080/00222895.2018.1518310.
183. Walker, M.P., Stickgold, R. (2004). Sleep-dependent learning and memory consolidation. *Neuron*, 44(1), 121-133. DOI: 10.1016/j.neuron.2004.08.031.
184. Wang, C.H., Chang, C.C., Liang, Y.M., Shih, C.M., Chiu, W.S., Tseng, P., Hung, D.L., Tzeng, O.J.L., Muggleton, N.G., Juan, C-H. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PLoS ONE*, 8(2): e55773. DOI: 10.1371/journal.pone.0055773.
185. Wang, M., Fu, L., Gu, Y., Mei, Q., Fu, F., Fernandez, J. (2018). Comparative study of kinematics and muscle activity between elite and amateur table tennis players during topspin loop against backspin movements. *Journal of Human Kinetics*, 64(1), 25-33. DOI: 10.1515/hukin-2017-0182.
186. Williams, C.K., Tseung, V., Carnahan, H. (2017). Self-control of haptic assistance for motor learning: influences of frequency and opinion of utility. *Frontiers in Psychology*, 8: 2082. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.02082.
187. Wrisberg, G.A., Liu, Z. (1991). The effect of contextual variety on the practice, retention, and transfer of an applied motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62, 406-412. DOI: 10.1080/02701367.1991.10607541.

188. Wu, W.F.W., Magill, R.A. (2011). Allowing learners to choose: self-controlled practice schedules for learning multiple movement patterns. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3), 449-457. DOI: 10.5641/027013611X13275191443784.
189. Wulf, G. (2007). Self-controlled practice enhances motor learning: implications for physiotherapy. *Physiotherapy*, 93(2), 96-101. DOI: 10.1016/j.physio.2006.08.005.
190. Wulf, G., Adams, N. (2014). Small choices can enhance balance learning. *Human Movement Science*, 38, 235-240. DOI: 10.1016/j.humov.2014.10.007.
191. Wulf, G., Chiviawowsky, S., Drews, R. (2015). External focus and autonomy support: two important factors in motor learning have additive benefits. *Human Movement Science*, 40, 176-184. DOI: 10.1016/j.humov.2014.11.015.
192. Wulf, G., Chiviawowsky, S., Lopez Cardozo P. (2014). Additive benefits of autonomy support and enhanced learning expectancies for motor learning. *Human Movement Science*, 37, 12-20. DOI: 10.1016/j.humov.2014.06.004.
193. Wulf, G., Lee, T.D. (1993). Contextual interference in movements of the same class: Differential effects on program and parameter learning. *Journal of Motor Behavior*, 25, 254-263. DOI: 10.1080/00222895.1993.9941646.
194. Wulf, G., Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: the OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 23(5), 1382-1414. DOI: 10.3758/s13423-015-0999-9.
195. Wulf, G., Raupach, M., Pfeiffer, F. (2005). Self-controlled observational practice enhances learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 107-111. DOI: 10.1080/02701367.2005.10599266.
196. Wulf, G., Shea, Ch.H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 185-211. DOI: 10.3758/BF03196276.
197. Young, D.E., Cohen, M.J., Husak, W.S. (1993). Contextual interference and motor skill acquisition: on the processes that influence retention. *Human Movement Science*, 12, 577-600. DOI: 10.1016/0167-9457(93)90005-A.
198. Zagatto, A.M., Papoti, M., Gobatto, C.A. (2008). Validity of critical frequency test for measuring table tennis aerobic endurance through specific protocol. *Journal of Sports Science & Medicine*, 7(4), 461-466. PMID: 24149951; PMCID: PMC3761906.

199. Zatoń, K., Szczepan, S. (2014). The impact of immediate verbal feedback on the improvement of swimming technique. *Journal of Human Kinetics*, 41, 143-154. DOI: 10.2478/hukin-2014-0042.
200. Zetou, E., Michalopoulou, M., Giazitzi, K., Kioumourtzoglou, E. (2007). Contextual interference effects in learning volleyball skills. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3), 995-1004. DOI: 10.2466/PMS.104.3.995-1004.

Spis tabel i rycin

Tabele

Tabela 1. Specyfika jednostki treningowej w tenisie stołowym, w której brali udział uczestnicy badań	39
--	----

Ryciny

Rycina 1. Schemat badań eksperymentalnych i oś czasu dla czterech grup (GB, GL, GSR, GWSLS)	38
Rycina 2. Ustawienie robota i miejsce wyrzutu piłki na stole: dla osób praworęcznych – poziom 3 (dla uderzeń bekhendem), poziom 17 (dla uderzeń forhendem) / dla osób leworęcznych – poziom 17 (dla uderzeń bekhendem), poziom 3 (dla uderzeń forhendem)	40
Rycina 3. Trajektoria lotu piłki wyrzuconej przez robota: poziom 6	41
Rycina 4. Tor poruszania się piłki po wyrzucie przez robota z pozycji top-spin – widok z boku	41
Rycina 5. Sposób kalibracji miejsca wyrzutu piłki przez robota (wyrzut 5 piłek w środkowy cel)	42
Rycina 6. Zaznaczone obszary punktowe po przeciwnej stronie stołu: 1,2,3 – 3 pkt; 4,5,6 – 2 pkt; 7,8,9 – 1 pkt	43
Rycina 7. Krzywa tempa uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w GB, GL, GSR i GWSLS w trakcie eksperymentu (14 sesji treningowych)	45
Rycina 8. Efekt uczenia się i doskonalenia dokładności uderzenia bekhendowego w grupach: GB, GL, GSR i GWSLS na podstawie ES	47
Rycina 9. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR przed eksperymentem i bezpośrednio po jego zakończeniu	48

