KLASIFIKÁCIA ATLETICKÉHO SEDEMBOJA PROSTREDNÍCTVOM METÓD HIERARCHICKEJ ZHLUKOVEJ ANALÝZY

CLASSIFICATION OF HEPTATHLON BY THE METHODS OF HIE- RARCHICAL CLUSTERING

J. Broďáni, N. Dvořáčková - Kováčová, & M. Czaková

Katedra telesnej výchovy a športu, PF UKF Nitra, Slovensko

Abstract

Authors deals with the problematics of group classification of athletics disciplines, which influence the sports performance in the women's heptathlon. For the group identification, the indicators of the best world's performance in heptathlon above the 6200 points according to the data from IAAF (N = 172) were used. From the classification methods of clustering the hierarchical models as the Average linkage (Between & Within-group), Single Linkage - Nearest neighbor, Complete Linkage - Farthest neighbor, Centroid linkage, Median clustering, and Ward's method were used.

All seven clustering methods agreed in two groups of clusters and in the content of disciplines in 2 clusters [200 meters, Long jump, 800 meters, 100 meters hurdles, High jump] [Shot put, Javelin throw]. The stability test with the cluster structure of heptathlon in the level of the second cluster is 100 %. The highest stability, 42,86 %, shows the internal hierarchy of disciplines [200 meters, Long jump, 100 meters hurdles, High jump, 800 meters] [Shot put, Javelin throw].

Hierarchical models allow identifying groups of athletics disciplines that influence the sports performance in women's heptathlon. Understanding the structure of sports performance contributes to the streamlining the training process and determining the combined events typology of world performance athletes.

Keywords: heptathlon; women; cluster analysis

Súhrn

Autori sa v príspevku zaoberajú problematikou klasifikácie skupín atletických disciplín ovplyvňujúcich športovú výkonnosť sedemboja žien. Na identifikáciu skupín boli využité ukazovatele najlepších svetových výkonov sedemboja nad 6200 bodov podľa dostupných údajov z IAAF (N = 172). Z klasifikačných metód zhľukovania boli použité hierarchické modely ako Average linkage (Between & Within - group), Single Linkage - Nearest neighbor, Complete Linkage - Farthest neighbor, Centroid linkage, Median clustering, Ward's method.

Všetkých sedem zhľukových metód sa zhodlo v dvoch skupinách zhľukov a v obsahu disciplín v 2. klastry [200 m, skok od diaľky, 800 m, 100 m prekážok, skok do výšky] [vrh guľou, hod oštepom]. Test stability so štruktúrou zhľukov sedemboja na úrovni 2. klastra je 100 %. Najvyššiu stabilitu 42,86 % javí vnútorná hierarchia disciplín [200 m, Skok do diaľky, 100 m prekážok, Skok do výšky, 800 m] [Vrh guľou, Hod oštepom].

Hierarchické modely umožnili identifikovať skupiny atletických disciplín ovplyvňujúce športový výkon v sedemboji žien. Poznanie štruktúry športového výkonu prispieva k zefektívneniu tréningového procesu a určeniu viacbojárskej typológie pretekárov svetovej výkonnosti.

Kľúčové slová: sedemboj; ženy; zhľuková analýza

Úvod

Ženský sedemboj je komplexná disciplína, v ktorej je nutné rešpektovať štruktúru športového výkonu, špecifické požiadavky jednotlivých disciplín, systém bodovania a hlavne dvojdiňový systém súťaže-

nia (Ihring & Ihring 1979; Koukal & Vindušková, 1987). Viacboj je svojou osobitosťou, špecifickosťou a podielovou štruktúrou disciplín charakteristický všestrannosťou ale aj jednostrannosťou niektorých disciplín (Fanshawe, 2012; Lease, 1999). Jeho náročnosť spočíva na vysokých technických, taktických, telesných, psychologických a teoretických požiadavkách v športovej príprave (Mekhrikadze, Ermolaev & Slavkina, 2010). K rozhodujúcim úlohám tréningu je rozvoj pohybových schopností a zdokonaľovanie techniky jednotlivých disciplín sedemboja (Koukal, 1985; Vindušková & Koukal, 2003). Popri dodržiavaní všeobecných zákonitostí treba vytvoriť primeraný priestor na rešpektovanie osobnosti pretekárov, ich predností a nedostatkov.

