

# ZDOLNOŚĆ RÓZNICOWANIA KINESTETYCZNEGO A SZYBKOŚĆ MOTORYCZNEGO UCZENIA SIĘ

Rafał Wołk

*Zakład Sportów Zimowych i Wodnych, Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław*

## 1 WSTĘP

Czucie głębokie – inaczej zwane zdolnością różnicowania kinestetycznego – często określa się jako szósty zmysł człowieka. Pozwala ono na pełną percepcję i kontrolę własnych ruchów; umożliwia świadome i precyzyjne postrzeganie siły, czasu i przestrzeni w toku czynności motorycznych pod kątem najkorzystniejszego rozwiązania całego zadania ruchowego [8, 1].

Dotychczas metody badania tej właściwości organizmu są dość dowolne. Jak dotąd nikt nie podjął się próby unifikowania jej pomiaru choć próby są czynione [14, 19]. Być może przyczyną tego stanu tkwią w apriorycznym uznaniu specyficzności tych wrażeń. Ogólna zgoda co do wagi wrażliwości kinestetycznej w identyfikacji zdolności motorycznych upoważnia do podjęcia tego problemu w prezentowanej pracy. Jest nim próba szczegółowego przedstawienia sposobów pomiarów oraz możliwości interpretacyjnych tych zdolności motorycznych, które przejawiają się w dokładności (precyzji) działań ruchowych. Dostępność metod może być czynnikiem wdrożenia do praktyki wychowania fizycznego i sportu kontroli tych uzdolnień motorycznych, które mają podstawowe znaczenie w rozwoju umiejętności ruchowych.

Dotychczasowe doświadczenia dowiodły [23, 24], że im wyższy poziom różnicowania kinestetycznego prezentuje człowiek tym osiąga lepszy poziom sterowania ruchami.

Mając na uwadze wszystkie wyżej przedstawione sugestie *przyjęto cel pracy, którym jest próba oceny zdolności różnicowania kinestetycznego oraz porównanie jej poziomu ze skutecznością uczenia się nowych czynności ruchowych.*

Hipotezy:

- Identyfikacja zdolności różnicowania kinestetycznego w oparciu o oddzielne oceny powtarzalności: *momentów sił prostowników stawu kolanowego w statyce, amplitudy ruchu w tym stawie* (bez zmian oporu zewnętrznego) *oraz ruchów dynamicznych (skoku obunóż z miejsca w górę)* w których nakładają się zmiany oporu i amplitudy, może wskazać ich znaczenie w procesie uczenia się

nowych czynności ruchowych (na przykładzie narciarstwa zjazdowego).

- Wysoki poziom różnicowania kinestetycznego stwarza podstawy dokładnego sterowania ruchami zgodnie z umysłowym programem realizowanych czynności. Zdając sobie sprawę z istnienia wrażeń kinestetycznych odbieranych przez organizm, jesteśmy w stanie dokładniej rozwiązywać zadania ruchowe, odbierać i korygować błędy, trwalej zapamiętywać nowe czynności, co może sprzyjać większemu postępowi w motorycznym uczeniu się.

## 2 MATERIAŁ I METODY

### 2.1 *Material*

Badaniom poddano 66 studentów II roku AWF Wrocław. Podstawową charakterystykę badanych przedstawia tabela 1. Studenci do badań przystępowali dobrowolnie. Ochotnicy na pierwszym spotkaniu byli informowani o celu badań, przebiegu prób i ich organizacji.

Tabela 1. Wartości średnie ( $\bar{x}$ ), odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) oraz rozpiętość (min, max) wieku i podstawowych parametrów morfologicznych w całej grupie badanych (N=66).

Cecha	x		Rozpiętość		Jednostka $\sigma$
	min	max	min	max	
wiek					
lata					
0,92			20,42	21,84	23,83
wysokość ciała		cm			
180,45	5,34		170		
190					
masa ciała					kg
		76,95	8,02		
		102,8			
54,37					

W związku z przyjętym celem pracy badania zrealizowano w dwóch etapach. W pierwszym za pomocą testu trójkąta Haczkiwicza, oceniono poziom tzw. zmiennych zależnych którym był postęp w uczeniu się jazdy na nartach. W etapie drugim wykonano pomiary zmiennych niezależnych tj. zdolności różnicowania kinestetycznego.

## 2.2 Pomiar sprawności narciarskiej – testem Haczkiwicza

Test wykonany został w czasie programowych kursów narciarskich realizowanych przez studentów II roku studiów stacjonarnych AWF w grudniu 1996 roku oraz w styczniu 1997 roku i obejmował pomiar sprawności narciarskiej (uzdolnień ruchowych).

W pierwszym dniu kursu następował podział na grupy ćwiczebne o różnym stopniu zaawansowania narciarskiego. W kursie uczestniczyli studenci, którzy potrafili jeździć na nartach i nie posiadający tej umiejętności. W tym celu posłużono się testem Haczkiwicza [11]. Badani wykonywali test na stoku o nachyleniu 15°. Tor próby wyznacza figura trójkąta równoramiennego, którego podstawa zwrócona jest ku górze stoku. Długość ramion trójkąta wynosi 10 m. Czas przejazdu jako wynik próby, mierzono z dokładnością do 0,01 s.

Zastosowany test służył nie tylko do podziału na grupy ćwiczebne o podobnym stopniu zaawansowania narciarskiego, ale były też narzędziem oceny postępów w nauczaniu narciarstwa (przyrostu umiejętności). Test ten powtórzono w piątym i dziesiątym (ostatnim) dniu kursu. Uzyskane w teście wyniki poddano podstawowym obliczeniom statystycznym (średnia, odchylenie standardowe) oraz obliczono istotność różnic między średnimi czasów w kolejnych pomiarach.

## 2.3 Pomiar zdolności różnicowania kinestetycznego

Przeprowadzono pomiary powtarzalności ruchów w celu oceny zdolności różnicowania

kinestetycznego ([10], Characteristic of strength manifestation of lower limbs' kinesthetic-differentiation ability in alpine skiers, w; materiałach konferencyjnych International Conference on Physical Education and Sports of Children and Youth, 13-16. 08.1995, Bratysława Gerhát 1995 Kinesthetic differentiation abilities of young soccer players, w; materiałach konferencyjnych International Conference on Physical Education and Sports of Children and Youth, 13-16. 08.1995, Bratysława).

### 2.3.1 Pomiar powtarzalności momentów sił mięśniowych prostowników stawu kolanowego w statyce

Eliminując zbędne stopnie swobody stabilizowano pozycję w trakcie badań, która była identyczna przy wszystkich pomiarach wykonanych na momentomierzu (co ma znaczenie formalne). Stabilizacja pozycji oraz wyeliminowanie drogi daje możliwość zbadania wrażliwości kinestetycznej w statyce tj. wówczas kiedy nie następuje przestrzenne przemieszczenie żadnej z części ciała względem siebie. Dodatkowo pomiar maksymalnego momentu siły mięśniowej, przy danym kącie w stawie, stworzył możliwość ustalenia procentowego – względnego zakresu siły używanej w dalszych częściach postępowania badawczego. Pomiar przeprowadzono oddzielnie dla prawej i lewej kończyny dolnej przy kącie 70° w stawie kolanowym. Wielkość kąta wybrano przyjmując optymalną pozycję kątową dla prostowników stawu kolanowego umożliwiających pomiar maksymalnego momentu siły [5]. Przy tym samym kącie mierzono powtarzalność uruchamianego momentu siły w trzech (wybranych w następstwie pomiaru maksymalnego momentu) zakresach.

W badaniu posługiwano się urządzeniem do pomiaru momentów sił mięśniowych w statyce UPR-1A produkcji polskiej oprogramowanym w taki sposób, aby wyniki mogły być w postaci cyfrowej rejestrowane przez komputer.

Przebieg próby:

Pierwsza część badania polegała na pomiarze maksymalnego momentu siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego ( $M_{max}$ ). Badany przyjmował pozycję siedzącą w fotelu urządzenia, gdzie za pomocą skórzanych pasów stabilizowano jego pozycję. Długość dźwigni oporowej z poprzeczną poduszką, na którą miał działać, była dopasowywana indywidualnie – zależnie od rozmiarów ciała (długości kończyn dolnych). Zadaniem badanego było podjąć próbę wyprostowania kończyny dolnej w stawie kolanowym z maksymalną siłą. Z uzyskanego – indywidualnego pomiaru momentu

maksymalnego obliczono trzy procentowe zakresy siły (0–30%, 31–60%, 61–90%), w których odbywała się dalsza część badania polegająca na pomiarze powtarzalności napięć mięśni (momentów sił) prostowników stawu kolanowego w tych zakresach. Przyjęto bowiem, że przy różnym zakresie uruchamianej siły, powtarzalność momentów może się zmieniać.

