

Trafność doboru wskaźników do oceny ukształtowania stopy w świetle analizy czynnikowej

The Relevance Choice of Indexes to Foot Structure Evaluation in the Light of Factors Analysis

Ewa Puszczalowska-Lizis^(A,B,C,D,E,F)

Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Medyczny, Instytut Fizjoterapii
University of Rzeszów, Faculty of Medicine, Institute of Physiotherapy

STRESZCZENIE

Wstęp. Ocena budowy stóp ma istotne znaczenie z punktu widzenia profilaktyki i korekcji. Celem pracy jest próba zweryfikowania, które ze wskaźników służących do oceny wysklepienia podłużnego, poprzecznego i proporcji stóp mają największą siłę diagnostyczną, a więc w założeniu są najbardziej trafne.

Materiał i metody. Badaniami przekrojowymi objęto losowo wybraną grupę 130 studentów w wieku 20-28 lat. Odbitki stóp wykonano techniką niebrudzącą, przyrządem pomysłu Ślężyńskiego. Z plantogramów używano wskaźniki oceniające wysklepienie podłużne, wysklepienie poprzeczne i proporcje stopy. Weryfikacji trafności doboru wskaźników do oceny stóp dokonano metodą analizy czynnikowej.

Wyniki. Spośród wskaźników oceniających wysklepienie podłużne wartości wskaźnika W_{gwp} charakteryzowały się najmniejszą dyspersją i osiągnęły wysokie wartości ładunków czynnikowych. Wskaźnik W_{wp} Wejsfloga osiągnął wyższe wartości ładunków czynnikowych niż kąt piętowy. Wskaźnik W_{d-sz} osiągnął wyższe wartości ładunków w ramach czynnika niż wskaźnik tęgości stopy (T_s).

Wnioski. 1. Do oceny wysklepienia podłużnego stóp najbardziej trafny w zastosowaniu jest wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}). 2. Do oceny wysklepienia poprzecznego najbardziej przydatny jest wskaźnik W_{wp} Wejsfloga, natomiast w ocenie proporcji stóp najbardziej użyteczny jest wskaźnik długościowo-szerokościowy (W_{d-sz}).

Słowa kluczowe: stopa, diagnostyka, wysklepienie podłużne, wysklepienie poprzeczne, proporcje stopy

SUMMARY

Background. An evaluation of foot structure is important for the prevention and correction of foot deformities. The aim of this study was to verify which indices used for evaluation of the longitudinal arch, transverse arch and foot proportions are most diagnostically significant, thus being the most relevant indices for such evaluations.

Material and methods. A screening study was carried out on a randomly selected sample of 130 students aged 20-28 years. The plantographic method (non-marking technique) was used to evaluate the feet. The indices evaluating the longitudinal arch of the foot, the transverse arch of the foot and foot proportions were obtained from the plantograms. The relevance of the choice of plantographic indices for foot evaluation was verified by factor analysis.

Results. The index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}) achieved the maximum factor loading values. The Wejsflog index (W_{wp}) achieved higher factor loadings than the heel angle. The length and width index (W_{d-sz}) achieved higher factor loadings than the foot corpulence index (T_s).

Conclusions. 1. The most relevant index for the evaluation of the longitudinal arch of the feet is the index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}). 2. For evaluation of the transverse arch, the most useful tool is the W_{wp} Wejsflog index, while foot proportions are evaluated most accurately with the length and width index (W_{d-sz}).

Key words: foot, diagnostic work-up, longitudinal arch, transverse arch, foot proportions

WSTĘP

Zagadnieniem budowy i funkcji stopy zajmują się specjaliści z wielu dziedzin nauki, od anatomii, poprzez antropometrię, radiologię, ortopedię, biomechanikę, ergonomię, po fizjoterapię i charakteryzują zmiany rozwojowe w sposób specyficzny dla danej dyscypliny nauki [1-8]. Przegląd publikacji dotyczących diagnostyki stóp wskazuje na rozbieżności dotyczące częstości występowania płaskostopia, co zdaniem autorów podyktowane jest brakiem norm dla stóp prawidłowych, niezajomością rozwoju stopy w ontogenezie, różnym metodologicznym podejściem do badań, ale być może również brakiem danych na temat trafności doboru wskaźników służących do oceny budowy stopy. Autorka proponuje nowy wskaźnik do oceny wysklepienia podłużnego stopy. Twierdzi również, że dla wzbogacenia wiedzy na temat budowy stóp, istotne znaczenie może mieć stosowanie wskaźników proporcji stopy, które mogą dostarczyć informacji, jakie relacje proporcji stóp są najkorzystniejsze dla prawidłowego ich wysklepienia. Wysoką rzetelność pomiarową proponowanych wskaźników potwierdziły odrębne badania naukowe [9].

Celem pracy była próba zweryfikowania, które ze wskaźników służących do oceny wysklepienia podłużnego, poprzecznego i proporcji stóp mają większą siłę diagnostyczną, a więc w założeniu są najbardziej trafne.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami przekrojowymi w latach 2008-2009 objęto 130 studentów Uniwersytetu Rzeszowskiego oraz Beskidzkiej Wyższej Szkoły Umiejętności w Żywcu. Wiek badanych mężczyzn mieścił się w przedziale 20-28 lat ($\bar{x}=23,3\pm 1,9$ lat). Badania uzyskały akceptację Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego. Zostały wykonane za zgodą odnośnych uczelni. Wszystkie osoby zostały poinformowane o celu i metodach badań. Reprezentatywność próby zapewniono losowym doбором osób do badań, metodą urnową, techniką losowania prostego zależnego [10]. Przed rozpoczęciem badań ustalono następujące kryteria wykluczenia: stwierdzone deformacje kończyn dolnych, przebyte choroby i/lub urazy narządu ruchu, w tym kończyn dolnych, brak pisemnej zgody na udział w badaniach.