Potencionálna viacbojárka by už mala mať základnú skúsenosť z atletických tréningov a dvojdnových súťaží. V najlepšom prípade s rozsiahlym športovým základom v disciplínach s prevahou rýchlosti a s ďalším predpokladom vybudovania si rýchlostno-silového potenciálu (Nemetseva, 2006). Sedembojárky s vrcholovým výkonom musia byť na tréningu takmer celý deň, sedemkrát do týždňa (Ryba, 2002; Vindušková, 1984).

Zložité vzťahy a súvislosti v štruktúre výkonu sedemboja poukazujú na odlišné zameranie a obsah prípravy na rôznej úrovni športového výkonu (Broďáni, 2007). Poznanie podielu jednotlivých disciplín v sedemboji na rôznej úrovni umožňuje lepšie orientovať sa v zložitosti disciplíny a náročnosti prípravy (Vindušková, 2003). Objasnenie štruktúry výkonu z pohľadu disciplín viacboja umožňuje trénerom lepšie sa orientovať v spletitej štruktúre vzťahov a súvislostí, objektívnejšie usudzovať na podiel faktorov pripravenosti v jednotlivých disciplínach (Dawkins et al., 1994; Košťál, 1994). Významný vplyv na výsledný bodový výkon má aj systém bodovania (Dammeier, 2019; Katovic et al. 2017; Sukhanov 2013), ktorý preferuje bežecké a skokanské disciplíny pred vrhačskými.

Cieľ

Cieľom príspevku bolo prostredníctvom hierarchických zhlučovacích metód identifikovať skupiny atletických disciplín ovplyvňujúcich športovú výkonnosť sedemboji žien s priemerným výkonom 6467,72 bodu. Sekundárne poukázať na viacbojársku typológiu pretekárov svetovej výkonnosti a zameranosť tréningového procesu.

Metodika

Zhromaždený empirický materiál tvoria ukazovatele športovej výkonnosti sedemboja u $N = 172$ najlepších svetových viacbojárov podľa dostupných údajov z IAAF k 31. decembru 2019, s priemerným športovým výkonom $M = 6467,72$ bodu, pri odchýlke $SD = 221,72$ ($Max = 7291$, $Min = 6201$) vid'. tab. 1 a obr. 1. Do analýzy vstupovali bodové hodnoty disciplín viacboja z prvého dňa beh na 100 m prekážok, skok do výšky, vrh guľou, beh na 200 m a druhého dňa skok do diaľky hod oštepom, beh na 800m.

Klasifikáciou zhlukov skupín atletických disciplín v rámci štruktúry športového výkonu viacbojov sa vo svojich prácach zaoberali Bilić (2015), Bilić & Smajlović (2012), Cox & Dunn (2002), Dziedek (2018), Everitt & Hothorn (2014), Fröhlich et al. (2015), Gassmann, Fröhlich & Emrich (2016), Pavlovič (2017), Schomaker & Heumann (2011), Woolf, Ansley & Bidgood (2007) a ďalší.

Pri klasifikácii skupín atletických disciplín v štruktúre sedemboja využívame v našej práci taktiež zhlukovacie algoritmy. Hypotéza zhuku je vhodný spôsob ako vyjadriť kvalitu zhlukovania pomocou miery separácie popísaných distribúcií (Trebuňa & Beres 2010).

Hierarchické zhlukovacie metódy vychádzajú z jednotlivých objektov (každý jeden objekt tvorí prvotný zhuk). Ich spájaním sa v každom kroku počet zhukov postupne znižuje až sa nakoniec všetky zhuky spoja do jedného celku (postup však môže byť aj opačný: z prvotného – všetky objekty zahŕňajúceho zhuku – sa postupne vydeľujú menšie a menšie zhuky, až po jednotlivé objekty). Hierarchické metódy vedú k hierarchickej (stromovej) štruktúre, ktorá sa graficky zobrazuje ako stromový diagram - dendrogram. Objekty sú v dendrograme radené tak, aby bolo možné sledovať postupné spájanie objektov do zhukov.