Pozostając w tej samej pozycji badany miał za zadanie (w przybliżonym czasie co 2 s) dziesięciokrotnie naciskać na poprzeczkę oporującą przez napinanie (skurecz) prostowników stawu kolanowego, starając się aby naciski odbywały się zawsze z tą samą siłą.

Pierwszy pomiar różnicowania momentów sił mięśniowych prostowników stawu kolanowego dokonywany był w zakresie 0–30%, drugi w 31–60% i trzeci w 61–90% maksymalnego momentu siły ( $M_{\max}$ ), oddzielnie dla lewej i prawej kończyny dolnej. W trakcie próby badany nie był informowany o uzyskiwanych wynikach. Przed każdym pomiarem badany wykonywał pięć naciśnień próbnych, podczas których informowano go o sile nacisku. Dla każdego badanego w każdym zakresie obliczono wskaźnik dokładności powtórzeń momentów siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego (WD), wyrażony w jednostkach umownych [ $\sigma$ ].

Wskaźnik ten obliczono według wzoru:

$$\diamond \text{ WD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{M} - M_i)^2}{10}} \quad \left| \text{ – wskaźnik dokładności wykonania próby;} \right.$$

gdzie:

$M_i$  – wartość momentu siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego w  $i$ -tej próbie,

$\bar{M}$  – wartość średnia momentu siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego z 10 prób.

Oprócz tego zmierzono i obliczono następujące parametry: maksymalny moment siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego w [Nm], średni moment siły mięśniowej prostowników stawu kolanowego w trzech zakresach (0–30 %max, 31–60 %max i 61–90 %max) w [Nm] i względną wartość momentu siły mięśniowej (w stosunku do wartości maksymalnej), również w trzech zakresach w [%]. Nie okazały się one jednak istotne w dalszej analizie wyników.

### 2.3.2 Badanie powtarzalności zakresu ruchu (amplitudy) w stawie kolanowym (prostowanie) za pomocą elektrogoniometru

Z kolei pomiar powtarzalności prostowania kończyny dolnej w stawie kolanowym bez zadanego oporu zewnętrznego (jedynym elementem zmieniającym moment siły w stawie jest w tym wypadku masa poruszanej kończyny) pozwolił zmierzyć dokładność różnicowania kinestetycznego (świadomą kontrolę zakresu wykonywanego ruchu) w jej innym przejawie – drogi.

W badaniu posłużono się elektrogoniometrem, służącym do pomiaru ruchomości stawów człowieka. Główną częścią urządzenia jest potencjometr jednoobrotowy o pojemności 1000  $\Omega$ . Jego korpus znajduje się na sztywnym ramieniu, które za pomocą elastycznych pasków mocowano wzdłuż uda. Druga część, ruchoma krzywka w kształcie cyfry jeden, obracała się w osi potencjometru i była za pomocą gumy przytwierdzona do podudzia na wysokości zewnętrznej kostki, co nie powodowało przemieszczania się ramion goniometru w stosunku do pierwotnego zamocowania podczas pomiarów. Urządzenie połączone było z komputerem poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy. Do zbierania i analizy wyników posłużono się programem BioWare<sup>®</sup> szwajcarskiej firmy Kistler.

Przebieg próby:

Badany siedząc w fotelu stanowiska pomiarowego miał za zadanie prostować kończynę dolną z założonym elektrogoniometrem (na wysokości stawu kolanowego, oś obrotu potencjometru pokrywała się z osią obrotu stawu kolanowego) do zadanej pozycji (około 130°), którą wyznaczała poprzeczka i starać się zapamiętać tę pozycję. Po pięciokrotnym powtórzeniu tego ruchu badany dziesięciokrotnie odtwarzał zapamiętaną wielkość wyprostu, ale już bez poprzeczki. W czasie całego pomiaru badany miał zasłonięte oczy, tak by nie mógł wzrokiem kontrolować zakresu ruchu (prostowanie kolana). Pomiaru dokonano oddzielnie prawą i lewą kończyną dolną. Uzyskane wyniki rejestrowano za pomocą komputera. Dla każdego badanego obliczono następujące parametry charakteryzujące badaną zdolność:

$$\diamond \text{ SB}\bar{L}_{(+)} = \sum_{j=1}^k (x_{wz} - x_j) \quad \left| \text{ – suma błędów powyżej wzorca w } [^\circ]; \right.$$

gdzie:

$x_{wz}$  – zadana wartość (wzorec),

$x_j$  – kolejne wyniki pomiarów w próbie

powyżej wzorca (wyprost kończyny dolnej w stawie kolanowym przekroczył poziom wyznaczony przez wzorec);

$j = 1, 2, \dots, k$  – liczba wykonanych powtórzeń powyżej wzorca,

$$\diamond \text{ SB}\bar{L}_{(-)} = \sum_{j=1}^k (x_{wz} - x_j) \quad \left| \text{ – suma błędów powyżej wzorca w } [^\circ]; \right.$$

gdzie:

$x_{wz}$  – zadana wartość (wzorec),

$x_j$  – kolejne wyniki pomiarów w próbie poniżej

wzorca (wyprost kończyny dolnej w stawie kolanowym nie osiągnął poziomu wyznaczonego przez wzorec);

$j = 1, 2, \dots, k$  – liczba wykonanych powtórzeń poniżej wzorca,

♦  $SBL_{abs} = \sum_{i=1}^{10} |x_{wz} - x_i|$  – bezwzględna suma błędów  
w [°];

gdzie:

$x_{wz}$  – zadana wartość (wzorec),

$x_j$  – kolejne wyniki pomiarów w próbie;

♦  $WDP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10}}$  – wskaźnik dokładności  
powtórzeń w jednostkach umownych [σ];

gdzie:

$x_{wz}$  – wartość kątowa prostowania stawu kolanowego  
w *i*-tej próbie,

$x_j$  – wartość średnia powtarzalności zakresu ruchu  
(prostowania) stawu kolanowego.

### 2.3.3 Badanie dokładności powtórzeń ruchów dynamicznych (skok obunóż z miejsca w górę) z wykorzystaniem platformy Kistlera

Ze względu na duże znaczenie dynamicznych zachowań ruchowych podczas jazdy na nartach – równie ważnych jak statycznych – [4, 9], poszukując zmiennych niezależnych determinujących skuteczność uczenia się tych czynności, podjęto próbę badania zdolności różnicowania kinestetycznego podczas ruchów dynamicznych.

W badaniach posłużono się platformą dynamometryczną 928 01B 13 firmy Kistler produkcji szwajcarskiej. Platforma jest wyposażona w cztery czujniki piezoelektryczne mierzące siłę reakcji podłoża w trzech płaszczyznach. Połączona ona jest z ośmiokanałowym wzmacniaczem tensometrycznym 9863A firmy Kistler. Wzmacniacz łączy się poprzez przetwornik analogowo cyfrowy z komputerem IBM 486 DX wyposażonym w program BioWare® 2.0 dostarczonym przez producenta platformy do zbierania i analizy danych.

Przebieg próby:

Pierwsza część badania polegała na pomiarze sił reakcji podłoża w skoku obunóż z miejsca w górę na maksymalną wysokość. Przed pomiarem właściwym badany wykonywał trzy wysoki próbnie.

Na podstawie wyniku otrzymanego z pomiaru maksymalnego skoku w górę, obliczono trzy zakresy: 0–30%, 31–60%, 61–90%, które miały służyć do interpretacji części właściwej badań. Z tego powodu badany miał wykonać w I zakresie skoki o niskiej amplitudzie, w II zakresie o średniej amplitudzie i w III zakresie o dużej, co uzgadniano w trybie subiektywnym. Po zakończonych pomiarach kwalifikowano wszystkie parametry do ustalonego zakresu. Badany wykonywał skok obunóż z miejsca w górę o uzgodnionej amplitudzie (małej, średniej

i dużej), a następnie dziewięciokrotnie starał się go powtórzyć. Wyniki sił reakcji podłoża rejestrowano za pomocą komputera. Dla każdego badanego obliczono wskaźnik dokładności powtórzeń wysokości skoku [DP<sub>h</sub>] wyrażony w jednostkach umownych [σ].