Odbitki plantograficzne stóp wykonano techniką niebrudzącą, przyrządem pomysłu Ślężyńskiego. Z plantogramów uzyskano następujące wskaźniki oceniające: wysklepienie podłużne – wskaźnik kątowny Clarke'a (CI), wskaźnik Sztritera-Godunowa (KY), wskaźnik Chippaux-Smirak (CSI) oraz własny wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}),

BACKGROUND

Issues related to foot structure and function involve specialists from many areas of science, from anatomy, to anthropometry, radiology orthopaedics, biomechanics, and ergonomics for physiotherapy, who describe the developmental changes from the particular vantage point of their discipline [1-8]. A review of publications concerning foot evaluation shows discrepancies regarding the estimated frequency of flatfoot, which, according to the authors, stems from the lack of standards defining normal feet, a lack of knowledge of foot development in ontogeny, various methodological approaches to testing, but perhaps may equally result from the absence of data on the relevance of selection of indices for foot evaluation. The author proposes a new index for the evaluation of longitudinal arch of the foot. She also claims that indices of foot proportion may help achieve a deeper insight into foot construction because these indices can provide information on what relations of foot proportions are most useful for correct foot arches. The high level of measurement accuracy of the proposed indices has been confirmed by separate tests [9].

The aim of this study was to verify which indices used for evaluation of the longitudinal arch, transverse arch and foot proportions are most diagnostically significant, thus being the most relevant indices for such evaluations.

MATERIAL AND METHODS

A screening study involving 130 male students studying at the the University of Rzeszow and the Beskid Skills College in Żywiec was performed in 2008 and 2009. The participants were aged 20-28 years (average age: 23.3 ± 1.9 years). The study was granted permission by the Ethical Review Board of the University of Rzeszów, and was following approval from both universities. All individuals were informed in detail about the study's aim and methods. Representativeness of the trial was ensured by random selection of participants by means of simple random sampling without replacement [10]. The exclusion criteria, established before the study began, were as follows: known deformities of the lower limbs.

Plantographic footprints were produced using a non-marking technique with an instrument devised by Ślężyński. The following evaluative indices were obtained from the plantograms: for the longitudinal arch: Clarke angle index (CI), Sztriter-Godunow index (KY), Chippaux-Smirak Index (CSI) as well as the author's index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}); for the transverse arch: W_{wp} Wejsflog index and heel angle (γ). Indices of foot proportions

wysklepienie poprzeczne: wskaźnik W_{wp} Wejsfloga i kąt piętowy (γ). Dodatkowo wyznaczono wskaźniki proporcji: wskaźnik tęgości stopy (T_s) i wskaźnik długościowo-szerokościowy (W_{d-sz}) [9,10]. Sposób wyznaczania wskaźników proponowanych przez autorkę zamieszczono na Ryc. 1.

Normalność rozkładu poszczególnych zmiennych sprawdzano testem χ^2 . Weryfikacji trafności doboru wskaźników plantograficznych do oceny stóp dokonano metodą analizy czynnikowej, która stanowi zespół metod i procedur statystycznych, pozwalających na zredukowanie dużej liczby zmiennych do kilku wzajemnie nieskorelowanych czynników lub składowych głównych, bez istotnej straty zawartych w nich informacji. Czynniki zachowują stosunkowo dużą część informacji tkwiących w zmiennych pierwotnych, a jednocześnie każdy z nich jest nośnikiem innych treści merytorycznych [11].

Zasadność przeprowadzenia analizy czynnikowej ustalono na podstawie analizy macierzy korelacji oraz testu sferyczności Bartletta [12].

Algorytm analizy czynnikowej ujęto w następujące etapy:

1. podjęcie decyzji dotyczącej liczby czynników,
2. rotacja czynników,
3. interpretacja czynników.

Podstawowym celem pierwszego etapu analizy było ustalenie minimalnej liczby czynników niezbędnych do satysfakcjonującego opisanie korelacji między wprowadzonymi do analizy zmiennymi. Przekształcono „n” skorelowanych zmiennych w „n” nieskorelowanych czynników. Następnie na podstawie analizy wartości własnych wyodrębnionych czynników (przy założeniu, że wartość własna czynnika to jego wariancja) podjęto decyzję co do liczby czynników wykorzystywanych w dalszej analizie. Liczbę tę określono na podstawie wykresu osypiska, przy założeniu, że wartość własna odpowiadająca czynnikowi wspólnemu nie może być mniejsza od 1,0 czyli wariancja „przenoszona” przez czynnik nie może być mniejsza niż wariancja odpowiadająca pojedynczej zmiennej [12]. Inaczej mówiąc, uwzględniono tyle czynników, ile było na „stromiźnie wykresu”.

