Posudzovanie kvality odrazu pri salte vpred na základe časových charakteristík okamžitých síl na krivkách odrazu vo vertikálnych a horizontálnych rovinách v realizačnej fáze

Assessment of Bounce Quality in a Forward Somersault on the Base of Time Characteristics of Immediate Forces of Bounce in Vertical and Horizontal Plane

Rastislav Feč, Tibor Klaček

Fakulta športu, Prešovská univerzita v Prešove, Slovenská republika

Abstrakt

V príspevku sa zaoberáme hľadaním možných ukazovateľov správnej techniky odrazu pri salte vpred skrčmo na základe vzťahov medzi časovými charakteristikami okamžitých síl vo vertikálnych a horizontálnych rovinách v realizačnej fáze odrazu. Výskumný súbor tvorilo 13 študentov fakulty športu. Ako metódu pre hľadanie vhodných ukazovateľov správnej techniky odrazu sme použili štatistickú významnosť $p \leq 0,05$ Spearmanovho korelačného koeficientu medzi jednotlivými sledovanými pomermi a počtom bodov za prevedenie salta vpred. Predpokladali sme, že niektoré zo sledovaných časových charakteristík budú predstavovať možný ukazovateľ správnej techniky odrazu. Hypotéza sa nám potvrdila. Možnými ukazovateľmi kvality odrazu, zoradené od najvýznamnejšieho, sú: premenná 4 (pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu), premenná 6 (pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu), premenná 2 (čas od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu).

Abstract

The paper deals with looking for potential indicators of correct technique of bounce concerning a tucked forward somersault on the base of relations between time characteristics of instantaneous forces in a vertical and horizontal plane in a realization phase of the bounce. Our test-group was created by 13 students of Faculty of Sport. We used statistical significance of Spearman correlation coefficients $p \leq 0,05$ as a method for judging whether or not a particular ratio of the impulses of forces in the vertical and horizontal plane represents a suitable indicator of correct technique of bounce. We assumed that some of the observed ratios will represent the potential indicator of correct technique of bounce. The hypothesis was confirmed. The potential indicators of bounce are the following: variable 4 (time frame since vertical force reached its maximum value to the end of jump to total time of bounce), variable 6 (time frame since vertical force reached its maximum value to the end of bounce to the time frame from when horizontal force reached its maximum value to the end of bounce), variable 2 (time frame since vertical force reached its maximum value to the end of bounce).

Kľúčové slová: gymnastika, biomechanika, biomechanická analýza odrazu, salto vpred, dynamograf
Key words: gymnastics, biomechanics, biomechanical analysis, front somersault, dynamograph

Úvod

Technika odrazu v gymnastike je dôležitým faktorom športovej výkonnosti. Dôsledkom odrazu vzniká letová fáza, ktorá sa riadi fyzikálnym zákonom zachovania pohybu ťažiska, ktorý hovorí, že vnútornými silami nie je možné zmeniť trajektóriu ťažiska, a zákonom zachovania momentu hybnosti, ktorý taktiež nemôže byť zmenený vnútornými silami. To znamená, že pohyb tela v letovej fáze je daný charakteristikami odrazu a po ukončení odrazu už športovec nedokáže zmeniť pohyb ťažiska ani veľkosť mo-

mentu hybnosti. Môže však zrýchľovať a spomaľovať rýchlosť rotácie na základe zmeny polomeru otáčania. Točivosť však musí byť daná odrazom.

Keďže pre gymnastiku sú typické rotácie vo vzduchu okolo rôznych osí tela, technika odrazu je jedným z kľúčových faktorov športovej výkonnosti v tomto športe. Na vznik rotácie je potrebné vytvoriť dvojicu síl. Pre salto vpred vzniká prvá sila rozbehom a druhá vznikne pri náskoku na mostík odrazom smerom hore a vzad (obr. 1). Práve sila odrazu smerom vzad spolu s rýchlosťou rozbehu nám udáva moment zotrvačnosti, na základe ktorého telo vo vzduchu začne rotovať. Zložka sily pôsobiaca smerom hore nám udáva výšku skoku a rozdiel zotrvačnej sily vzniknutej rozbehom a zložky sily vzniknutej odrazom pôsobiacej proti smeru rozbehu nám udáva pohyb ťažiska smerom vpred. Pre správne prevedenie salta vpred je teda dôležitý správny pomer týchto síl v určitom čase.