Existujú viaceré zhlukovacie metódy, ktoré sa líšia konkrétnym postupom a môžu viesť k rôznym výsledkom, sú však matematicko-štatisticky rovnocenné (odporúča sa preto vyskúšať viaceré metódy a podľa zmysluplnosti výsledku vybrať optimálnu). Z klasifikačných metód zhlukovania boli v našej práci použité hierarchické modely ako Average linkage (Between & Within groups), Single Linkage - Nearest neighbor, Complete Linkage - Farthest neighbor, Centroid linkage, Median clustering, Ward's method. Na určenie vzdialenosti medzi premennými sme zvolili u každej metódy euklidovskú vzdialenosť, ktorú

odporúča Wolf et al. (2007) z dôvodu väčšej konzistencie ako metódy založené na Pearsonovej korelačnej pravdepodobnosti. Výsledky boli spracované v programe MS Excel a IBM SPSS. Poznatky a závery formulujeme na základe vecne logického zhodnotenia získaných výsledkov.

Tabuľka 1./ Table 1.

Štatistická charakteristika športových výkonov súboru sedembojárok s priemerným športovým výkonom 6467,72 bodu./ Statistical characteristics of sports performances of a set of women in heptathlon with an average sports performance of 6467.72 points.

	M	SD	Min	Max
ŠV - Športový výkon (body)	6467,72	221,72	6201,00	7291,00
Deň 1 (body)	3802,90	146,07	3438,00	4264,00
Deň 2 (body)	2664,82	127,06	2348,00	3027,00
100 m prekážok (s)	13,50	0,38	12,54	14,50
Skok do výšky (m)	1,82	0,06	1,60	1,98
Vrh guľou (m)	13,95	0,95	11,72	17,31
200 m (s)	24,23	0,62	22,35	25,97
Skok do diaľky (m)	6,39	0,25	5,86	7,27
Hod oštepom (m)	45,67	4,89	35,41	59,32
800 m (m:ss,00)	2:13,57	0:04,57	2:04,20	2:29,43
100 m prekážok (body)	1051,22	55,48	909,00	1195,00
Skok do výšky (body)	1001,82	80,52	736,00	1211,00
Vrh guľou (body)	790,69	63,40	643,00	1016,00
200 m (body)	959,17	59,23	800,00	1145,00
Skok do diaľky (body)	974,02	80,26	807,00	1264,00
Hod oštepom (body)	776,71	94,45	579,00	1041,00
800 m (body)	914,09	64,75	700,00	1051,00

Obrázok 1./ Figure 1.

Krabicový graf bodového hodnotenia jednotlivých disciplín sedemboja (body)./ Box chart of point evaluation of individual heptathlon disciplines (points).

Výsledky

Zhoda

Hľadáním zhody medzi použitými hierarchickými metódami a porovnávaním dendrogramov na všetkých úrovniach sme zistili, že všetkých sedem metód vytvorilo rovnaké riešenia v 2. klastry (tab. 2, obr. 3 - 5). Hierarchické metódy zhodne vytvorili dva zhluky disciplín s rovnakým obsahom disciplín. Najväčší zhluk tvoria tri bežecké disciplíny (200 m, 100 m prekážok, 800 m) a dve skokanské disciplíny (skok do diaľky a skok do výšky). Všetky disciplíny sú podmienené rýchlostnými a rýchlostno-silovými schopnosťami, resp. špeciálnou vytrvalosťou. Druhý zhluk tvoria dve vrhačské disciplíny (vrh guľou, hod oštepom).