Przy szacunku ładunków czynnikowych zastosowano metodę głównych składowych Hottelina w modyfikacji Tuckera [12]. W celu jednoznacznej identyfikacji czynników i wyodrębnienia rozłącznych grup zmiennych „sprzężonych” z poszczególnymi czynnikami głównymi przeprowadzono rotację ortogonalną metodą Equamax znormalizowaną, która ułatwia jednocześnie interpretację zmiennych i czynników. Elementy macierzy, określające wielkości kątów o jakie należało obrócić układ osi – czynników głównych były tak ustalone, aby zmaksy-

were additionally calculated as a foot corpulence index (T_s) and a length and width index (W_{d-sz}) [9,10]. The procedures for calculating the indices proposed by the author are shown in Figure 1.

The normality of distribution of individual variables was verified with the χ^2 test. The verification of relevance of the choice of plantographic indices for foot evaluation was made by factor analysis, which embraces an array of methods and statistical procedures allowing for the reduction of the large quantity of variables to a few mutually uncorrelated factors or main components without a significant loss of the information contained in them. The factors retain a relatively large amount of the information residing in the primary variables, each of them simultaneously carrying different subject content [11].

The validity of conducting a factor analysis was determined on the basis of an analysis of the matrix correlations as well as Bartlett’s test of sphericity [12].

The algorithm of factor analysis was formulated as the following stages:

1. deciding on the number of factors,
2. factor rotation,
3. factor interpretation.

The basic aim of the first stage of analysis was to establish a minimal number of factors necessary for a satisfactory description of the correlation between the variables introduced for analysis. Initially, “n” correlated variables were transformed into “n” uncorrelated factors. Then, on the basis of an analysis of the eigenvalues of the isolated factors (assuming that the eigenvalue of the factor is its variance), the number of factors to be used in further analysis was decided on. This number is defined on the basis of a scree plot under the assumption that the eigenvalue corresponding to the common factor cannot be less than 1.0, i.e. the variance “transferred” by the factor cannot be less than the variance corresponding to a single variable [12]. In other words, as many factors were taken into consideration as there were along the “incline of the graph”.

The estimation of factor loadings was based on Hotteling’s main components method in Tucker’s modification [12]. In order to unequivocally identify the factors and distinguish separate groups of variables “coupled” with particular main factors, an orthogonal rotation of the factors was conducted with the Equamax standardized method, which makes easier the interpretation of both variables and factors at the same time. The elements of the matrix defining the magnitude of the angles by which the system of the axis-main factors was to be rotated were established so as to maximise the number of zero loadings in each column of the factor matrix while

malizować liczbę zerowych ładunków w każdej kolumnie macierzy czynników oraz jednocześnie zmaksymalizować korelacje między minimalną liczbą zmiennych a każdym wyodrębnionym czynnikiem głównym. Poszukiwano takiego rozwiązania, aby macierz spełniała tzw. kryteria prostej struktury sformułowane przez Thurstone'a, sprowadzające się do tego, aby w zbiorach cech można było wyróżnić rozłączne grupy, z których każda zawierałaby cechy o wysokich ładunkach dla jednego czynnika, średnich dla kilku czynników, oraz zerowych dla pozostałych czynników. W analizie czynnikowej za istotne uznano ładunki wykazujące wysoki (>0,7) stopień współzależności w ramach czynnika [11, 13].

Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu programu Microsoft Excel pakietu Office firmy Microsoft oraz programu STATISTICA 8.0 firmy StatSoft.

ANALIZA WYNIKÓW

W Tab. 1 zamieszczono podstawowe statystyki opisowe cech plantograficznych badanych mężczyzn.

Z analizy Ryc. 2 wynika, że czynnik czwarty jest ostatnim czynnikiem, w przypadku którego wartość własna jest większa od jedności. Pozwala to twierdzić, że osypisko rozpoczyna się od wartości własnej czwartego czynnika, w związku z powyższym do dalszej analizy przyjęto cztery czynniki.

W Tab. 2 zamieszczono wielkość wyjaśnionej wariancji przez poszczególne czynniki. Im większa wartość własna (wariancja) czynnika, tym większy „ładunek informacji” wejściowych zmiennych zawiera czynnik. Pierwszy czynnik odpowiada za naj-

simultaneously maximising the correlations between the minimal number of variables and each main factor isolated. A solution was sought where the matrix would fulfil what is known as the criteria of a simple structure formulated by Thurstone, leading to a situation where it would be possible to differentiate disconnected groups in variable classes, each group containing variables of high loadings for a single factor, average loadings for several factors as well as zero loadings for the remaining factors. Significant loadings in factor analysis were those displaying a high (>0.7) degree of correlation within a factor [11, 13].

The statistical analyses were conducted with Microsoft Excel of the Microsoft office package as well as the Stat Soft STATISTICA 8.0.

ANALYSIS OF RESULTS

Table 1 presents the basic descriptive statistics of the plantographic variables in the sample of male students.

Figure 2 shows that the fourth factor is the last factor with an eigenvalue greater than one. This allows the conclusion that the scree starts from the eigenvalue of the fourth factor; accordingly, four factors were adopted for further analysis.