Rycina 10. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu i 3 godziny później	49
Rycina 11. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu i 24 godziny później	50
Rycina 12. Średnia liczba punktów odnotowana w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR bezpośrednio po zakończeniu eksperymentu i w teście transferu	51
Rycina 13. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w post-teście w stosunku do pre-testu	52
Rycina 14. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w I teście trwałości uczenia się w stosunku do pre-testu ...	53
Rycina 15. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w opóźnionym teście trwałości uczenia się w stosunku do pre-testu	54
Rycina 16. Wielkość efektu uczenia się i doskonalenia na podstawie ES w grupach: GB, GL, GWSLS i GSR w teście transferu w stosunku do pre-testu	55
Rycina 17. Przyrosty ES odnotowane przez GB po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]	56
Rycina 18. Przyrosty ES odnotowane przez GL po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]	56
Rycina 19. Przyrosty ES odnotowane przez GWSLS po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]	57
Rycina 20. Przyrosty ES odnotowane przez GSR po ukończeniu 14 sesji treningowych w porównaniu do pre-testu [%]	58

Aneks

1. Średnie i odchylenia standardowe punktów zdobytych podczas testów przez grupy eksperymentalne

	GB		GL		GSR		GWSLS	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
pre-test	177.63	26.06	181.56	29.49	180.13	26.80	182.81	27.86
post-test	206.13	24.96	220.81	24.63	209.56	19.34	213.88	27.90
I test trwałości uczenia się	204.13	25.80	220.63	27.43	207.69	24.81	211.31	25.72
opóźniony test trwałości uczenia się	199.75	25.60	221.38	26.48	217.88	19.45	214.19	28.95
test transferu	199.38	27.32	216.06	29.92	205.44	18.92	208.06	23.29

2. Średnie i odchylenia standardowe punktów zdobytych podczas 14 sesji treningowych przez grupy eksperymentalne

	GB		GL		GSR		GWSLS	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1 trening	93.94	13.54	89.38	17.21	92.13	12.78	93.19	18.17
2 trening	92.63	16.52	92.69	17.62	88.44	10.53	94.56	15.33
3 trening	94.19	14.92	92.88	17.48	95.63	11.70	98.31	16.04
4 trening	95.75	12.67	95.25	15.10	95.56	12.50	99.00	19.83
5 trening	98.44	15.59	100.69	18.77	97.06	11.48	103.75	12.04
6 trening	97.69	13.82	99.94	18.86	101.06	9.70	103.38	16.06
7 trening	97.88	11.55	101.81	15.70	101.50	13.34	103.44	12.93
8 trening	98.06	15.16	101.81	19.61	100.63	12.12	105.19	14.40
9 trening	100.25	12.52	106.13	13.62	105.50	11.82	107.69	17.31
10 trening	98.69	12.42	104.50	17.90	103.25	13.70	108.25	15.20
11 trening	99.25	13.36	103.38	14.11	101.63	14.39	109.06	18.16
12 trening	98.88	14.33	103.94	16.99	104.38	10.63	109.88	17.82
13 trening	100.69	14.37	107.81	14.12	103.56	9.23	103.31	15.43
14 trening	100.50	16.32	109.81	13.46	103.38	8.56	103.69	14.98

Załączniki

Załącznik nr 1 (Opinia o zgodności projektu badania naukowego z zasadami etycznymi)

Senacka Komisja ds. Etyki Badań Naukowych
Akademii Wychowania Fizycznego
JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO w Warszawie
00-968 Warszawa 48, skr. poczt. 55
ul. Marymoncka 34, tel./fax 022 834-95-14

SENACKA KOMISJA ETYKI BADAŃ NAUKOWYCH
AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO
Warszawa, ul Marymoncka 34

**OPINIA O ZGODNOŚCI PROJEKTU BADANIA NAUKOWEGO
Z ZASADAMI ETYCZNYMI**

Tytuł badania (pełny i skrócony, jeśli dotyczy)
Efektywność treningu dokładności uderzenia bekhendowego w tenisie stołowym w zależności od zróżnicowanego protokołu szkoleniowego.

Kierownik badania
Imię i nazwisko: Weronika Luba
Stopień/tytuł naukowy: mgr
Stanowisko:
Kierunek/stopień/rok studiów (dot. studenta/doktoranta): studia doktoranckie, III rok
Uczelnia/Wydział/Katedra/Zakład: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie/ Wydział Wychowania Fizycznego

Po uważnym zapoznaniu się z przedłożoną dokumentacją projektu w/w badania naukowego, Komisja Etyki Badań Naukowych wydała:

POZYTYWNA OPINIE o zgodności tego projektu badania naukowego z zasadami etycznymi. Komisja stwierdziła, że projekt jest zgodny ze standardami etyki badań naukowych i może być realizowany.

WARUNKOWO POZYTYWNA OPINIE o zgodności tego projektu badania naukowego z zasadami etycznymi. Komisja stwierdziła, że projekt może być realizowany pod warunkiem, że we wskazanym niżej terminie Wnioskodawca wprowadzi do niego wskazane zmiany i przedłoży poprawiony projekt Komisji do ponownego zapiniowania w trybie § 10 Regulaminu Komisji.

NEGATYWNA OPINIE o zgodności tego projektu badania naukowego z zasadami etycznymi. Komisja stwierdziła, że projekt nie spełnia podstawowych standardów etyki badań naukowych i nie może być realizowany.

Uzasadnienie opinii/Określenie warunków dla opinii warunkowo pozytywnej

Projekt jest zgodny ze standardami etyki badań naukowych.

Warszawa, 31.07.2019 r.
SKE 01-22/2019

Podpis przewodniczącego Senackiej Komisji
Etyki Badań Naukowych

PRZEWODNICZĄCA
Senackiej Komisji
Etyki Badań Naukowych
Prof. dr hab. Alcja P. [redacted]