Wskaźnik ten obliczono według wzoru:

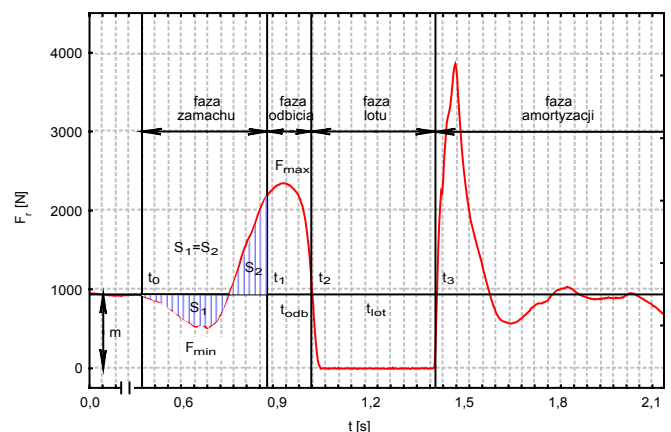
♦  $DP_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (h_i - \bar{h})^2}{10}}$  – wskaźnik dokładności  
powtórzeń wysokości skoku;

gdzie:

$h_i$  – wysokość skoku w *i*-tej próbie,

$\bar{h}$  – średnia wysokość skoku danego zakresu skoków.

Oprócz tego zmierzono i obliczono następujące parametry: siłę minimalną, maksymalną w [N], pracę w [J], moc w [W], wysokość skoku w [m] dla trzech zakresów (0–30 %max, 31–60 %max i 61–90 %max) i maksymalną wartość każdej cechy. Względna wysokość skoku w trzech zakresach (0–30 %max, 31–60 %max i 61–90 %max). Nie okazały się one jednak istotne w analizie wyników w dalszej części pracy.



Rys. 1. Przykładowy zapis siły reakcji podłoża i oznaczenia parametrów uzyskanych ze skoku obunóż z miejsca w górę na platformie dynamometrycznej

Dalszą część analizy poprzedziło podzielenie wszystkich badanych (N=66) na trzy grupy. Punktem wyjścia do ustalenia składu poszczególnych grup, było przyjęcie założenia o indywidualnych różnicach w poziomie zdolności różnicowania kinestetycznego. Do grupy A zakwalifikowani zostali studenci, którzy w testach laboratoryjnych uzyskali najlepsze wyniki powtarzania ruchu, do B – gorsze i do C – najgorsze. Do wykonania podziału posłużono się jedną z metod analizy skupień.

Pojęcie analizy skupień obejmuje kilka różnych algorytmów klasyfikacji. W pracy posłużono się metodą aglomeracji. Algorytm ten ma na celu łączenie obiektów w coraz to większe wiązki z zastosowaniem pewnej miary podobieństwa lub odległości. Typowym wynikiem tego typu grupowania jest hierarchiczne drzewo. Na wykresie obiekty podobne leżą blisko siebie tworząc odrębne skupienia. Przy formowaniu skupień wykorzystywane są miary niepodobieństwa lub odległości pomiędzy obiektami. Mogą to być odległości w jednym lub wielu wymiarach. Do wyznaczenia miar

odległości pomiędzy obiektami zastosowano obliczenie odległości euklidesowej (odległość geometryczna w przestrzeni wielowymiarowej).

W kolejnym etapie następuje wiązanie podobnych do siebie skupień powstałych z powiązania obiektów. Spośród oferowanych przez program możliwości wybrano metodę pojedynczego wiązania (najbliższego sąsiedztwa).

Jak wcześniej wspomniano poszukiwano osobników podobnych do siebie pod względem zdolności różnicowania kinestetycznego w trzech zastosowanych metodach pomiaru tej właściwości. Do analizy wybrano następujące parametry: wskaźnik dokładności powtórzeń momentu siły w prostownikach stawu kolanowego (WD) w I, II i III zakresie, (wskaźnik dokładności powtórzeń zakresu ruchu w stawach kolanowych (WDP) i wskaźnik dokładności odtworzeń wysokości skoku ( $DP_h$ ) w I, II i III zakresie. Otrzymałoby pełny przebieg aglomeracji z podaniem odległości wiązań oraz hierarchiczny wykres drzewkowy. Pozwoliło to na wydzielenie trzech grup:

- A – studenci o dużej zdolności różnicowania kinestetycznego (N=21),
- B – studenci o niższej zdolności różnicowania kinestetycznego (N=19),
- C – studenci o najniższych zdolnościach różnicowania kinestetycznego (N=26).

W celu potwierdzenia trafności klasyfikacji, podzielony materiał poddano analizie dyskryminacji.

Celem analizy jest określenie, która ze zmiennych pozwala w najlepszy sposób dokonać dyskryminacji w obrębie badanych grup, czyli czy grupy różnią się ze względu na średnią pewnej zmiennej, a następnie wykorzystanie średniej tej zmiennej do przewidywania przynależności do grup.

Dalej dla każdej grupy w próbie określono położenie punktu reprezentującego średnie dla wszystkich zmiennych w przestrzeni wielowymiarowej zdefiniowanej przez zmienne. Punkty te nazywają się centroidami. Dla każdego przypadku obliczono odległości Mahalanobisa<sup>1</sup> (danego przypadku) od każdego z centroidów grupowych, a następnie zakwalifikowano przypadek do grupy, której jest najbliższy, to znaczy do tej, do której odległość Mahalanobisa jest najmniejsza. Zmiennymi były cechy zastosowane w analizie skupień. Uzyskano prawie 81% trafność doboru poszczególnych osobników do grup. Co oznacza wysoką trafność zastosowanej metody doboru.

Wyniki wszystkich badań opracowano posługując się metodami znajdującymi się w pakiecie *STATISTICA*. Obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, minimum, maksimum, test Studenta dla próbek zależnych (w obrębie tej samej grupy) i niezależnych (pomiędzy grupami). Do wykazania zależności pomiędzy wynikami sprawności narciarskiej i parametrami różnicowania kinestetycznego obliczono korelacje prostą.

W celu zbadania związków między wieloma zmiennymi niezależnymi (parametry różnicowania kinestetycznego), a zmienną zależną (wyniki sprawności narciarskiej) posłużono się metodą regresji wielokrotnej.

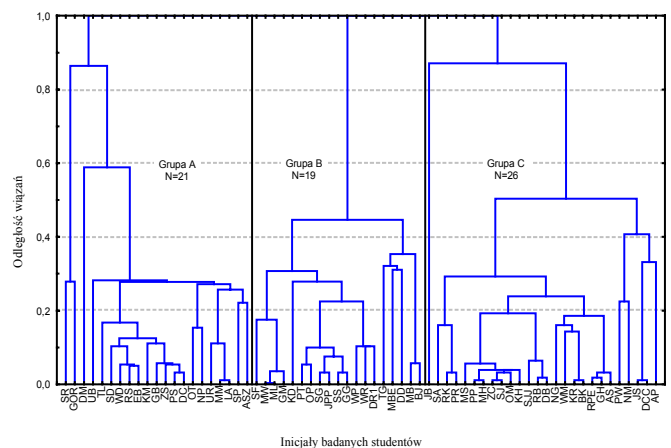
Przyjęto ponadto rozpatrywanie istotności statystyk na poziomie ufności,  $p \leq 0,05$ .

Otrzymane wyniki przedstawiono w postaci tabel i histogramów, które stworzono w oparciu o program graficzny zawarty w programie *STATISTICA*.

### 3 WYNIKI BADAŃ

#### 3.1 Wyniki badań po zastosowaniu podstawowych statystyk w trzech wydzielonych grupach (A, B i C)

Używając statystycznej techniki analizy skupień podzielono całą grupę badanych według stopnia zdolności różnicowania kinestetycznego (N = 66) na trzy grupy: A = 21 osób, B = 19 osób i C = 26 osób.



Rys. 2. Podział całego materiału badawczego na trzy grupy (A, B i C) metodą analizy skupień z zastosowaniem miary euklidesowej odległości między obiektami i pojedynczego wiązania obiektów.

Na rysunku 2 przedstawiono podział badanych na trzy grupy A, B i C. Badani zostali pogrupowani w skupiska na podstawie uzyskanych wyników wskaźnika dokładności powtórzeń momentów siły mięśniowej (WD) prostownikach stawu kolanowego, wskaźnika dokładności powtórzeń (WDP) zakresu ruchu i wskaźnika dokładności powtórzeń wysokości skoku ( $DP_h$ ). Można zauważyć, że badani tworzą małe grupki (dwóch, trzech osób), które następnie zostają łączone w coraz to większe skupiska.