V 2. klastry boli z pohľadu vnútornej hierarchie disciplín zhodné iba 4 metódy [200 m, Skok do diaľky, 800 m, Skok do výšky, 100 m prekážok] [Vrh guľou, Hod oštepom]. Rozdiely sme zaznamenali vo výmene postov posledných 3 disciplín prvého zhluku (100 m prekážok, Skok do výšky, 800 m). V ďalších krokoch - klastroch sme nezaznamenali komplexnejšie zhody metód ani vnútornej hierarchie disciplín.

Tabuľka 2./ Table 2.

Zhluky disciplín sedemboja v klasteroch a zhodujúce sa hierarchické modely určením vzdialenosti metódou euklidovskej vzdialenosti./ Clusters of heptathlon disciplines in clusters and matching hierarchical models by determining the distance by the Euclidean distance method.

Klaster	Zhluky disciplín	Metódy
2	[200 m, Skok do diaľky, 800 m, Skok do výšky, 100 m prekážok] [Vrh guľou, Hod oštepom]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Kódy metód./ Method codes. 1. Average linkage (Between groups), 2. Average linkage (Within groups), 3. Single Linkage - Nearest neighbor, 4. Complete Linkage - Farthest neighbor, 5. Centroid linkage, 6. Median clustering, 7. Ward's method.

Obrázok 2./ Figure 2.

Klasický škálovací graf disciplín sedemboja zo 172 najlepších výkonov sveta./ A classic scaling chart of heptathlon disciplines from the 172 best performances in the world.

Obrázok 3./ Figure 3.

Dendrogram prezentujúci v 2. klastry zobrazenie [200 m, Skok do diaľky, 800 m, Skok do výšky, 100 m prekážok] [Vrh guľou, Hod oštepom] metódami Average linkage (Within groups), Single Linkage - Nearest neighbor, Centroid linkage, Median clustering./ Dendrogram presenting in 2nd clusters the view [200 m, Long jump, 800 m, High jump, 100 m hurdles] [Shot put, Javelin throw] using Average linkage (Within groups), Single Linkage - Nearest neighbor, Centroid linkage, Median clustering.

Obrázok 4./ Figure 4.

Dendrogram prezentujúci v 2. klastry zobrazenie [200 m, Skok do diaľky, 800 m, 100 m prekážok, Skok do výšky] [Vrh guľou, Hod oštepom] metódou Average linkage (Between Groups) a Ward Linkage./ Dendrogram presenting in 2nd clusters the display [200 m, Long jump, 800 m, 100 m hurdles, High jump] [Ball throw, Javelin throw] using the method Average linkage (Between Groups) and Ward Linkage.

Obrázok 5./ Figure 5.

Dendrogram prezentujúci v 2. klastry zobrazenie [200 m, Skok do diaľky, 100 m prekážok, Skok do výšky, 800 m] [Vrh guľou, Hod oštepom] metódou Complete Linkage - Farthest neighbor./ Dendrogram presenting in 2nd clusters the view [200 m, Long jump, 100 m hurdles, High jump, 800 m] [Shot put, Javelin throw] using the Complete Linkage - Farthest neighbor method.

Obrázok 6./ Figure 6.

Dendrogram prezentujúci rovnaké zobrazenie zhlukov a štruktúry disciplín sedemboja metódami Average linkage (Between & Within groups), Complete Linkage - Farthest neighbor, Centroid linkage, Median clustering, Ward's method u dvoch výkonnostne diferencovaných podskupín (6201 - 6400 bodov a 6401 - 7291 bodov)./ Dendrogram presenting the same representation of clusters and structure of heptathlon disciplines using the methods Average linkage (Between & Within groups), Complete Linkage - Farthest neighbor, Centroid linkage, Median clustering, Ward methods method in two performance differentiated subgroups (6201 - 6400 points and 6401 - 7291 points).

Test stability

Stabilitu výpočtu 2. klastra sme skúmali pomocou série testov uskutočňovaných s použitím všetkých siedmich metód. Sedembojárska vzorka bola rozdelená do dvoch podskupín obsahujúcich prvých 86 záznamov (6201 - 6400 bodov) a zvyšných 86 záznamov (6401 - 7291 bodov). Z každej podskupiny sme získali dendrogram.