Table 2 shows the percentages of the variance attributable to individual factors. The greater the eigenvalue (variance) of the factor, the greater “the information load” of the initial variables that that factor contains. The first factor is responsible for the

Tab. 1. Charakterystyka cech plantograficznych badanych mężczyzn
Tab. 1. The plantographic characteristics in the study sample of men

| Zmienna / Variable | \bar{X} | s | V |
|---|-----------|-------|-------|
| Cl sp / Cl rf | 49,04 | 10,54 | 21,49 |
| Cl sl / Cl lf | 48,63 | 10,77 | 22,15 |
| KY sp / KY rf | 0,46 | 0,11 | 24,95 |
| KY sl / KY lf | 0,45 | 0,11 | 24,55 |
| CSI sp / CSI rf | 37,40 | 8,60 | 22,99 |
| CSI sl / CSI lf | 37,40 | 8,80 | 23,53 |
| W _{gwp} sl / W _{gwp} lf | 25,64 | 5,55 | 21,64 |
| W _{gwp} sp / W _{gwp} lf | 25,98 | 4,97 | 19,12 |
| W _{wp} sp / W _{wp} rf | 2,59 | 0,15 | 5,79 |
| W _{wp} sl / W _{wp} lf | 2,60 | 0,15 | 5,77 |
| Kqt γ sp / Kqt γ rf | 17,21 | 1,67 | 9,70 |
| Kqt γ sl / Kqt γ lf | 17,10 | 1,64 | 9,59 |
| T _s sp / T _s rf | 1,85 | 0,18 | 9,73 |
| T _s sl / T _s lf | 1,85 | 0,17 | 9,19 |
| W _{d-sz} sp / W _{d-sz} rf | 4,78 | 0,40 | 8,37 |
| W _{d-sz} sl / W _{d-sz} lf | 4,81 | 0,39 | 8,11 |

sp – stopa prawa / rf – right foot

sl – stopa lewa / lf – left foot

większy procent wariancji. Drugi wyjaśnia najwięcej z tego, co pozostało jeszcze do wyjaśnienia, itd. Procent wariancji całkowitej wyjaśniany przez dany czynnik uzyskano mnożąc przez 100 iloraz wartości własnej czynnika przez liczbę wprowadzonych zmiennych (do badań własnych wprowadzono 16 zmiennych). Przeprowadzone w ten sposób obliczenia na macierzach współczynników korelacji ujawniają występowanie czterech czynników wyjaśniających około 84% informacji zawartych w zmiennych wejściowych, o czym świadczy wartość skumulowanego procentu wariancji (Tab. 2).

W Tab. 3 zamieszczono wartości ładunków czynnikowych dla analizowanych zmiennych. Analiza struktury badanych zmiennych wskazuje, że w największym stopniu (38%) wariancję wspólną wyjaśnia czynnik pierwszy, z którym identyfikują się: wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}) stopy prawej: -0,931, wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego (W_{gwp}) stopy lewej: -0,931, wskaźnik KY stopy prawej: 0,934, wskaźnik KY stopy lewej: 0,931, wskaźnik kątowy Clarke'a stopy prawej: -0,920 i wskaźnik kątowy Clarke'a stopy lewej: -0,910. Czynnik ten nazwano: „*wysklepieniem podłużnym stopy*”. Należy podkreślić, że czynnik pierwszy określany jest przez zestaw tych zmiennych pierwotnych, dla których obserwuje się szczególnie wysokie co do modułu wartości ładunków (Tab. 3). Duży udział w tłumaczeniu zmienności wspólnej (21%) posiada czynnik drugi, z dominującym udziałem wskaźnika długościowo-szerokościowego (W_{d-sz}) stopy prawej: 0,925, wskaźnika długościowo-szerokościowego (W_{d-sz}) stopy lewej: 0,903 oraz wskaźnikiem tęgości stopy (T_s) prawej: 0,804, wskaźnikiem tęgości stopy (T_s) lewej: 0,844. Czynnik ten nazwano „*proporcje stopy*”. Kolejny składnik wyodrębniający się w toku obliczeń, wyjaśniający 14% wariancji wspólnej związany jest ze wskaźnikiem W_{wp} Wejsfloga stopy prawej: -0,930, wskaźnikiem W_{wp} Wejsfloga stopy lewej: -0,873. Czynnik ten określono „*wysklepienie poprzeczne stopy*”. Czwarty czynnik został wyodrębniony również na podstawie tylko jednej zmiennej i wyjaśnia 11% wariancji wspólnej. Stanowi go kąt piętowy stopy prawej: 0,835 i kąt pię-

highest percentage of the variance. The second explains most of what still remains to be explained, etc. The percentage of total variance explained by a given factor was obtained by multiplying by 100 the quotient of the eigenvalue of the factor by the number of variables used (16 variables were used in the analyses). Calculations on the matrices of coefficients of correlations conducted in this way revealed the appearance of four factors explaining approximately 84% of the information contained in the initial variables, as demonstrated by the value of the accumulated percentage of variance (Table 2).

Table 3 contains the values of the factor loadings for the analysed variables. Analysis of the structure of the study variables shows that most of the common variance (38%) was explained by the first factor, identified with the index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}) of the right foot: -0.931, the index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}) of the left foot: -0.931, the KY index of the right foot: 0.934, the KY index of the left foot: 0.931, the Clarke angle index (CI) of the right foot: -0.920, and the Clarke angle index (CI) of the left foot: -0.910. The factor was called: “*longitudinal arch of the foot*”. It needs to be emphasised that this first factor was determined by the set of those primary variables associated with particularly high loadings for each module (Table 3). The second factor contributed considerably to explaining the common variance (21%), with dominant inputs from the length and width index (W_{d-sz}) of the right foot: 0.925, the length and width index (W_{d-sz}) of the left foot: 0.903, the foot corpulence index (T_s) of the right foot: 0.804, and the foot corpulence index (T_s) of the left foot: 0.844. This factor was called “*foot proportions*”. The next component that emerged in the course of calculations, explaining 14% of the common variance, was associated with the W_{wp} Wejsflog index of the right foot: -0.930, and the W_{wp} Wejsflog index of the left foot: -0.873. This factor was defined as the “*transverse arch of the foot*”. The fourth factor was distinguished on the basis of a single variable and explained 11% of the common variance. The variable was the heel angle of the right foot: 0.835