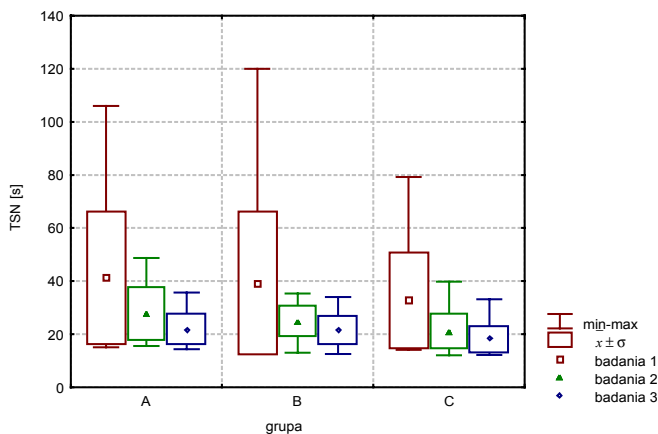
Tabela 2. Trafność doboru badanych studentów do odpowiednich grup za pomocą analizy dyskryminacji

Grupa [%]	Trafność doboru [%]
A	85,7
B	73,7
C	80,8
Razem	80,3

Analiza dyskryminacji wykazała (tab. 2), że największą trafność przydziału studentów do odpowiedniej grupy, stwierdzono

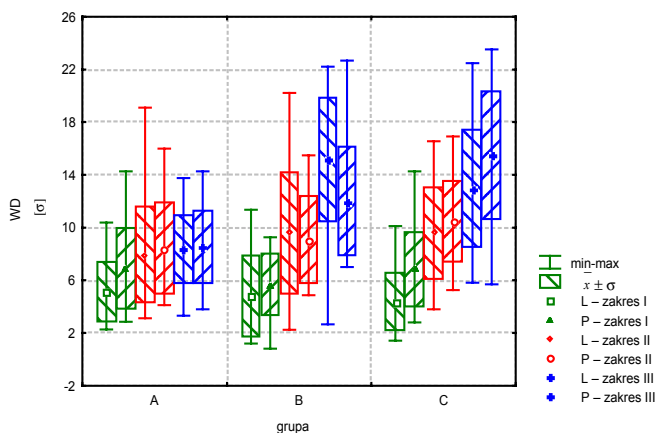
<sup>1</sup> Odległość Mahalanobisa to miara odległości między dwoma punktami w przestrzeni zdefiniowanej przez dwie lub więcej skorelowanych zmiennych.

w grupie A. Dało to 85,7% poprawnej kwalifikacji, niższą w grupie C, a najniższą w grupie B. Ogółem otrzymano aż 80% trafności doboru.



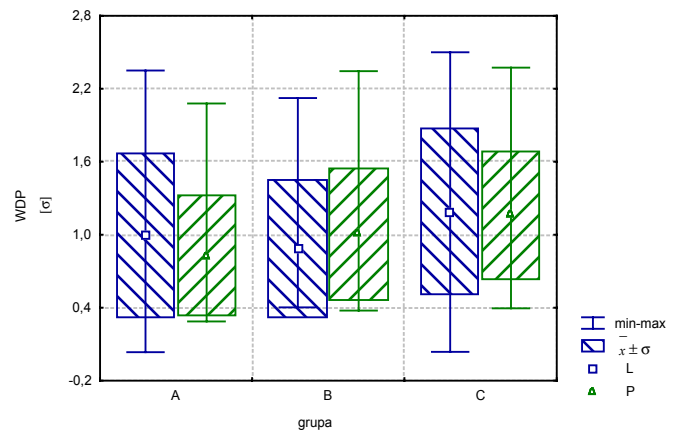
Rys. 3. Czasy uzyskane w teście sprawności narciarskiej (TSN) w trzech kolejnych badaniach grupach A (N=21), B (N=19) i C (N=26)

Największe skrócenie czasu między pierwszym i trzecim badaniem widoczne jest w grupie A, mniejsze w grupie B, a najmniejsze w grupie C. W grupie A w pierwszym badaniu stwierdzono dużą rozpiętość uzyskiwanych wyników, co wskazuje dużą wartość odchylenia standardowego ( $\sigma$ ), jednak już w trzecim badaniu ta rozpiętość wyraźnie się zmniejszyła i nie odbiegała od wartości uzyskanych w dwóch pozostałych grupach (rys. 3).



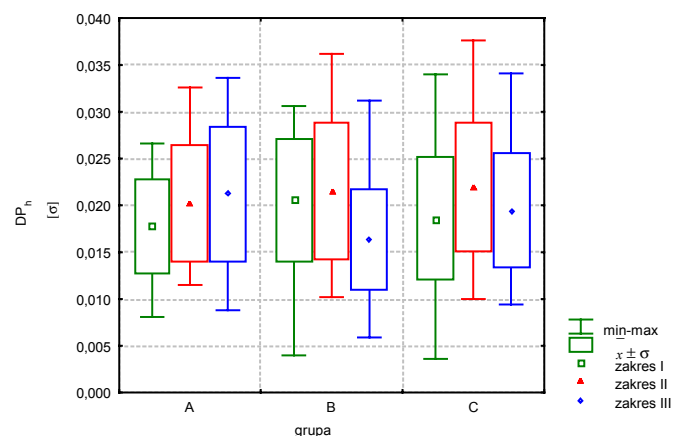
Rys. 4. Wartości wskaźnika dokładności powtórzeń (WD) momentu siły prostowników stawu kolanowego lewej (L) i prawej (P) kończyny dolnej, w trzech zakresach (I, II i III) w grupach A (N=21), B (N=19) i C (N=26)

We wszystkich grupach średnia wartość wskaźnika dokładności powtórzeń momentów sił (WD) prostowników stawu kolanowego w kolejnych zakresach rosła, co oznacza gorszy poziom różnicowania kinestetycznego. W grupie A średnie wartości wskaźnika dokładności (WD) w II i III zakresie były niższe niż w grupie B i C. W III zakresie w grupie A wielkość odchylenia standardowego była prawie dwukrotnie niższa niż w grupie B i C (rys. 4).



Rys. 5. Wartości wskaźnika dokładności powtórzeń (WDP) lewej (L) i prawej (P) kończyny dolnej, uzyskane w pomiarach powtarzalności zakresu ruchu w stawach kolanowych w grupach A (N=21), B (N=19) i C (N=26)

Wartości wskaźnika dokładności powtórzeń (WDP) kształtowały się tak samo jak omawiana wyżej bezwzględna suma błędów (SBŁ). Najwyższą wartość tego wskaźnika stwierdzono w grupie C (rys.5).



Rys. 6. Wartości wskaźnika dokładności powtórzeń wysokości skoku ( $DP_h$ ) obunóż z miejsca w górę, w trzech zakresach (I, II i III) w grupach A (N=21), B (N=19) i C (N=26)

Wskaźnik dokładności powtórzeń wysokości skoku ( $DP_h$ ) obunóż z miejsca w górę w grupie B w trzecim zakresie osiągnął najniższą wartość wskazując, największą powtarzalność (rys. 6).

### 3.2 Wyniki badań po zastosowaniu złożonych statystyk w trzech wydzielonych grupach (A, B i C)

Tabela 3. Istotność różnic („t”) pomiędzy wartościami średnich arytmetycznych parametrów różnicowania kinestetycznego i wynikami uzyskanymi w teście sprawności narciarskiej (TSN) w trzech wydzielonych grupach A (N=21), B (N= 19) i C (N=26).\*

Parametry	Zakres	Kończyna	„t” pomiędzy grupami		
			A – B	A – C	B – C
WD		dolna			
	I	L	0,34	1,09	0,52
	0–30%	P	1,36	-0,02	-1,51
	II	L	-1,32	-1,62	0,04
	31–60%	P	-0,60	<b>-2,16</b>	-1,48
	III	L	<b>-5,71</b>	<b>-4,18</b>	1,59
	61–90%	P	<b>-3,19</b>	<b>-5,86</b>	<b>-2,48</b>
SBL <sub>+</sub>		L	0,09	0,80	0,56
		P	-1,40	1,10	1,95
SBL <sub>-</sub>		L	-0,42	1,22	1,71
		P	0,40	<b>2,08</b>	1,42
SBL		L	0,50	-1,15	-1,68
		P	-0,98	-1,98	-0,95
WDP		L	0,57	-0,97	-1,59

Tabela 4. Wartości współczynnika korelacji prostej (r) między sprawnością narciarską (TSN) w grupach (A, B i C) i wskaźnikiem dokładności (WD) lewej (L) i prawej (P) kończyny dolnej w trzech zakresach (I, II i III), sumą błędów powyżej wzorca (SBL<sub>(+)</sub>), poniżej wzorca (SBL<sub>(-)</sub>), bezwzględną sumą błędów (SBL), wskaźnikiem dokładności powtórzeń (WDP) lewej (L) i prawej (P) kończyny dolnej oraz wskaźnikiem dokładności powtórzeń skoku (DP<sub>h</sub>) w trzech zakresach (I, II i III).