Technika odrazu môže byť posudzovaná na základe prevedenia daného tvaru, alebo na základe záznamu odrazom vytvorených síl na dynamometrickej plošine. Posudzovanie kvality odrazu na základe okamžitých síl spolu s kinematickou analýzou pohybu s úspechom použili (Feč, K., Feč, R., 2003).

Legenda: F_z – zotrvačná sila pôsobiaca smerom vpred, ktorá vznikla na základe odrazu, R – výslednica reakcie sily opory, ktorá vznikla odrazom cvičenca od podložky smerom hore a vzad, F_1 – zložka sily reakcie opory pôsobiaca smerom hore, F_2 – zložka sily reakcie opory pôsobiaca smerom vzad

Obrázok 1. Sily pri odraze a technika prevedenia salta vpred

Odraz trvá pomerne krátku dobu a voľným okom nie je možné posúdiť drobné odchýlky od správnej techniky. Smolevskij – Gaverdovskij (1999) uvádzajú, že gymnastické odrazy sa vykonávajú v priebehu 140-170 milisekúnd, a to v závislosti od fyzickej a technickej úrovne gymnastov. Preto vo vrcholovom športe má svoje uplatnenie použitie dynamometrickej plošiny, na základe ktorej je možné zosnímať krivky odrazom vytvorených síl a posúdiť nedostatky v technike odrazu. Na posúdenie nedostatkov v technike odrazu je však potrebné vedieť, ktoré parametre kriviek poukazujú na správnu techniku odrazu.

Odraz pozostáva z dvoch častí. Prvá je amortizačná, kedy svaly dolných končatín pracujú v excentrickom režime. V tejto fáze cvičenec brzdí veľkosť síl vzniknutých rozbehom a náskokom na mostík. Na krivke odrazu sa táto fáza prejaví najvyššími hodnotami vzniknutých síl. Druhá realizačná fáza začína až po dosiahnutí maximálnej hodnoty sily na krivke odrazu. Nárast a pokles síl na reálnych krivkách odrazu nie je postupný, ale vlnovitý. To znamená, že sila v priebehu odrazu narastá a klesá. To sa deje ako na krivke vertikálnej sily, tak aj na krivke horizontálnej sily.

Prevedenie salta vpred sa deje po predchádzajúcom náskoku na dynamografickú plošinu. To znamená, že počas odrazu sa telo pohybuje smerom vpred. Pre správnu techniku odrazu je potrebné generovať určitý pomer síl v horizontálnej a vertikálnej rovine. Aby športovec mohol maximalizovať jednotlivé zložky síl v najvhodnejšom pomere, musí ich generovať vo vhodnom čase odrazu, kedy poloha jednotlivých článkov tela dovolí produkovať tieto sily v optimálnom pomere.

Keďže charakteristiky letu sú určované impulzom sily, zaujíma nás, či je možné na základe časových charakteristík realizačnej fázy odrazu usudzovať na kvalitu skoku.

Metodika

Cieľom výskumu bolo zistiť, či je možné na základe časových charakteristík v realizačnej fáze odrazu posúdiť kvalitu skoku.

Predpokladáme, že niektorý zo sledovaných časových ukazovateľov v realizačnej fáze bude štatisticky významne korelovať s počtom bodov za salto vpred a tým predstavovať potenciálny ukazovateľ správnej techniky odrazu.

Nezávislú premennú v našom výskume predstavovali časové ukazovatele odrazu. Závislú premennú predstavovala technika prevedenia salta vpred. Na sledovanie kriviek odrazu sme použili dynamografickú plošinu od firmy FTRONIC, spol. s r. o. so softvérovým programom FORCE PLATE TWO CHANNELS z roku 2000, ktorá sníma priebeh síl v horizontálnej a vertikálnej rovine. Pokusné osoby tvorilo 13 študentov fakulty športu, ktorých úlohou bolo vykonať salto vpred po rozbehu s náskokom na dynamografickú plošinu. Techniku skoku sme zaznamenali na kameru. Tá bola neskôr obodovaná z desiatich bodov trénerom športovej gymnastiky prvej triedy (premenná 7). Pri bodovaní sme brali do úvahy celkové prevedenie salta so zameraním sa na výšku skoku a rýchlosť rotácie, pretože tieto parametre sú ovplyvnené technikou odrazu. Desať bodov predstavovalo najkvalitnejšie prevedenie skoku.