Všetky podskupiny reprodukovali rovnaké riešenia v zmysle dvoch zhlukov a obsahu disciplín (100 %). Diferencie sme zaznamenali iba v prvej podskupine v rámci vnútornej hierarchie disciplín.

Hierarchia disciplín [200 m, Skok do diaľky, 800 m, Skok do výšky, 100 m prekážok] [Vrh guľou, Hod oštepom] prezentovaná najväčším počtom metód (tab. 2) z celkového počtu sedembojov, má totožnú hierarchiou v podskupine 6201 - 6400 bodov s metódami Average linkage (Within groups), Single Linkage - Nearest neighbor, Centroid linkage, Median clustering. Zhoda 28,57 %.

Hierarchiu v zmysle usporiadania disciplín [200 m, Skok do diaľky, 100 m prekážok, Skok do výšky, 800 m] [Vrh guľou, Hod oštepom] sme zaznamenali v podskupine 6401 - 7291 bodov metódami Average linkage (Between & Within groups), Complete Linkage - Farthest neighbor, Centroid linkage, Median clustering, Ward's method. Zhoda 42,86 %.

Hierarchiu v zmysle usporiadania disciplín [200 m, Skok do diaľky, 800 m, 100 m prekážok, Skok do výšky] [Vrh guľou, Hod oštepom] v podskupine 6401 - 7291 bodov metódou Single Linkage - Nearest neighbor a v podskupine 6201 - 6400 bodov metódou Average linkage (Between groups), Complete Linkage - Farthest neighbor a Ward's method. Zhoda 28,57 %.

Test stability so štruktúrou zhlukov sedemboja na úrovni 2. klastra je 100 %. Najvyššiu stabilitu 42,86 % javí vnútorná hierarchia disciplín [200 m, Skok do diaľky, 100 m prekážok, Skok do výšky, 800 m] [Vrh guľou, Hod oštepom]. Rozdiel medzi vnútornými hierarchiami nachádzame iba vo výmene postov bežeckých disciplínach 100 m prekážok a 800 m.

Diskusia

Dominancia bežeckých a skokanských disciplín v štruktúre výkonu ženského sedemboja na všetkých výkonnostných úrovniach je potvrdená vo väčšine prác. V posledných rokoch má však podiel vrhačských disciplín na výslednom výkone stúpajúcu tendenciu. Tento trend poukazuje na opätovné snahy zlepšenia športovej výkonnosti prostredníctvom všestrannosti sedembojárov, pričom základ tvoria skokansko-bežecké disciplíny, čo opätovne potvrdil aj náš výskum.

Spoločné znaky nachádzame s autormi Gassmann, Fröhlich & Emrich (2016), kde mal najsilnejší vplyv na 10 najlepších ženských sedembojov v rokoch 1987 - 2012 skok do diaľky, beh na 200 m, beh na 100 m prekážok a skok do výšky. Z hľadiska modelov dominovali bežecko-skokanské disciplíny (100 m prekážok, skok do výšky, 200 m, skok do diaľky) pred vytrvalostnou disciplínou (800 m) a vrhačskými disciplínami (vrh guľou, hod oštepom).