Parametr	Zakres	Kd	r w badaniach								
			TSN A			TSN B			TSN C		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
WD	I	L	-0,25	-0,02	-0,08	-0,05	-0,09	0,19	-0,15	-0,12	-0,12
	0–30%	P	0,18	0,17	0,23	-0,11	-0,32	-0,22	-0,10	-0,30	-0,18
	II	L	-0,13	-0,14	-0,18	-0,31	-0,26	-0,20	0,33	0,15	0,36
	31–60%	P	0,09	0,23	0,11	-0,03	-0,30	0,11	-0,02	-0,13	0,02
	III	L	<b>0,46</b>	<b>0,57</b>	<b>0,51</b>	-0,42	-0,15	0,21	0,09	0,23	0,15
	61–90%	P	<b>0,60</b>	<b>0,53</b>	<b>0,57</b>	-0,23	0,05	-0,03	-0,01	0,16	0,10
SBL <sub>(+)</sub>		L	0,36	0,37	0,22	-0,26	0,01	-0,14	0,24	-0,05	0,04
		P	0,32	<b>0,45</b>	0,40	-0,14	0,11	0,06	0,04	-0,00	-0,03
SBL <sub>(-)</sub>		L	0,32	0,29	0,23	<b>-0,50</b>	-0,33	-0,29	0,19	0,04	0,13
		P	0,28	0,29	0,32	<b>-0,65</b>	-0,32	-0,23	0,23	0,26	0,19
SBL		L	-0,29	-0,25	-0,22	<b>0,48</b>	0,38	0,27	-0,15	-0,05	-0,12
		P	-0,26	-0,26	-0,30	<b>0,73</b>	0,45	0,31	-0,23	-0,26	-0,20
WDP		L	-0,27	-0,19	-0,15	<b>0,51</b>	0,41	0,31	-0,16	-0,08	-0,14
		P	-0,26	-0,26	-0,28	<b>0,70</b>	<b>0,47</b>	0,31	-0,25	-0,31	-0,28
DP <sub>h</sub>	I zakres 0–30%		-0,21	-0,09	-0,18	0,22	-0,02	0,06	0,02	-0,13	0,00
	II zakres 31–60%		0,17	-0,10	-0,13	0,10	0,20	-0,01	0,19	0,07	0,12
	III zakres 61–90%		0,38	0,26	0,09	0,08	0,30	0,08	0,21	0,03	0,05

		P	-1,07	<b>-2,20</b>	-0,98
DP <sub>h</sub>	I zakres 0–30%		-1,53	-0,47	1,01
	II zakres 31–60%		-0,63	-0,94	-0,22
	III zakres 61–90%		<b>2,44</b>	0,96	-1,76
TSN	badanie	1	0,25	1,31	0,93
		2	1,13	<b>2,62</b>	1,80
		3	0,19	<b>2,38</b>	<b>2,26</b>

\* – wartości istotne statystycznie na poziomie  $p \leq 0,05$  zaznaczono pogrubionym drukiem.

Różniące grupy A i B (tab. 3) istotne wartości testu „t” Studenta stwierdzono pomiędzy średnimi wskaźnika dokładności powtórzeń momentu siły mięśniowej (WD) w III zakresie i wskaźnika dokładności powtórzeń skoku (DP<sub>h</sub>) w III zakresie. Najwięcej istotnych różnic stwierdzono pomiędzy grupą A i C. Te grupy różniły się istotnie średnimi uzyskanymi z badań testem sprawności narciarskiej (TSN) – z wyjątkiem pierwszego badania. Także wskaźnik dokładności powtórzeń momentu siły mięśniowej (WD) w III zakresie okazał się parametrem istotnie różniącym grupę A i C. Grupę B i C istotnie różniły od siebie wyniki testu sprawności narciarskiej (TSN) w trzecim badaniu.

W grupie A (tab. 4) istotne statystycznie okazały się wartości współczynnika korelacji pomiędzy wskaźnikiem dokładności powtórzeń momentu siły (WD) w trzecim zakresie i wynikami testu sprawności narciarskiej (TSN) we wszystkich badaniach. Istotny okazał się też związek sumy błędów powyżej wzorca ( $SBL_{(+)}$ ) uzyskany w badaniach powtarzalności zakresu ruchu w stawach kolanowych z czasem w teście sprawności narciarskiej (TSN) w badaniu drugim.

W grupie B istotnie statystycznie okazały się tylko związki parametrów obliczonych w badaniach zakresu ruchu w stawach kolanowych tj. sumy błędów poniżej wzorca ( $SBL_{(-)}$ ), bezwzględnej sumy błędów (SBL), wskaźnika dokładności powtórzeń (WDP) z czasami uzyskanymi w testach sprawności narciarskiej (TSN) w próbie pierwszej i drugiej

W grupie C żaden ze wskaźników różnicowania kinestetycznego nie był związany istotnie statystycznie z wynikami testów sprawności narciarskiej.

Tabela 5. Krokowa analiza regresji dla wybranych parametrów różnicowania kinestetycznego i wyników uzyskanych w teście sprawności narciarskiej (TSN) stoku w grupie A (N=21).\*

Parametr	Zakres	Kd	TSN					
			badanie					
			1		2		3	
<b>WD</b>	I 0–30%	L						
		P						
	II 31–60%	L						
		P						
	III 61–90%	L	2,85	3	<b>1,76</b>	1	0,75	3
		P	3,79	1	0,85	4	0,86	1
<b><math>SBL_{(+)}</math></b>	L	1,78	2	0,72	3			
	P			1,56	2	1,01	2	
<b><math>SBL_{(-)}</math></b>	L							
	P	0,33	4					
<b>SBL</b>	L							
	P							
<b>WDP</b>	L							
	P							
<b><math>DP_h</math></b>	I 0–30%							
	II 31–60%							
	III 61–90%						-250,44   4	
wyraz wolny			-12,78		0,67		11,46	
współczynnik korelacji wielokrotnej R			<b>0,74</b>		<b>0,80</b>		<b>0,74</b>	

\* – w tabelach równań regresji (tab. 5–7) cyfra obok współczynnika regresji podana mniejszą czcionką oznacza kolejność włączania danej cechy do równania regresji, (wartości istotne statystycznie na poziomie  $p \leq 0,05$  zaznaczono pogrubioną czcionką), Kd – kończyn dolna: L – lewa, P – prawa.

Krokowa analiza regresji w grupie A (tab. 5) wykazała, że spośród wszystkich analizowanych cech różnicowania kinestetycznego najczęściej wybierany do równań regresji wielokrotnej był wskaźnik dokładności powtórzeń momentów siły (WD) w stawach kolanowych w III zakresie. Wchodził on do równań opisujących sprawność narciarską we wszystkich badaniach. Na dalszych miejscach do równania regresji opisującego wynik testu sprawności narciarskiej (TSN) zostały dołączone: suma błędów powyżej wzorca ( $SBL_{(+)}$ ), suma błędów poniżej wzorca ( $SBL_{(-)}$ ) w pomiarach zakresu ruchu w stawach kolanowych, wskaźnik dokładność odtworzeń skoku ( $DP_h$ ) w II i III zakresie. Wartości współczynnika korelacji wielokrotnej między wybranymi do równania regresji cechami różnicowania kinestetycznego i wynikami testu sprawności narciarskiej (TSN) w badanej grupie okazały się we wszystkich przypadkach wysokie, powyżej 0,74.

Przykładowo równanie regresji wyniku testu sprawności narciarskiej (TSN) w grupie A w pierwszym badaniu przyjmuje postać:

$$TNS_{(p)} = -28,05 + 2,21 \times SBL_{(+L)} + 4,56 \times WD_{(III)L} + 2,64 \times SBL_{(+P)} + 749,62 \times DP_{h(III)}$$

Podstawiając do tego równania wyniki różnicowania kinestetycznego studenta o inicjałach WD ( $SBL_{(+L)}=5,12$ ;  $WD_{(III)L}=5,19$ ;  $SBL_{(+P)}=3,77$ ;  $DP_{h(III)}=0,0123$ ) otrzymujemy przewidywany czas wyniku na stoku równy 26,10 s (25,82 s to rzeczywisty czas uzyskany przez niego). Różnica czasu rzeczywistego i obliczonego równa się 0,18

s (reszta z równania regresji) a zatem błąd przewidywania wyników czasu sprawności narciarskiej z wyżej przedstawionego równania regresji wynosi 0,7 %.

Wartość resztowa jest to różnica między wartością obserwowaną a przewidywaną. Reszty w całej grupie pokazano na wykresach.