Na krivke odrazu sme sledovali tieto nezávislé premenné (obr. 2):

1. Celkový čas odrazu (t)
2. Čas od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu ($t-tF_{vmax}$)
3. Čas od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu ($t-tF_{hmax}$)
4. Pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu ($(t-tF_{vmax}) : t$)
5. Pomer času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu ($(t-tF_{hmax}) : t$)
6. Pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu ($(t-tF_{vmax}) : (t-tF_{hmax})$)

Premenná 7 predstavovala závislú premennú, na základe ktorej sme posudzovali kvalitu prevedenia salta vpred (počet bodov za salto vpred).

Legenda: t – celkový čas odrazu, $t-tF_{vmax}$ – čas od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu, $t-tF_{hmax}$ – čas od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu, tF_{vmax} – čas, dokiaľ vertikálna zložka sily dosiahla svoju maximálnu hodnotu, tF_{hmax} – čas, dokiaľ horizontálna zložka sily dosiahla svoju maximálnu hodnotu, **bodkovane je vyznačená krivka sily Fv**

Obrázok 2. Dynamografický záznam priebehu horizontálnej a vertikálnej zložky sily s vyznačením časových úsekov, ktoré sa dávali do vzájomných vzťahov

Ako metódu na posúdenie nakoľko časové ukazovatele predstavujú indikátor správnej techniky sme použili Spearmanov korelačný koeficient medzi príslušným pomerom časového priebehu síl a kvalitou prevedenia skoku vyjadreným počtom bodov. Za štatisticky významnú hodnotu korelačného koeficientu budeme považovať $p \leq 0,05$.

Výsledky

Priemerný celkový čas odrazu (premenná 1) bol $t = 149,77$ ms (Tab. 1). Podľa korelácie premennej 1 so závislou premennou 7 (body za salto vpred) $r = 0,29$ (tab. 2) môžeme konštatovať, že celkový čas odrazu nie je vhodným indikátorom správnej techniky odrazu a kvality skoku.

Priemerný čas realizačnej fázy odrazu bol $t\text{-}tFv_{\max} = 101,69$ ms (premenná 2). Táto premenná štatisticky významne korelovala so závislou premennou 7 (počet bodov za salto vpred) $r = 0,58$. Pravdepodobnosť omylu, že existuje korelácia medzi týmito premennými v základnom súbore, je $p = 0,037571$. Daná premenná dokáže vysvetliť 34% z celkového rozptylu techniky skoku. Vzhľadom na nízke percento vysvetleného rozptylu neodporúčame používať túto premennú ako indikátor správnej techniky odrazu.

Tabuľka 1 Priemerné hodnoty sledovaných časových charakteristík síl vo vertikálnej a horizontálnej rovine

Číslo premennej	1	2	3	4	5	6	7
Značka premennej	t	t-tFv _{max}	t-tFh _{max}	(t-tFv _{max}) : t	(t-tFh _{max}) : t	(t-tFv _{max}) : (t-tFh _{max})	Body
Hodnota premennej	149,77	101,69	113,54	0,67	0,76	0,91	4,54

Legenda: t – celkový čas odrazu, t-tFv_{max} – čas od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu, t-tFh_{max} – čas od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu, (t-tFv_{max}) : t – pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu, (t-tFh_{max}) : t – pomer času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu, (t-tFv_{max}) : (t-tFh_{max}) – pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu, Body – počet bodov za salto vpred

Premenná 3 – čas od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu bol v priemere 113,54 ms (Tab. 1). Tento čas bol v priemere dlhší ako pre premennú 2. Táto premenná nevýkazovala štatisticky významnú koreláciu $r = -0,08$ (Tab. 2). Táto korelácia sa blížila k nule, čo znamená, že dĺžka časového úseku od generovania maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu nesúvisí vo významnej miere s kvalitou odrazu.

Premenná 4 (pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu) vyjadruje percento času do dosiahnutia maximálnej sily po ukončenie odrazu z celkového času odrazu. Táto hodnota predstavovala 67%. Táto premenná taktiež berie do úvahy dva časové parametre. Korelácie tejto premennej so závislou premennou 7 (počet bodov za salto vpred) je $r = 0,86$. Tento korelačný koeficient je štatisticky veľmi vysoko významný $p = 0,000155$. Táto premenná dokáže vysvetliť 74% rozptylu kvality techniky salta vpred. Kladná hodnota korelácie so závislou premennou pre premennú 4 znamená, že čím dlhší čas trvá fáza od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu z celkového času, tým je technika odrazu na vyššej úrovni. To zistenie korešponduje z fyzikálnymi zákonmi, pretože hybnosť telesa sa rovná impulzu pôsobiacej sily, ktorý je závislý na veľkosti sily a času, po ktorý sila pôsobí.