Dominanciu skokanských a bežeckých disciplín nachádzame aj v ďalších výskumoch. Dinnie & O'Donoghue (2020) na skupine 409 svetových výkonov (od 4048 do 7032 bodov) z vrcholových svetových podujatí zistili, že vrhačské disciplíny poskytujú menší percentuálny podiel k celkovému športovému výkonu ako bežecké a skokanské disciplíny. Nemtsev et al. (2018) poukázal, že v rokoch 2000 a 2016 mali najväčší vplyv na výsledok sedemboji 100 m prekážok a 200 m (31,5 a 32,0 %). V hierarchii nasledujú skokanské disciplíny (29,9 a 29,5 %) a vrhy (24,3 a 24,2 %). K rovnakým záverom dospeli Heazlewood (2011), Bilić & Smajlović (2012), Smajlović (2008) a Sakr (2016). Broďani (2007) vo svojej práci poukazuje na diferencovaný podiel disciplín na rôznej výkonnostnej úrovni. Bežecké a skokanské disciplíny sú dominantné na všetkých úrovniach. S rastúcou úrovňou sa však podiel vrhačských disciplín na výslednom bodovom výkone zvyšuje. Rovnako to potvrdzuje Košťál (1992) na 50-tich najlepších sedembojároch sveta z roku 1992 s priemerným výkonom 6591,10 bodu. Výsledný výkon bol ovplyvnený disciplínami skokom do diaľky (27,33 %), hodom oštepom (16,92 %), behom na 200 metrov (16,17 %), behom na 100 m prekážok (13,89 %), vrhom guľou (13,20 %), behom na 800 m (8,39 %) a skokom do výšky (13,20 %).

Majchrzak et al. (2010) korelačnou analýzou poukazujú na najväčší vplyv behu 100 m prekážok, behu na 200 m a skoku do diaľky na športový výkon v sedemboji u 20 najlepších výkonov na Olympijských hrách v rokoch 1984–2008. Zdôrazňujú však zlepšovanie podielu vrhačských disciplín - výkonov v hode oštepom (10,84 %) a vrhu guľou (8,02 %).

Závery

Hierarchické modely umožnili identifikovať skupiny atletických disciplín ovplyvňujúce športový výkon v sedemboji žien s priemerom 6467,72 bodu.

Použité hierarchické zhlukové metódy vyselektovali dve skupiny disciplín na úrovni 2. klastra [200 m, Skok do diaľky, 800 m, Skok do výšky, 100 m prekážok] [Vrh guľou, Hod oštepom]

Prvú skupinu tvoria bežecké a skokanské disciplíny s nárokmi na vysoký rýchlostný a technický potenciál, resp. vo vzťahu k behu na 800 m s nárokmi na špeciálnu laktátovú odolnosť. Druhú skupinu tvoria vrhačské disciplíny, ktorých výkon je ovplyvnený nastaveným systémom bodovania.

Test stability uskutočnený na úrovni 2. klastra s prostredníctvom siedmich hierarchických metód u skupín s vyššou a nižšou výkonnosťou potvrdzuje stabilitu modelu na 100 %.

Poznanie štruktúry športového výkonu prispieva k zefektívneniu a zameranosti tréningového procesu a určeniu viacbojárskej typológie pretekárov svetovej výkonnosti.

Štruktúra skupín atletických disciplín odzrkadľuje taktiež štruktúru tréningového procesu, ktorá je založená na všestrannosti sedembojárov s dominanciou disciplín bežecko-skokanského charakteru.