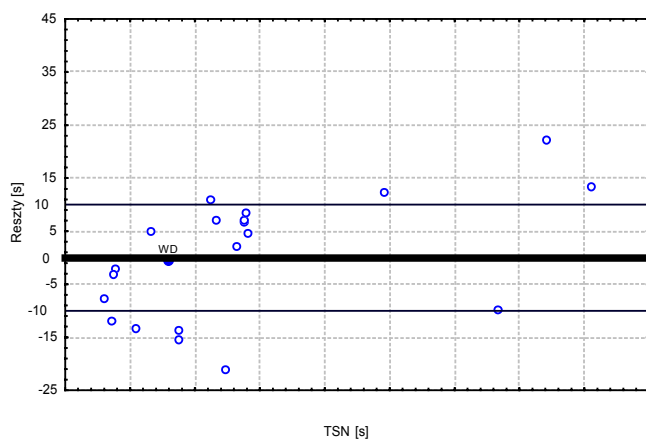
$$r_i = y_i - y_i'$$

gdzie:  $r_i$  – wartość resztowa *i-tego* osobnika,

$y_i$  – wartość obserwowana *i-tego* osobnika,

$y_i'$  – wartość przewidywana *i-tego* osobnika wyliczona równaniem regresji.

Wykres reszt pozwala ocenić indywidualną wartość błędu pomiędzy rzeczywistymi wartościami zmiennej wynikowej, a wartościami obliczonymi równaniem regresji dla tej zmiennej.



Rys. 7. Rozkład reszt w funkcji czasów uzyskanych w teście sprawności narciarskiej na stoku płaskim (TSN) w grupie A (opis w tekście)

Na rysunku 7 przedstawiono położenie wszystkich zmierzonych czasów i odpowiadających im reszt otrzymanych z różnicy, pomiędzy czasem rzeczywistym, a czasem otrzymanym z równania regresji. Pogrubioną linią oznaczono wartość zerową na osi współrzędnej reszt. Idealną sytuacją byłoby ułożenie wszystkich punktów na tej prostej. Oznaczałoby to, że nie ma różnicy między rzeczywistymi czasami uzyskanymi na stoku, a czasami obliczonymi z równania regresji, możemy więc bardzo dokładnie przewidywać wyniki w teście sprawności narciarskiej (TSN). Najbliżej tej prostej znalazł się punkt oznaczający badanego WD dla którego jak to podano wyżej stwierdzono 0,18 s różnicy między czasem rzeczywistym, a obliczeniowym. Dodatkowo na tej samej osi zaznaczono dwie proste przechodzące przez punkt +10 s i -10 s. Wyznaczyły one pas 20 s tzw. błędu dla różnic między czasem rzeczywistym, a obliczonym równaniem. Wyniki dziewięciu badanych w grupie A znalazły się poza tym pasem, a więc ich czasy przewidywane były większe niż 10 s od czasów rzeczywistych.

Tabela 6. Krokowa analiza regresji dla wybranych parametrów różnicowania kinestetycznego i wyników uzyskanych w teście sprawności narciarskiej (TSN) w grupie B (N=19).

Parametr	Zakres	Kd	TSN <sub>st</sub>				
			badanie				
			1	2	3		
<b>WD</b>	I 0–30%	L					
		P	-3,79	2	<b>-1,55</b>	2	<b>-1,16</b>
	II 31–60%	L					
		P					
	III 61–90%	L				<b>0,57</b>	2
		P					
<b>SBL<sub>(+)</sub></b>	L						
	P	0,56	4	<b>0,29</b>	3	0,17	4
<b>SBL<sub>(-)</sub></b>	L						
	P						
<b>SBL</b>	L						
	P	<b>1,34</b>	1				
<b>WDP</b>	L						
	P			<b>8,11</b>	1	<b>7,14</b>	1
<b>DP<sub>h</sub></b>	I 0–30%						
	II 31–60%						
	III 61–90%	1022,66	3	311,59	4		
wyraz wolny		2,78		18,96		11,50	
współczynnik korelacji wielokrotnej R		<b>0,82</b>		<b>0,83</b>		<b>0,69</b>	

Wyniki krokowej analizy regresji w grupie B (tab. 6) wykazały, że najczęściej dołączaną cechą do równań regresji opisujących czynniki determinujące wyniki testu sprawności narciarskiej (TSN) był wskaźnik dokładności powtórzeń momentu siły mięśniowej (WD) w stawach kolanowych w pierwszym zakresie. Współczynnik regresji przy tej zmiennej jest istotny statystycznie. Kolejną cechą która, trzykrotnie na pierwszym miejscu była włączana do równania regresji był wskaźnik dokładności powtórzeń (WDP) zakresu ruchu w stawach kolanowych. Suma błędów powyżej wzorca (SBL<sub>(+)</sub>) okazała się także cechą mającą wpływ na kształt równania. Wartości współczynnika korelacji wielokrotnej pomiędzy wybranymi parametrami różnicowania kinestetycznego i wynikami testu sprawności narciarskiej (TSN) były podobnie jak w grupie A wysokie (0,69–0,83).

Porównując cechy, które program wybrał do równań regresji determinujących sprawność narciarską w teście w grupie A i B, trudno wskazać na jakieś podobieństwo. Można jedynie zauważyć, że w grupie A i B do równania dołączany był wskaźnik dokładności powtórzeń momentów sił mięśniowych prostowników stawu kolanowego (WD), z tym, że w różnych zakresach. W grupie A w III zakresie pomiarów, a w grupie B w I zakresie.

Tabela 7. Krokowa analiza regresji dla wybranych parametrów różnicowania kinestetycznego i wyników uzyskanych w teście sprawności narciarskiej (TSN) w grupie C (N=26).

Parametr	Zakres	Kd	TSN				
			badanie				
			1	2	3		
<b>WD</b>	I 0-30%	L					
		P		-0,70	2		
	II 31-60%	L	1,26	1		0,39	1
		P					
	III 61-90%	L					
		P					
<b>SBL<sub>(+)</sub></b>	L						
	P						
<b>SBL<sub>(-)</sub></b>	L						
	P						
<b>SBL</b>	L						
	P	0,95	4			<b>0,37</b>	<b>3</b>
<b>WDP</b>	L						
	P	-51,61	2	-3,74	1	<b>-17,50</b>	<b>2</b>
<b>DP<sub>h</sub></b>	I 0-30%						
	II 31-60%						
	III 61-90%	<b>1600,59</b>	<b>3</b>			322,35	<b>4</b>
wyraz wolny			17,02	30,34		15,85	
współczynnik korelacji wielokrotnej R			0,57	0,42		<b>0,60</b>	

Wyniki regresji krokowej w grupie C (tab. 7) wykazały, że do równania regresji opisującego wynik w teście sprawności narciarskiej (TSN) wybrane zostały: wskaźnik dokładności powtórzeń (WDP) zakresu ruchu w stawach kolanowych, wskaźnik dokładności powtórzeń momentów siły (WD) w stawach kolanowych w I i II zakresie. Tylko współczynniki regresji, przy trzech zmiennych objaśniających wprowadzone do równań, były istotnie statystycznie. Wartości współczynnika korelacji wielokrotnej pomiędzy parametrami różnicowania kinestetycznego (wybranymi w równaniu regresji) i wynikami testu sprawności narciarskiej (TSN) były dość niskie (0,42 – 0,60). Równanie regresji w próbie I w grupie C przyjmuje zatem postać:

$$TSN_{(p)1} = 31,21 - 1,01 \times WD_{(I)P} - 0,22 \times SBL_{(-)P} + 861,08 \times DP_{h(III)} - 18,6 \times WDP_p$$

#### 4 DYSKUSJA

Podstawowa technika jazdy na nartach związana jest z przyjęciem odpowiedniej pozycji narciarskiej i niewielkimi jej zmianami zależnymi od sytuacji, terenu, śniegu, itp. Utrzymanie tej pozycji wiąże się z odpowiednim dozowaniem napięcia i rozluźniania zaangażowanych w ruch mięśni w warunkach prawie izometrycznego ich skurczu [2, 3, 26]. Na podstawie analizy wyników badań przedstawionych w poprzednim rozdziale można sądzić, że największe znaczenie ma tu zdolność odbierania i różnicowania dużego napięcia mięśniowego. Uczeń zatem, lepiej analizujący ułożenie własnego ciała w przestrzeni i odbierający precyzyjniej wielkość napięcia swoich mięśni niż inny, może skuteczniej i szybciej uczyć się nowych czynności ruchowych. Powyższa teza była przedmiotem weryfikacji w przedstawionej pracy.