Tabuľka 2. Spearmanové korelačné koeficienty medzi jednotlivými skúmanými premennými

Číslo premennej	1	2	3	4	5	6	7
Skratka premennej	t	t-tFvmax	t-tFhmax	(t-tFvmax) : t	(t-tFhmax) : t	(t-tFvmax) : (t-tFhmax)	Body
t	1	0,73	0,46	0,37	0,08	0,21	0,29
t-tFvmax	0,73	1	0,41	0,83	0,16	0,66	0,58
t-tFhmax	0,46	0,41	1	0,02	0,87	-0,26	-0,08
(t-tFvmax) : t	0,37	0,83	0,02	1	-0,17	0,92	0,86
(t-tFhmax) : t	0,08	0,16	0,87	-0,17	1	-0,40	-0,36
(t-tFvmax) : (t-tFhmax)	0,21	0,66	-0,26	0,92	-0,40	1	0,82
Body	0,29	0,58	-0,08	0,86	-0,36	0,82	1

Legenda: t – celkový čas odrazu, t-tFvmax – čas od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu, t-tFhmax – čas od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu, (t-tFvmax) : t – pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu, (t-tFhmax) : t – pomer času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu, (t-tFvmax) : (t-tFhmax) – pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu, Body – počet bodov za salto vpred. Hrube sú vyznačené štatisticky významné korelačné koeficienty.

Premenná 5 (pomer času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu) vyjadruje percento času od dosiahnutia maximálnej horizontálnej sily z celkového času odrazu. Táto hodnota predstavovala 76%. Z tabuľky je zrejmé, že táto premenná nepredstavuje vhodný indikátor techniky odrazu ($r = -0,36$, $p = 0,232083$).

Premenná 6 pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k pomeru času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu dosiahla v priemere hodnotu 0,91. Táto premenná korelovala so závislou premennou 7 $r = 0,82$. Tento korelačný koeficient je štatisticky veľmi vysoko významný $p = 0,000611$. Premenná dokáže vysvetliť 67% rozptylu kvality prevedenia skoku. Kladná hodnota korelačného koeficientu znamená, že čím je hodnota premennej vyššia, tým je vyššia aj kvalita odrazu. Aj táto premenná môže poslúžiť ako indikátor správnej techniky odrazu.

Záver

Záverom môžeme konštatovať, že hypotéza sa nám potvrdila. To znamená, že je možné na základe časových charakteristík v realizačnej fáze odrazu posúdiť jeho kvalitu. Štatisticky významné premenné zoradené od najvýznamnejšej sú: premenná 4 (pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k celkovému času odrazu), premenná 6 (pomer času od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu k času od dosiahnutia maximálnej sily v horizontálnej rovine po ukončenie odrazu), premenná 2 (čas od dosiahnutia maximálnej sily vo vertikálnej rovine po ukončenie odrazu).

Silové krivky odzrkadľujúce kvalitu odrazu boli získané na študentoch a môžu byť kvalitatívne odlišné od kriviek vrcholových gymnastov, pre ktoré môžu platiť iné zákonitosti, ako pre krivky získané na študentoch. Preto je potrebné vykonať ďalší výskum na potvrdenie týchto záverov. Podobnú analýzu by bolo možné taktiež využiť aj v iných športoch, ako napríklad skok do výšky, alebo do diaľky, kde generovanie síl v správnom čase ovplyvňuje trajektóriu ťažiska, a tým aj výšku alebo dĺžku skoku.

Literatúra

FEČ, K., FEČ, R. Prognózovanie výkonnosti v akrobatických skokoch v športovej gymnastike na základe biomechanickej analýzy techniky odrazu. In: *Telesná výchova a šport v treťom tisícročí*. Prešov: PU v Prešove FHPV, KTVŠ 2003. S. 62, 70. ISBN 80-8068198-8.

SMOLEVSKIJ, V. M., GAVERDOVSKIJ, S. K. *Sportivnaja gimnastika*. Kijev: Olimpijskaja literatura, 1999. 456 s. ISBN 966-7133-15x