Tab. 2. Wielkość wariancji wyjaśnionej przez poszczególne czynniki

Tab. 2. Magnitude of variance explained by individual factors

| Czynnik/ Factor | Wartość własna/ Specific value | % ogółu wariancji/ % of total variation | Skumulowana wartość własna/ Accumulated specific value | Skumulowany % wariancji/ Accumulated % variation |
|--------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| 1 | 6,159550 | 38,49719 | 6,15955 | 38,49719 |
| 2 | 3,953224 | 24,70765 | 10,11277 | 63,20484 |
| 3 | 2,196724 | 13,72952 | 12,30950 | 76,93436 |
| 4 | 1,168573 | 7,30358 | 13,47807 | 84,23794 |

Tab. 3. Wartości ładunków czynnikowych analizowanych zmiennych po rotacji metodą Equamax znormalizowaną
 Tab. 3. Factor loadings of the analysed variables after rotation with Equamax standardized method

| Zmienna / Variable | Czynnik 1 / Factor 1 | Czynnik 2 / Factor 2 | Czynnik 3 / Factor 3 | Czynnik 4 / Factor 4 |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cl sp / Cl rf | -0,920075 | -0,026638 | -0,006299 | 0,054633 |
| Cl sl / Cl lf | -0,910233 | 0,018563 | -0,054183 | 0,091549 |
| KY sp / KY rf | 0,934129 | 0,001242 | 0,098809 | 0,031067 |
| KY sl / KY lf | 0,931124 | -0,011608 | 0,147753 | 0,002210 |
| CSI sp / CSI rf | 0,754485 | -0,267455 | -0,227904 | 0,224802 |
| CSI sl / CSI lf | 0,625820 | -0,340031 | -0,164812 | 0,281373 |
| W _{gwp} sl / W _{gwp} lf | -0,931373 | -0,185693 | 0,058824 | 0,001201 |
| W _{gwp} sp / W _{gwp} rf | -0,931192 | -0,125676 | 0,054049 | 0,034872 |
| W _{wp} sp / W _{wp} rf | 0,014773 | -0,010681 | -0,929612 | -0,143222 |
| W _{wp} sl / W _{wp} lf | 0,051566 | -0,110041 | -0,872813 | -0,255064 |
| Kąt γ sp / Kąt γ rf | 0,106924 | 0,162037 | 0,270170 | 0,835399 |
| Kąt γ sl / Kąt γ lf | 0,062580 | 0,253507 | 0,195874 | 0,867429 |
| T _s sp / T _s rf | -0,006665 | 0,804132 | 0,446326 | 0,102239 |
| T _s sl / T _s lf | -0,027223 | 0,843786 | 0,282752 | 0,256718 |
| W _{d-sz} sp / W _{d-sz} rf | -0,008285 | 0,925498 | -0,099655 | 0,014342 |
| W _{d-sz} sl / W _{d-sz} lf | -0,002107 | 0,902955 | -0,258288 | 0,088676 |
| Wartość własna / Specific value | 6,129467 | 3,371842 | 2,213182 | 1,763580 |
| Udział wariancji / Share of variation | 0,383092 | 0,210740 | 0,138324 | 0,110224 |
| Całkowita zmienność / Total variability 84% | 38% | 21% | 14% | 11% |

sp – stopa prawa / rf – right foot sl – stopa lewa / lf – left foot

wartości ładunków czynnikowych o wartościach powyżej 0,7 (czyli istotne cechy pierwotne wchodzące w skład poszczególnych czynników głównych) wyróżniono

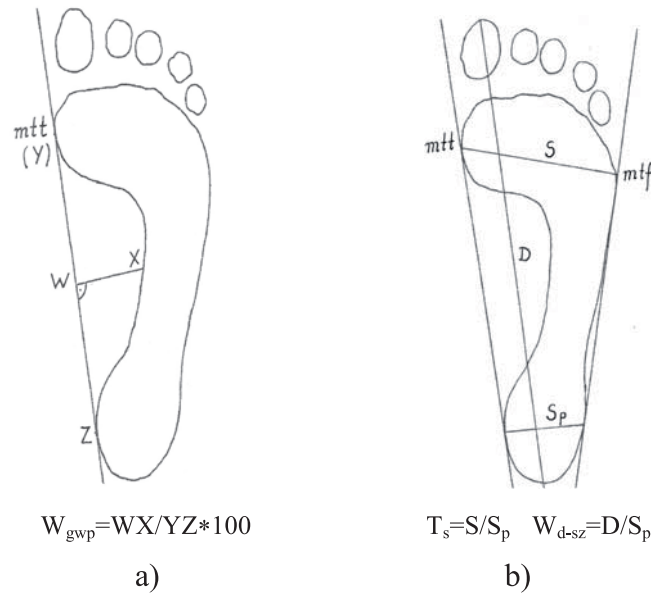
the load factor values of over 0.7 (i.e. significant primary features entering into the composition of individual main factors) are given in bold

towy stopy lewej: 0,867. Czynnik nazwano: „smukłość stopy” (Tab. 3).