Można sądzić, że wysoki poziom zdolności odbierania i różnicowania wrażeń z aparatu ruchu jest z jednej strony – zbiorem predyspozycji do uczenia się nowych, wymagających dużej precyzji czynności (o czym świadczą wyraźnie wyższe parametry różnicowania kinestetycznego u lepszych zawodników), a z drugiej – efektem treningu (ćwiczeń ruchowych). Wysoki poziom sportowy wyraża się bowiem rozwojem posiadanych uzdolnień (wśród wielu innych) ruchowych [17, 18, 20, 15, 21, 22]. Z tego powodu w niniejszej pracy przyjęto tezę, że

ludzie posiadający lepszą zdolność różnicowania kinestetycznego o charakterze niespecyficznym szybciej będą uczyli się nowych czynności ruchowych. Wykazanie takiego związku mogłoby potwierdzić tezę, że u podstaw skutecznego uczenia się motorycznego leżą nadające się do identyfikacji predyspozycje, stanowiące być może fragment uzdolnień motorycznych [17, 18].

Jak wcześniej wskazano zdolność różnicowania kinestetycznego nie jest właściwością homogenną (jednorodną), lecz posiada złożoną strukturę wewnętrzną. Być może stanowi to przyczynę złożonej struktury motorycznego uczenia się, u którego podstaw tkwią skomplikowane zdolności odczuwania wrażeń z aparatu ruchu.

Podział wszystkich badanych studentów na trzy grupy (o różnym poziomie różnicowania kinestetycznego) pozwolił jednak wyodrębnić, wpływ poszczególnych składowych analizowanej zdolności na efekty motorycznego uczenia się.

Poszukując wyjaśnień skomplikowanych uwarunkowań powtarzalności napięć mięśni i amplitudy ruchów w stawach kolanowych oraz powtarzalności skoków z efektywnością motorycznego uczenia się podzielono całą grupę badanych na trzy podgrupy, za pomocą wielowymiarowych funkcji statystycznych w oparciu o zblokowane oceny zdolności różnicowania kinestetycznego. Uzyskując matematyczne potwierdzenie rzetelności takiego kroku (wskazane na rysunku 2 i w tabeli 2) uzyskano niezwykle ciekawe informacje dotyczące poziomu sprawności narciarskiej. Okazało się bowiem, że osoby wybrane za pomocą wspomnianej metody do grupy o najlepszym poziomie różnicowania kinestetycznego (grupa A) osiągają największy postęp w uczeniu się czynności ruchowych (jazda na nartach), mniejszy osiąga grupa B, i najmniejszy – C. Potwierdza to sugerowaną w literaturze tezę o znaczącej wadze kinestetycznego różnicowania w procesie uczenia się nowych czynności ruchowych [2, 3, 6, 25, 19]. Równocześnie zwraca uwagę fakt przedstawiony w tabeli 4 w poprzednim rozdziale, iż w każdej z wymienionych grup inaczej ułożyły się znaczące wartości współczynnika korelacji prostej ( $r$ ) pomiędzy umiejętnościami narciarskimi i wskaźnikami różnicowania kinestetycznego. I tak w grupie A (studenci o najlepszym poziomie różnicowania kinestetycznego), czynnikiem najsilniej związanym ze sprawnością narciarską, zmierzoną we wszystkich badaniach, jest powtarzalność momentu sił mięśniowych uzyskana w badaniach prawej i lewej kończyny dolnej, tylko w III zakresie pomiarów (61–90% maksymalnego momentu siły). Może to oznaczać, że w tej grupie lepsze różnicowanie kinestetyczne napięć mięśni, przy użyciu wysokiego momentu siły mięśniowej, determinuje sprawność narciarską. Ma to swoje potwierdzenie w literaturze, gdyż fizycy i biomechanicy [9, 4] sugerują, iż duża siła kończyn dolnych odgrywa w narciarstwie decydującą rolę. W grupie tej również na uwagę zasługują związki pomiędzy powtarzalnością zakresu ruchu i efektami motorycznego uczenia się. Szczególnie istotne wydaje się, iż korelacja ta dotyczy sytuacji, w której popełnianie błędów (przekraczanie wzorcowej amplitudy ruchu) jest związane z istotnym pogorszeniem efektów motorycznych. Można ten fakt zinterpretować w ten sposób, że obniżenie liczby błędów związanych z przekroczeniem wzorcowej amplitudy ruchu łączy się w tej grupie ze skuteczniejszym uczeniem się nowych czynności ruchowych. Do podobnych wniosków doszedł Starosta [18] w badaniach skoczków narciarskich. Może to wskazywać na dodatkowy kierunek badań związanych z ocenami wrażliwości kinestetycznej, w której rozróżnić się będzie analiza powtarzalności napięć mięśni od amplitudy ruchu. Tezę tą potwierdzają wyniki badań drugiej grupy studentów (B), w której głównym czynnikiem związanym z efektami motorycznego uczenia się są wskaźniki powtarzalności amplitudy ruchu (tab. 4). Występujące tu związki są jednak zupełnie różne, niż w grupie o najlepszym poziomie różnicowania kinestetycznego. W tym wypadku większe znaczenie, osiąga mniejsza od wzorcowej amplituda ruchu (wskaźnik  $SBL_{(-)}$ ), jak też ogólna suma popełnionych błędów ( $SBL$ ). Można więc sformułować tezę, że u osób posiadających gorsze zdolności różnicowania wrażeń kinestetycznych, w uczeniu się narciarstwa większe znaczenie ma zdolność powtarzalności amplitudy ruchu niż napięć mięśniowych.

Podkreślić należy, że w grupie najslabiej różnicujących wrażenia kinestetyczne nie stwierdzono żadnych prostych związków pomiędzy tymi zdolnościami i poziomem sprawności narciarskiej. Z tego (m.in.) powodu podjęto sugerowaną przez Morisona [13] wielowymiarową analizę statystyczną. Planowano na podstawie krokowej analizy regresji oraz współczynnika korelacji wielokrotnej ( $R$ ) uzyskać informację o wadze poszczególnych wskaźników różnicowania kinestetycznego w procesie uczenia się czynności motorycznych na przykładzie jazdy na nartach. Podobnie jak w przypadku korelacji prostej uzyskano informację, że w grupie studentów najlepiej różnicujących informacje kinestetyczne (grupa A), utworzone równania regresji wielokrotnej dające dużą pewność przewidywania efektów zachowań motorycznych, głównie oparte są o powtarzalność momentów sił mięśniowych (tab. 5). Jednak równania regresji wypełniły w tym wypadku również czynniki związane z powtarzalnością amplitudy ruchu, a częściowo również powtarzalnością wysokości skoku. Można sądzić, że skuteczność uczenia się motorycznego wśród sprawniejszych studentów determinowana jest licznymi czynnikami wśród których wyróżniają się oceny powtarzalności napięć mięśni i amplitudy ruchu.

Podobnie – choć w nieco innym układzie – przedstawiają się czynniki determinujące efekty motorycznego uczenia się w grupie o średnim poziomie sprawności (B). Tu jednak głównym czynnikiem determinującym postęp w uczeniu się jazdy na nartach była powtarzalność amplitudy ruchu, która we wszystkich sytuacjach wprowadzona została do równań regresji na pierwszym miejscu. Na drugim i trzecim miejscu znalazły się wskaźniki powtarzalności momentów sił mięśniowych (WD) lecz w I zakresie (0–30% max) używanej siły.

Prawdopodobnie wskazuje to na fakt, iż podczas uczenia się jazdy na nartach odruchowo poszukuje się najbardziej precyzyjnego poziomu różnicowania wrażeń mięśniowych. W niektórych wypadkach osiągany on jest tylko w warunkach niskich oporów zewnętrznych. Sytuacja taka dotyczyła grupy B tj. osób o przeciętnych zdolnościach różnicowania informacji kinestetycznych. Na uwagę zasługuje fakt, że w obu tych grupach (A i B) różne czynniki wypełniają równania regresji wielokrotnej, jednak zawsze współczynniki korelacji wielokrotnej (R) były istotne statystycznie (tab. 5 i 6).

W grupie najslabiej różnicujących informację z aparatu ruchu, tylko jedno równanie osiągnęło poziom ufności przyjęty za wystarczający. I tu także najwyższą wagę uzyskała powtarzalność momentów sił prostowników stawu kolanowego, a mniejszą powtarzalność amplitudy ruchu w tym stawie (tab. 7).

