

## Síla pletence ramenního a flexorů prstů v predikci lezeckého výkonu žen

### Shoulder girdle strength and finger flexor strength in prediction of performance in female rock climbers

Jan Kodejška, Jiří Baláš

Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova v Praze

#### **Abstrakt**

**Cíl.** Cílem studie bylo objasnit vztah síly pletence ramenního a flexorů prstů k lezeckému výkonu u sportovních lezkyň.

**Metody.** Dvacet jedna žen se zúčastnilo šesti lezeckých testů zaměřených na sílu flexorů prstů a pletence ramenního: vis na liště, maximální síla v otevřeném úchopu, výdrž ve shybu na jedné ruce, výdrž ve shybu na obou rukách, diagonální přesah, vertikální přesah. Vztah jednotlivých testů k lezecké výkonnosti RP (Red point) byl hodnocen pomocí koeficientu determinace. Relativní síla jednotlivých testů k lezecké výkonnosti RP byla posuzována lineární regresní analýzou.

**Výsledky.** Největší část variability lezecké výkonnosti RP vysvětlovaly testy: diagonální přesah ( $R^2 = 0,76$ ), vertikální přesah (0,74) a výdrž ve visu (0,72). U testu diagonální přesah byla nalezena vysoká reliabilita ve smyslu vnitřní konzistence (vnitrotřídní korelační koeficient, levá 0,98; pravá 0,97) a kritériální validita ( $r = 0,87$ ). Regresní analýza ukázala, že test vertikální přesah má nejvyšší relativní sílu ze všech uvedených testů.

**Závěry.** Studie představila nový specifický lezecký test diagonální přesah. Bylo zjištěno, že test má vysokou reliabilitu a validitu, a proto ho lze využívat jako diagnostický nástroj pro posouzení statické síly pletence ramenního ve sportovním lezení. Síla pletence ramenního se ukazuje jako nezbytná pro zvyšování výkonnosti žen ve sportovním lezení.

#### **Abstract**

**Aim.** The aim of this study was to evaluate relationships between the rock climbing performance and the strength of finger flexors and shoulder girdle muscles in female rock climbers.

**Methods.** Twenty one female climbers completed six specific climbing tests focused on finger flexor and shoulder girdle muscles strength: finger hang, maximal strength in open crimp, bent arm hang on one arm, bent arm hang on two arms, diagonal reach, power slap. Relationship to the climbing performance RP (Red point) was assessed by a coefficient of determination. Linear regression analysis was used to determine the relative contribution of tests' strength in the model.

**Results.** Diagonal reach ( $R^2 = 0.76$ ), power slap (0.74) and finger hang (0.72) explained the greatest part of climber's performance variability. The test diagonal reach showed high consistency (intra-class correlation coefficient, left 0.98; right 0.97). The greatest relative strength in the regression linear model had power slap.

**Conclusion.** This study introduced a new specific climbing test diagonal reach. It was found that this test has a high reliability and criterion validity and is to assess static shoulder girdle strength in rock climbers. It was shown that shoulder girdle strength is an important factor to achieve high performance in female rock climbers.

#### **Klíčová slova**

sportovní lezení, síla pletence ramenního, síla prstů, specifické testy

#### **Keywords**

rock climbing, shoulder girdle strength, finger flexor strength, specific tests

Studie vznikla za podpory SVV 2016-260346.