Reasumując, wyniki badań przeprowadzonych metodą analizy czynnikowej pozwalają stwierdzić, że do oceny wysklepienia podłużnego stopy najbardziej trafny jest proponowany przez autorkę wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}). Z uwagi na niskie wartości ładunków czynnikowych dla wskaźnika Chippaux-Smirak, wskaźnik ten można uznać za mało przydatny do oceny wysklepienia podłużnego stopy. W przypadku wysklepienia poprzecznego wskaźnik W_{wp} Wejsfloga osiągnął wyższe wartości ładunków czynnikowych i wyższy procent zmienności wspólnej niż kąt piętowy, natomiast w odniesieniu do proporcji stopy wskaźnik W_{d-sz} osiągnął wyższe wartości ładunków w ramach czynnika niż wskaźnik tęgości stopy (T_s). Badania wykazały, że wszystkie zmienne wykazują wysoką symetrię, gdyż w ramach jednego czynnika występują zarówno dane dla prawej, jak i lewej stopy.

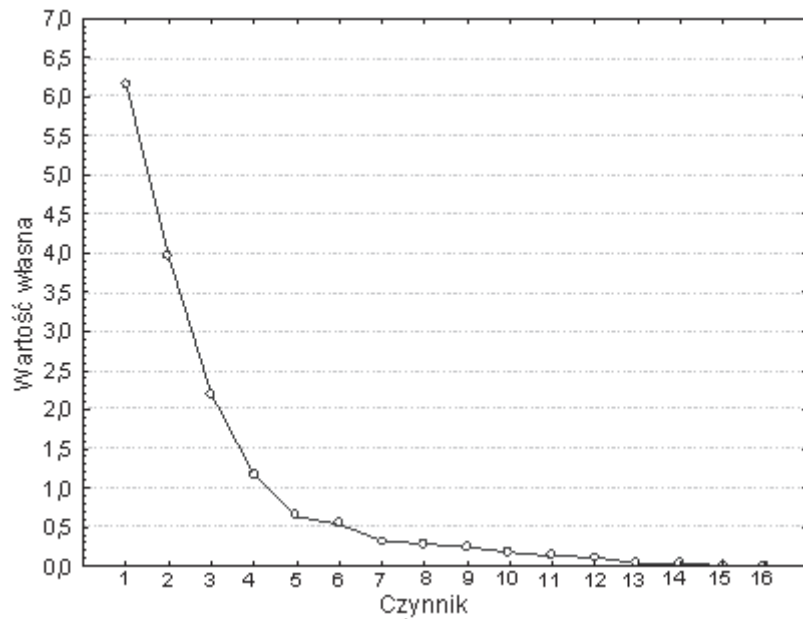
and the heel angle of the left foot: 0.867. This factor was defined as “foot slenderness” (Table 3).

Summing up, the factor analysis data suggest that the longitudinal arch of the foot is most accurately evaluated by the index of depth of the longitudinal arch (W_{gwp}), proposed by the present author. In view of the low values of factor loadings for the Chippaux-Smirak Index, this index may be regarded as one of little use for evaluating the longitudinal arch of the foot. With regard to the transverse arch of the foot, the Wejsflog index (W_{wp}) achieved higher factor loadings and accounted for a higher percentage of the common variance than the heel angle, and with regard to foot proportions, the length and width index (W_{d-sz}) achieved higher factor loadings within that factor than the foot corpulence index (T_s). The analysis showed that all the variables display a high level of symmetry as data for the right as well as left foot were grouped under the same factor.



Ryc. 1. Sposób wyznaczania własnych wskaźników plantograficznych: a) wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}), b) wskaźnik tęgości stopy (T_s) i wskaźnik długościowo-szerokościowy stopy (W_{d-sz})

Fig. 1. Procedure for determining the indices proposed by the author: a) index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}), b) foot corpulence index (T_s) and length and width index of the foot (W_{d-sz})



Ryc. 2. Wykres osypiska

Fig. 2. Scree plot

DYSKUSJA

Ocena prawidłowości ukształtowania stóp ma istotne znaczenie z punktu widzenia profilaktyki i korekcji ich deformacji. Mnogość i interdyscyplinarność metod diagnostycznych wskazuje na złożoność takiej oceny. Do stałego monitorowania stanu stóp, zwłaszcza w badaniach przesiewowych, szczególnie

DISCUSSION

An evaluation of foot shape is of key importance for the prevention and correction of foot deformities. The multiplicity and interdisciplinary nature of available diagnostic methods indicates the complexity of such evaluations. Particularly useful in continuous monitoring of the status of the feet, and especially in

przydatne są metody łatwe w zastosowaniu, nieinwazyjne i mało kosztowne, a jednocześnie spełniające warunki obiektywizmu, trafności, rzetelności, standaryzacji i normalizacji. Plantografia jest bez wątpienia metodą łatwą, nie wymagającą dużych nakładów finansowych, w związku z tym wielokrotnie znajdowała zastosowanie w badaniach diagnostycznych. Pomimo dużej liczby prac poświęconych diagnostyce stóp tą metodą, konieczne są nowe badania, w celu ujednoczenia oceny oraz określenia sposobu klasyfikacji deformacji stóp. Powszechnie stosowanym wskaźnikiem do oceny wysklepienia poprzecznego stopy jest wskaźnik Wejsfloga. Również kąt piętowy stanowi miarę wysklepienia poprzecznego stopy. Zdaniem niektórych autorów [14] kryterium kąta piętowego wzbudza pewne wątpliwości metodologiczne, podważa przydatność stosowania tego wskaźnika, jako metody diagnostycznej. Dlatego dla potrzeb badań przesiewowych istnieje potrzeba ujednoczenia oceny oraz określenia sposobu klasyfikacji deformacji stóp.