Literatúra

- Broďáni, J. (2007). The share of individual events in different sport performance in heptathlon. In Vobr, R. (Ed.), *Disportare 2007* (pp. 119–123). České Budějovice: PF JU.
- Bilić, M. & Smajlović, N. (2012). Model for longitudinal analysis of an individual all-rounder athlete's potential. *Homo Sporticus*, 14(1), 44–48.
- Dinnie, A. & O'Donoghue, P. (2020). Strategic target setting in the heptathlon. *Journal of Sports Analytics*, 6(2) 129–145. doi: 10.3233/JSA-200351
- Dammeier, H. (2019). *An Analysis of Scoring Methods for the Women's Heptathlon*. Naperville: North Central College.
- Dawkins, B. P., Peter, M., O'Connor, A., & O'Connor, P. (1994). Analysis of Olympic Heptathlon Data. *Journal of the American Statistical Association*, 89(427), 1100–1106.
- Everitt, B., & Hothorn, T. (2014). *An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R*. New York: Springer & Taylor Francis.
- Fanshawe, T. (2012). Seven into two: Principal components analysis and the olympic heptathlon. *Significance*, 9, 40–42.
- Gassmann, F., Fröhlich, M., & Emrich, E. (2016). Structural Analysis of Women's Heptathlon. *Sports (Basel, Switzerland)*, 4(1), 12. doi: <https://doi.org/10.3390/sports4010012>
- Heazlewood, I. (2011). Factor Structure of the Women's Heptathlon: applications of traditional factor analysis and structural equation modelling. *Theories and Applications: the International Edition*, 1(1), 114–125.
- Ihring, A., & Ihring, P. (1979). *Atletika – viacboje*. Bratislava: Šport.
- Katovic, D., Caklovic, L., & Babic, V. (2017). New Approach To Heptathlon Scoring. In Milanović, D., Sporiš, G., Šalaj, S., & Škegro, D. (Eds.), *Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Kinesiology - 20th Anniversary* (pp. 707–707). Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Kinesiology.
- Košťal, J. (1994). Štruktúra športového výkonu v sedemboji žien. *Telesná Výchova a Šport*, 4(3), 23–25.
- Koukal, J. (1985). *Desetiboj*. Praha: ÚV ČSTV VMO.
- Koukal, J., & Vindušková, J. (1987). Viacboje. In A. Kuchen, (Eds.), *Teória a didaktika atletiky* (pp. 321–337). Bratislava: SPN.
- Lease, D. (1999). *Combined events*. Birmingham: British Athletic Federation.
- Majchrzak, K., Kamrowska-Nowak, M., & Byzdra, K. (2010). Developmental Tendencies of Results in Female Heptathlon in the Olympic Games during the Years 1984 - 2008. *Baltic journal of health and physical activity*, 2(2), 158–163.
- Mekhrikadze, V. V., Ermolaev, B. V., & Slavkina, E. V. (2019). Competitive result structure in women's heptathlon. *Theory and Practice of Physical Culture*, 14(4), 86.
- Nemetseva, N. A. (2006). About estimation of some aspects of preparedness in the heptathlon by indicators of the special force readiness of athletes. In A. M. Doronin, & O. B. Nemtsev, (Eds.), *Problems of physical education and sport: realities and prospects* (pp. 63–67). ASU: Maykop.

- Nemtsev, O. B., Nemtseva, N. A., Doronin, A. M., & Skidan, M. N. (2018). Vremennye trendy struktury sorevnovatel'nogo rezultata v zhenskom legkoatleticheskom semiborye [Temporary trends in competition result structure in women's heptathlon]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 7(161), 197–202.
- Ryba, J. (2002). *Atletické víťežstvo*. Praha: Olympia Edice Atletika.
- Sakr, M. (2016). Analytical Study of the Best Egyptian Heptathlon Results Against the All-time Best Scores internationally. *Assiut Journal of Sport Science and Arts*, 316(3), 324–342.
- Smajlović, N. (2008). Equivalency level of scoring evaluation of the events in athletic heptathlon. In Milanovic, D., & Prot, F. (Eds.), *Proceeding Book 5th „International scientific conference on kinesiology “Kinesiology research trends and application”* (pp. 984–987). University of Zagreb Croatia: Faculty of Kinesiology.
- Sukhano, V. S. M. (2013). Structure of competitions results in heptathlon. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 10(104), 162–166.
- Vinduskova, J. (2003). Training women for the Heptathlon. A brief outline. *New Studies in Athletics*, 18(2), 27–45.
- Vinduškova, J., & Koukal, J. (2003). *Trénink víťežství*. Abeceda atletického trénera. Praha: Olympia.
- Vinduškova, J. (1984). *Sedmiboj - ženy*. Praha: ÚV ČSTV VMO.
- Zhang, Y., & Liu, Y. (2014). Chinese and foreign women heptathlon top athlete competitive ability features comparative research. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7), 984–990.
- Wolf, A., Ansley, L., & Bidgood, P. (2007). Grouping of decathlon disciplines. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(4), 1–13.

doc. PaedDr. Jaroslav Broďáni, PhD.
Katedra telesnej výchovy a športu
Univerzita Konštantína Filozofa
Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra, Slovensko
jbrodani@ukf.sk