## ÚVOD

V současné době se sportovní lezení stalo oblíbenou sportovní aktivitou široké veřejnosti. Stále zvyšování zájmu o tuto aktivitu dokládá zařazení lezení do programu Olympijských her v Tokiu 2020. Odhaduje se, že pravidelnému lezení se v České republice věnuje 36 tisíc lidí, což je 0,34 % populace (z toho 31–41 % tvoří ženy) (Klauz, 2013). Díky nárůstu lezecké základny a lezeckých soutěží se do lezení dostává i více účastníků ženského pohlaví. Lezkyně projevují zájem o systematický trénink a zvyšování své výkonnosti. Nicméně většina poznatků o sportovním lezení byla získána z výzkumů provedených na mužské populaci. Nejrozšířenější soutěžní disciplínou sportovního lezení je lezení na obtížnost. V lezení na obtížnost má lezec na sobě lezecký úvazek, na kterém je navázán na lano a to při výstupu zapíná do postupového jištění. Délka cest v lezení na obtížnost se pohybuje kolem 15–20 metrů a výkon trvá 2–7 min (Watts, 2004). Se zvyšující se obtížností cest často roste i převislost a zmenšují se chyty, kterých se lezci drží. Z toho důvodu jsou v lezení zvyšovány nároky na sílu a vytrvalost především horní poloviny těla. Za posledních 15 let se objevilo mnoho studií s cílem najít testy, které mají silný vztah k lezecké výkonnosti a pomohou objasnit strukturu lezeckého výkonu. Většina testů se zaměřila na maximální sílu a silovou vytrvalost flexorů prstů (Baláš, Mrskoč, Panáčková, & Draper, 2015; Baláš, Pecha, Martin, & Cochrane, 2012; Michailov, Mladenov, & Schöffl, 2009). Baláš et al. (2012) prezentovali vis na 2,5cm liště zaměřený na hodnocení silové vytrvalosti prstů u sportovních lezců a Michailov et al. (2009) představili test maximální síly prstů, který byl později standardizován (Baláš et al., 2015). Méně se rozebírala důležitost pletence ramenního (Draper et al., 2011; Grant, Hynes, Whittaker, & Aitchison, 1996). Draper et al. (2011) představili test vertikální přesah, který posuzuje výbušnou sílu pletence ramenního u sportovních lezců a Grant et al. (1996) výdrž ve shybu.

Ze současných studií vyplývá, že nejvyšší vztah k lezecké výkonnosti RP u mužů vykazují testy zaměřující se na sílu a silovou vytrvalost prstů (maximální síla v otevřeném úchopu, vis na 2,5cm liště), než testy zaměřující se na sílu a silovou vytrvalost pletence ramenního (výdrž ve shybu, vertikální přesah) (Baláš et al., 2015; Baláš et al., 2012; Draper et al., 2011). Studie Baláše et al. (2012) naznačuje, že tento fenomén nemusí platit pro ženy. Ukazuje se, že pro ženy má test výdrž ve shybu velmi podobný vztah k lezecké výkonnosti RP jako test výdrž na liště, vysvětluje větší podíl variability výkonnosti RP než u mužů. To může znamenat, že pro ženy může být síla pletence ramenního důležitější, než je tomu u mužské populace lezců.

## Cíl

Cílem studie bylo objasnit vztah síly pletence ramenního a flexorů prstů k lezeckému výkonu u sportovních lezek.

## METODIKA

### Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořilo 21 lezek (věk  $23,8 \pm 7,1$  let; tělesná hmotnost  $56,0 \pm 4,6$  kg; výška  $166,4 \pm 4,8$  cm; délka paže  $65,0 \pm 2,6$  cm, šířka ramen  $38,4 \pm 2,1$  cm). Účastnice studie byly vybrány pomocí kriteriálního výběru (kritéria, pohlaví: žena, preferovaná disciplína: lezení na obtížnost) z řad studentů univerzity a lokálního lezeckého klubu. Účastnice studie pokrývaly celou výkonnostní škálu od začátečnic až po elitu. Výkonnost účastnic RP (Red point – styl výstupu označující, že lezkyně si cestu předem nacvičila a vylezla bez pádu a odpočinku) na stupnici IRCRA (International Rock Climbing Research Association) (Draper, Giles, Schöffl, et al., 2015) se pohybovala od 6 do 25. Specializace všech účastnic v rámci sportovního lezení byla lezení na obtížnost. Všechny vybrané účastnice přislíbily dobrovolnou účast na měření s vědomím, že studii mohou kdykoliv opustit. Každá lezkyně potvrdila svým podpisem svou dobrovolnou účast ve studii. Žádná z účastnic

studie netrpěla žádnými zdravotními problémy, neměla v posledním roce žádné zranění ramene ani prstů a nebrala žádné léky. Tato studie byla schválena Etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu při Karlově univerzitě v Praze.