Generalnie można uznać, że wykonane badania i zastosowane operacje statystyczne dokumentują różne znaczenie, przejawów różnicowania kinestetycznego w motorycznym uczeniu się. Wysoka pewność wnioskowania statystycznego w kilku wypadkach potwierdziła istotę przyjętej w pracy hipotezy, iż osoba o wysokim poziomie różnicowania kinestetycznego szybciej (efektywniej) uczy się nowych czynności ruchowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy można uznać, że duże zróżnicowanie osobnicze zdolności różnicowania kinestetycznego nie ma w poszczególnych przypadkach znaczenia uniwersalnego. Oznacza to, że w analizie uzdolnień o tym charakterze nie można posługiwać się pojedynczym wskaźnikiem. W pracy wskazano, że uzdolnienia kinestetyczne mają charakter wielowymiarowy i gdy w jednym wypadku powtarzalność napięć mięśniowych wiąże się z efektywnością uczenia się narciarstwa, to w drugim – większe znaczenie ma powtarzalność amplitudy ruchu. Brak znaczących związków (jedno i wielowymiarowych) pomiędzy zdolnością różnicowania kinestetycznego i skutecznością nauczania-uczenia się jazdy na nartach w grupie o najniższym poziomie tych zdolności, kojarzył się natomiast z najgorszymi efektami sprawnościowymi (narciarskimi). Być może, brak wyraźnych preferencji motorycznych w tej grupie utrudnia proces opanowywania nowych czynności ruchowych. Prawdopodobnie problem ten wiąże się z posiadaniem takich doświadczeń motorycznych, które osiągając charakter nawyku ruchowego, utrudniają swobodne korzystanie z nowych informacji. Teza ta wymaga jednak dalszych badań i podjęcia prób konfrontowania zdolności różnicowania kinestetycznego z ich zmianami powstającymi w efekcie motorycznych doświadczeń. Wielu autorów sugeruje [14, 16, 17, 6, 12], że to właśnie uczenie się motoryczne wzbogaca i doskonali sprawność analizatora kinestetycznego. Na podstawie jednak powyższych badań można sformułować wniosek, że czynnikami istotnie determinującymi postępy w uczeniu się motorycznym są liczne przejawy sprawności analizatora kinestetycznego, które różniąc ludzi wyrażają ich predyspozycje do uczenia się nowych czynności ruchowych.

## 5 WNIOSKI

1. Czynnikiem istotnie determinującym postęp w uczeniu się motorycznym jest sprawność analizatora kinestetycznego przejawiająca się między innymi w zdolności do precyzyjnej kontroli napięć mięśni i amplitudy ruchu oraz powtarzania siły odbicia w ruchach dynamicznych.
2. Stwierdzono duże zróżnicowanie osobnicze zdolności różnicowania kinestetycznego. Oznacza to, że w analizie uzdolnień o tym charakterze nie można posługiwać się pojedynczym wskaźnikiem. Uzdolnienia kinestetyczne mają charakter wielowymiarowy i gdy w jednym wypadku powtarzalność napięć mięśniowych wiąże się z efektywnością uczenia się nowych czynności ruchowych, to w drugim – większe znaczenie ma powtarzalność amplitudy ruchu.
3. U osób posiadających najlepszą zdolność różnicowania kinestetycznego w uczeniu się narciarstwa, największe znaczenie ma zdolność różnicowania napięcia mięśniowego zwłaszcza, przy zastosowaniu dużego momentu siły. U osób posiadających niższe zdolności różnicowania wrażeń kinestetycznych, podczas uczenia się narciarstwa prawdopodobnie większe znaczenie ma zdolność powtarzania amplitudy ruchu niż napięć mięśniowych.
4. Brak znaczących związków (jedno i wielowymiarowych) pomiędzy zdolnością różnicowania kinestetycznego i skutecznością nauczania-uczenia się jazdy na nartach w grupie o najniższym poziomie tych zdolności łączył się z najslabszymi efektami sprawnościowymi (narciarskimi). Być może, brak wyraźnych preferencji motorycznych w tej grupie utrudnia proces opanowywania nowych czynności ruchowych.

Teza ta wymaga jednak dalszych badań i podjęcia prób konfrontowania zdolności różnicowania kinestetycznego z ich zmianami powstającymi w efekcie motorycznych doświadczeń.

## LITERATURA

- 1) Arnold P. J. (1988) Kinesthetic perception and sports skills: some empirical findings and philosophical considerations, [in:] S. Ross, L. Charette. (red.) *Persons Minds and Bodies*. University Press of Canada, North York, Ontario, 51–59.
- 2) Bielczyk Z. (1963) Badania nad wyrazistością wrażeń kinestetycznych pochodzących z proprioceptorów mięśni, stawów i więzadeł kończyn dolnych u początkujących narciarzy. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, t. VII, 459–468.
- 3) Bielczyk Z. (1967) Wpływ treningu narciarskiego na usprawnienie analizatora kinestetycznego i dotykowego. *Roczniki Naukowe AWF Warszawa*, t. VII.
- 4) Bober T. (1996) Wybrane elementy biomechaniki narciarstwa [w:] M. Zatoń (red.) *Podstawy narciarstwa zjazdowego*. Signum, Wrocław, 116–134.
- 5) Bober T., J. G. Hay (1991) Dobór pozycji kątowych do pomiaru maksymalnych momentów sił mięśni w stawach kończyn człowieka, [w:] *Prace IX Szkoły Biomechaniki. Zeszyty Naukowe, AWF Wrocław*, 53, 5–15.
- 6) Czabański B. (1989) Wybrane zagadnienia uczenia się i nauczania techniki sportowej. *AWF Wrocław*, 115–117.
- 7) Gerhát Š. (1995) Kinesthetic differentiation abilities of young soccer players [w:] *International Conference on Physical Education and Sports of Children and Youth*, 13–16.08.1995, Bratysława. *Materiały Konferencyjne*, 152–154.
- 8) Gikalov V. (1983) Verarbeitung der Kinästhetischen Information, [in:] H. Rieder (red.) *Motorik und Bewegungsforschung, Ein Beitrag zum Lernen im Sport*. Hofmann, Schorndorf, 242–249.
- 9) Gospodarek T. (1996) Mechaniczne podstawy jazdy na nartach [w:] M. Zatoń (red.) *Podstawy narciarstwa zjazdowego*. Signum, Wrocław, 60–115.
- 10) Hellebrandt V., E.Thurzova, M. Majherova, L. Ramacsay, M. Sleboda (1995) Characteristic of strength manifestation of lower limbs' kinesthetic-differentiation ability in alpine skiers, [in:] *International Conference on Physical Education and Sports of Children and Youth*, 13–16.08.1995, Bratysława. *Materiały Konferencyjne*, 159–162.
- 11) Kornecki S., M. Stasiak, A. Kozłowski (1992) Test selekcyjny do nauczania podstaw narciarstwa alpejskiego. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 4, 59–67.
- 12) Latash M. L. (1993) *Control of human movement*. Human Kinetics Publishers.
- 13) Morison D. F. (1990) *Wielowymiarowa analiza statystyczna*. PWN, Warszawa.
- 14) Puni A. C. (1984) *Psichologiija. Fizkultura i Sport*, Moskwa.
- 15) Raczek J., W. Mynarski (1992) *Koordynacyjne zdolności dzieci i młodzieży*. AWF Katowice.
- 16) Schmidt R. A. (1988) *Motor control and learning*. Human Publishers, Champaign.
- 17) Starosta W. (1989) Wybrane zagadnienia nauczania i doskonalenia techniki ruchu. *Antropomotoryka* 2, 22–26.
- 18) Starosta W. (1994) Wpływ uprawianej dyscypliny sportowej na kształtowanie się u zawodników symetrii i asymetrii wrażeń kinestetycznych. *Antropomotoryka*, 11, 101–119.
- 19) Starosta W. (1997) „Odświeżanie” i „budzenie” wrażeń kinestetycznych – nowa metoda doskonalenia techniki sportowej. *Trening*, t. I, 2, 41–46.
- 20) Starosta W., K. Anioł-Strzyżewska (1995) Wpływ różnych obciążeń fizycznych na poziom koordynacji ruchowej zaawansowanych zawodników. *Medycyna Sportowa*, 51, 4–6.
- 21) Szopa J., J. Wątroba (1992) Dalsze badania nad strukturą motoryczności ze szczególnym uwzględnieniem uzdolnień ruchowych. *Antropomotoryka*, 8, 3–42.
- 22) Waśkiewicz Z. G. Juras (1994) Refleksje dotyczące uzdolnień ruchowych. *Zeszyty Metodycznie Naukowe AWF Katowice*, 5, 97–102.
- 23) Wołk R. (1994) Znaczenie pamięci kinestetycznej w saneczkarstwie lodowym. *Sport Wyczynowy*, 1–2, 28–32.
- 24) Wołk R. (1995) Czucie głębokie i uczenie się nowych czynności ruchowych, [w:] *Aktualne problemy sportu dzieci i młodzieży*. *Materiały Naukowe, Instytut Sportu, Warszawa*, 234–238.
- 25) Zatoń K. (1995) Przekaz słowny na lekcjach wychowania fizycznego. *Studia i Monografie AWF Wrocław*, 48.
- 26) Zatoń M. (1996) Wybrane elementy fizjologii narciarstwa, [w:] M. Zatoń (red.) *Podstawy narciarstwa zjazdowego*. Signum, Wrocław, 135–176.