Trafność (*ang. validity* – użyteczność, słuszność, ważność) to stopień adekwatności pomiaru, a więc zgodność treści, które mierzy z tym, co w założeniu miał mierzyć, przy redukcji udziału jak największej ilości innych komponentów [15, 16]. Według Ryguły [11] trafność oznacza stopień precyzji, z jaką test ocenia właściwości, charakterystyki, dla oceny których jest on stosowany oraz informuje, na ile wartościowy jest eksperyment i jakie może mieć znaczenie dla praktyki w sensie instrumentu diagnozy lub prognozy. W piśmiennictwie spotyka się badania nad trafnością, aczkolwiek znakomita większość z nich dotyczy prób weryfikowania trafności testów psychologicznych, kwestionariuszy i skal oceny jakości życia, testów badających sprawność motoryczną [13,17-22].

W badaniach własnych podjęto próbę zweryfikowania, które ze wskaźników powszechnie stosowanych w diagnostyce wysklepienia podłużnego i poprzecznego stóp, a także – które ze wskaźników proponowanych przez autorkę – mają największą siłę diagnostyczną, a więc w założeniu są najbardziej trafne. Badania metodą analizy czynnikowej, poparte analizą wartości współczynników zmienności wykazały, że do oceny wysklepienia podłużnego stopy najbardziej trafny w zastosowaniu jest wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}). Oprócz wysokich wartości ładunków czynnikowych, wartości tego wskaźnika charakteryzowały się najmniejszą dyspersją. Do oceny wysklepienia poprzecznego stóp bardziej przydatny jest wskaźnik W_{wp} Wejsfloga niż kąt piętowy. Wskaźniki: długościowo-szerokościowy stopy (W_{d-sz}) i tęgości stopy (T_s), zna-

screening tests, are methods that are easy to apply, non-invasive and inexpensive to use, while at the same time fulfilling the conditions of objectivism, reliability, standardisation and normalisation. Plantography is without doubt an easy-to-use method that does not require a large financial outlay; therefore, it has frequently been used in diagnostic tests. Despite a large number of works devoted to diagnostic work-up of the feet with this method, new tests are needed to unify evaluation and develop an approach to classification of foot deformities. The Wejsflog index is a widely used tool for the evaluation of the transverse arch of the foot. The heel angle is another measure of the transverse arch of the foot. Some authors [14] claim that the heel angle criterion is methodologically doubtful and question the usefulness of this index as a diagnostic method. Therefore, there is a need for standardising the evaluation as well as defining an approach to classifying foot deformities for the purposes of screening examinations.

Validity is the degree of adequacy in measurement, or the conformity of what is measured to what was to be measured given the reduction of the contribution of the greatest possible number of other components [15,16]. According to Ryguła [11], validity represents the degree of precision with which a test evaluates the properties or characteristics it is applied to evaluate. Validity reflects how valuable an experiment is and what practical significance it may have as a diagnostic or prognostic instrument. There are reports of validity research in the literature, although the vast majority of these are concerned with verifying the validity of psychological tests, quality of life assessment scales and questionnaires, and tests assessing motor ability [13, 17-22].

The present study aimed to verify which of the indices widely used in the diagnostic work-up of the longitudinal and transverse arch of the feet as well as those proposed by the author have the greatest diagnostic power and may therefore be assumed to be the most valid ones. The factor analysis supplemented by an analysis of coefficients of variability showed that the longitudinal arch of foot can be most accurately evaluated with the index of depth of the longitudinal arch (W_{gwp}). These indices were characterized by high factor loadings and the smallest dispersion. The transverse arch of the foot was more accurately evaluated with the Wejsflog index (W_{wp}) than with the heel angle. The foot corpulence index (T_s) and the length and width index (W_{d-sz}) were associated with the same factor, which was referred to as “foot proportions”. These indices can indirectly indicate the status of the longitudinal and transverse foot arches. They may also aid in the final determina-

lazły się w obrębie tego samego czynnika, który określono mianem: „proporcje stopy”. Wskaźniki te w sposób pośredni mogą wskazywać na stan wysklepienia podłużnego i poprzecznego stóp. Mogą być również pomocne w ostatecznym rozstrzygnięciu, kiedy stopy są płaskie, a kiedy zagrożone płaskostopiem. Odnosząc rezultaty niniejszych badań do wyników uzyskanych w analogicznej grupie kobiet nasuwa się stwierdzenie, że struktura otrzymanych związków z analizowanych zmiennych jest podobna u kobiet i mężczyzn [10]. U obu płci zauważa się podobną strukturę dominującego czynnika (czynnik pierwszy), natomiast zróżnicowanie dotyczy kolejności składników struktury powiązań, które być może podyktowane jest dymorfizmem płciowym.

Badania własne stanowią propozycję ujednoczenia kryteriów oceny stóp w celu uzyskiwania wiarygodnych i porównywalnych wyników. Uzyskane wyniki oraz ich analiza i interpretacja mogą mieć istotne znaczenie w diagnostyce oraz stanowić impuls do dalszych poszukiwań naukowych.

WNIOSKI

1. Do oceny wysklepienia podłużnego stóp najbardziej trafny w zastosowaniu jest wskaźnik głębokości wysklepienia podłużnego stopy (W_{gwp}).
2. W ocenie wysklepienia poprzecznego najbardziej przydatny jest wskaźnik W_{wp} Wejsfloga, natomiast do oceny proporcji stóp najbardziej użyteczny jest wskaźnik długościowo-szerokościowy (W_{d-sz}).