## Design studie

Účastnice studie byly vyzvány, aby neprováděly žádné cvičení vedoucí k vyčerpání a nepily alkohol minimálně 2 dny před zahájením studie. Při příchodu proběhlo nejdříve základní antropometrické měření (výška, tělesná hmotnost, délka paže: akromion – konec distálního phalangu prostředníku, délka dolní končetiny (trochanter major – malleolus lateralis) a šířka ramen (akromion – akromion)). Poté lezkyně vyplnily dotazník, kde uvedly svou aktuální výkonnost Red point (RP) (Draper, Giles, Schöffl, et al., 2015). Před testy proběhlo standardizované rozcvičení. Rozcvičení obsahovalo 5 min chození po schodech, 5 min traverzování na lezecké stěně a 5 min individuálních přerušovaných visů na 23–40 mm dřevěných lištách. Poté následovala série testů v pořadí: vertikální přesah, vis na váze, diagonální přesah, výdrž ve visu, výdrž ve shybu jednoruč a výdrž ve shybu. Verbální povzbuzování bylo poskytnuto všem účastnicím během testů, aby bylo dosaženo maximálního výkonu. Po každém testu následovala 10–15min přestávka. Před samotným zahájením každého testu byla lezkyním poskytnuta názorná ukázka a dva zácvičné submaximální pokusy pro každou paži. Po nich následovala 5 minut přestávka, než se přistoupilo k vlastnímu měřenému výkonu.

## Testy

*Vertikální přesah.* Test vertikální přesah byl již v minulosti publikován (Draper et al., 2011), pro naše potřeby došlo pouze k úpravě počátečního chytu na 40 mm pozitivní ( $20^\circ$ ) dřevěnou lištu v převislém ( $20^\circ$ ) profilu, aby mohla každá účastnice pohodlně zaujmout úchop na šíři ramen. Test má vysokou kritériální validitu k výkonu RP ( $r = 0,72\text{--}0,73$ ) a reliabilitu ve smyslu vnitřní konzistence ( $ICC = 0,95\text{--}0,98$ ) (Draper et al., 2011). Test byl zahájen z visu a účastnice si vybraly úchop, který preferují ve sportovním lezení. Z visu byl proveden explozivní shyb, s cílem dosáhnout co nejvýše jednou rukou na předem označenou stupnici a tato hodnota byla zaznamenána s přesností na 0,5 cm. Pro pravou i levou paži byly střídavě realizovány dva pokusy. Výsledkem testu byl průměr z nejvyšší hodnoty levé a pravé paže.

*Maximální síla v otevřeném úchopu.* Testování probíhalo v otevřeném úchopu čtyřmi prsty bez pomoci palce. V základní pozici lezkyně stojící na elektronické váze (Soehnle 7730.01.001, Německo) uchopila lištu hlubokou 23 mm jednou z paží, loket v úplné extenzi. Pomalým pokrčováním kolen lezkyně co nejvíce odlehčila váhu, pokud se unesla, bylo jí připnuto závaží. Rozdílem mezi hmotností lezkyně a hodnoty odečtené z váhy byla získána maximální síla flexorů prstů a zaznamenána s přesností 0,1 kg. Pro pravou i levou paži byly střídavě realizovány dva pokusy. Výsledkem testu byl průměr z nejvyšší hodnoty levé a pravé paže. Test má vysokou kritériální validitu ( $r = 0,63$ ) a reliabilitu ve smyslu vnitřní konzistence i stability ( $ICC = 0,90\text{--}0,94$ ) (Baláš et al., 2015).

*Diagonální přesah.* Test probíhal na převislé stěně ve sklonu  $30^\circ$ . Podle délky dolní končetiny a šířky ramen byl lezkyni přidělen stup (obr. 1). Účastnice se chytla oběma rukama pravého chytu a levou nohu položila na určený stup. Poté opřela pravou nohu na „tření“ do stěny a uvolnila levou ruku a podle předem připravené stupnice se pomalu snažila dosáhnout co nejdále (viz obr. 1). V konečné poloze musela setrvat nejméně 2s. U nohy s přiděleným stupem nebyla dovolena rotace kolene, které bylo orientováno do směru pohybu. Pro hodnocení reliability ve smyslu vnitřní konzistence byly na každou stranu provedeny dva pokusy. Výsledky byly zaznamenány s přesností na 0,5 cm. Výsledkem testu byl průměr z nejvyšší hodnoty levé a pravé paže.