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Hills AP, Henning EM, Mc Donald M, Bar-Or O. Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *Int J Obes* 2001; 25 (11): 1674-79.
2. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop* 2003; 12-B: 141-146.
3. Kanatli V, Yetkin H, Yalcin N. The relationship between accessory navicular and medial longitudinal arch: evaluation with plantar pressure distribution measurement system. *Foot Ankle* 2003; 6: 486-9.
4. Hien NM. Inserts and shoes for foot deformities. *Orthopade* 2003; 32 (2): 119-132.
5. Tsung BY, Zhang M, Fan YB, Boone DA. Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *J Rehabil Res Dev* 2003; 40 (6): 517-26.
6. Přidalová M, Vorálková D, Elfmark M, Janura M. The evaluation of morphology and foot function. *Acta Univ Palacki Olomuc Gymnica* 2004; 34 (1): 49-56.
7. Aydog ST, Ozcakar L, Tetik O, Demirel HA, Hascelik Z, Doral NN. Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts a preliminary study. *British Journal of Sports Medicine* 2005; 39 (3): 13.
8. Szczygieł E, Golec E, Golec J, Mazur T, Sobczyk Ł. Analiza porównawcza dystrybucji nacisków na powierzchnię podeszwy stóp prawidłowo wysklepionych oraz stóp płaskich. *Przeg Lek* 2008; 65 (1): 4-7.
9. Puszczalowska-Lizis E. Ocena rzetelności pomiarowej oryginalnych wskaźników plantograficznych. *Prz Med Uniw Rzesz* 2010; 8 (2): 176-181.
10. Puszczalowska-Lizis E. Weryfikacja trafności doboru wskaźników do oceny ukształtowania stopy na podstawie badań stóp kobiet w wieku 20-27 lat. *Rehab Med* 2011; 15 (2): 9-14.
11. Ryguła I. Proces badawczy w naukach o sporcie. AWF Katowice; 2004.
12. Wieczorkowska G, Wierzbński J. Statystyka. Scholar; 2001.
13. Brzyski P, Knurowski T, Tobiasz-Adamczyk B. Trafność i rzetelność skali wsparcia społecznego SSL12-I w populacji osób starszych wiekiem w Polsce. *Przeg Epidemiol* 2005; 59: 135-145.
14. Trzcńska D, Tabor P, Olszewska E. Stopy studentów AWF w Warszawie – ocena plantograficzna. *Wych Fiz Zdrow* 2007; 3: 12-17.
15. Szopa J, Mleczo E, Żak S. Podstawy antropomotoryki. PWN Warszawa; 2000.

tion of which feet are flat and which are at risk of flatfoot. A comparison of the results of this study with those obtained in analogous a comparable group of women, points to the conclusion that the structure of relationships between the study variables is similar in females and males [10]. Both sexes share a similar structure of the dominant factor (first factor) and differences are seen in the sequence of components of the structure of relationships, which may be due to sexual dimorphism.

The present study constitutes a proposal for standardizing foot evaluation criteria with the aim of obtaining reliable and comparable results. The results together with their analysis and interpretation may be useful in the diagnosis of foot deformities as well as constituting an impulse for further scientific enquiries.

CONCLUSIONS

1. The most valid index for the evaluation of the longitudinal arch of the feet is the index of depth of the longitudinal arch of the foot (W_{gwp}).
2. For evaluation of the transverse arch the most useful index is the W_{wp} Wejsflog index, while foot proportions are most accurately evaluated with the length and width index (W_{d-sz}).

16. Panek T. Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej. SGH Warszawa; 2009.
17. Szopa J, Chwała W, Ruchlewicz T. Badania struktury zdolności motorycznych o podłożu energetycznym i trafności ich testowania. *Antropomotoryka* 1998; 17: 3-42.
18. Szopa J, Latinek K. Badanie nad istotą i strukturą wewnętrzną koordynacyjnych zdolności motorycznych. *Antropomotoryka* 1998; 17: 43-62.
19. Tchen N, Soubeyran P, Eghbali H, i wsp. Quality of life in patients with aggressive non-Hodgkin's lymphoma. Validation of the medical outcomes study short form 20 and the Rotterdam symptom checklist in older patients. *Crit Rev Oncol Hematol* 2002; 43 (3): 219-226.
20. Januszewski J, Mleczek E. Analiza czynnikowa w świetle badań porównawczych. *Antropomotoryka* 2003; 25: 25-38.
21. Zurlo MC, Pes D, Siegrist J. Validity and reliability of the effort-reward imbalance questionnaire in a sample of 673 Italian teachers. *Int Arch Occup Environ Health* 2010; 83 (6): 665-674.
22. Valingankar JA, Abdin E, Chong SA. Exploratory and confirmatory factor analyses of the Multidimensional Scale of Perceived Social Support in patients with schizophrenia. *Compr Psychiatry* 2011; 1 (12): 35-39.

Liczba słów/Word count: 5070

Tabele/Tables: 3

Ryciny/Figures: 2

Piśmiennictwo/References: 22

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Dr Ewa Puszczalowska-Lizis

Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Fizjoterapii

35-205 Rzeszów, ul. Warszawska 26 A, tel./fax: (17) 872-19-20, e-mail: ewalizis@poczta.onet.pl

Otrzymano / Received

12.10.2011 r.

Zaakceptowano / Accepted

10.01.2012 r.