*a – šířka ramen, b – délka dolní končetiny, c – 1,5 × šířka ramen*

**Obrázek 1.** Diagonální přesah, přípravná a konečná poloha testu

*Výdrž ve visu.* Test probíhal v kolmém profilu na 3 cm hluboké pozitivní liště ve visu. Lišta byla držena preferenčním úchopem (otevřený, zavřený) (Baláš et al., 2012; Draper, Giles, Baláš, et al., 2015; Watts, 2004). Volba otevřeného nebo uzavřeného úchopu neposkytuje testovanému žádné benefity (Quaine & Vigouroux, 2004). Test má vysokou kritériální validitu (muži  $r = 0,87$ ; ženy  $r = 0,81$ ) (Baláš et al., 2012). Test byl ukončen, pokud se lezkyně již nebyla schopná dál držet. Výsledky z jednoho realizovaného pokusu byly zaznamenány s přesností na 0,1 s.

*Výdrž ve shybu jednoruč.* Lezkyně se chytla nadhmatem hrazdy na šíři ramen a zaujala pozici shybu. Poté jednu z paží vypustila, a pokud byla schopna, zůstala ve shybu pouze na jedné paži. Brada byla držena po celou dobu testu nad hrazdou a nesměla se jí dotýkat. Test byl zahájen po vypuštění jedné paže a ukončen, pokud se brada dostala pod úroveň hrazdy. Výsledky z jednoho pokusu pro pravou a levou paži byly zaznamenány s přesností na 0,1 s.

*Výdrž ve shybu.* V základní poloze se účastnice chytla nadhmatem hrazdy na šíři ramen a zaujala pozici shybu. Test má vysokou kritériální validitu (muži  $r = 0,70$ ; ženy  $r = 0,80$ ) (Baláš et al., 2012). Brada byla držena po celou dobu testu nad hrazdou a nesměla se jí dotýkat. Test byl ukončen, pokud se brada dostala pod úroveň hrazdy. Výsledky z jednoho pokusu byly zaznamenány s přesností na 0,1 s.

## Analýza dat

Normalita rozložení u všech dat byla otestována Shapiro-Wilkovým testem, který potvrdil normální rozložení u všech dat. Pro souhrnnou charakteristiku byla využita deskriptivní statistika (průměr  $\pm$  s). Vztah jednotlivých testů k lezecké výkonnosti RP byl posuzován na základě Pearsonova korelačního koeficientu ( $r$ ). Pro určení relativní síly jednotlivých testů k lezecké výkonnosti RP byla využita lineární regresní analýza a vztah byl hodnocen pomocí standardizovaného koeficientu beta. Síla celého lineárního modelu byla hodnocena pomocí koeficientu determinace ( $R^2$ ). K hodnocení reliability testu diagonální přesah ve smyslu vnitřní konzistence byl využit  $ICC_{2,1}$  (Intra-class correlation coefficient) (Shrout & Fleiss, 1979). Hladina statistické významnosti byla  $P < 0,05$ . Všechny výpočty

byly provedeny v programu Microsoft Excel, IBM SPSS pro Windows (Version, 22, Chicago, Il., USA) a programu R (R Core Team, 2015; Wei, 2009–2012).

## VÝSLEDKY

Souhrnné výsledky z tabulky 1 ukazují, že nejvyšší koeficient determinace k lezecké výkonnosti RP má test diagonální přesah, vertikální přesah a vis na liště. Tyto testy vysvětlují přes 70% variability výkonnosti RP. Nejnižší vztah vykazuje test výdrž ve shybu L/P, který vysvětluje pouze 40% variability závisle proměnné.

**Tabulka 1.** Průměrné výsledky testů a směrodatné odchylky (s) spolu s vyjádřením vztahu k lezecké výkonnosti RP ( $R^2$ )

Název testu	Průměr $\pm$ s	R <sup>2</sup>
Vis na liště (s)	65,4 $\pm$ 30,9	0,72
Maximální síla v otevřeném úchopu (N)	429,3 $\pm$ 74,0	0,39
Maximální síla v otevřeném úchopu (% tělesné hmotnosti)	78 $\pm$ 14	0,56
Výdrž ve shybu L/P (s)	1,9 $\pm$ 2,8	0,41
Výdrž ve shybu (s)	62,3 $\pm$ 25,1	0,50
Diagonální přesah (cm)	72,9 $\pm$ 11,4	0,77
Diagonální přesah (% délky paže)	112 $\pm$ 18	0,76
Vertikální přesah (cm)	69,2 $\pm$ 19,5	0,75
Vertikální přesah (% délky paže)	107 $\pm$ 30	0,74

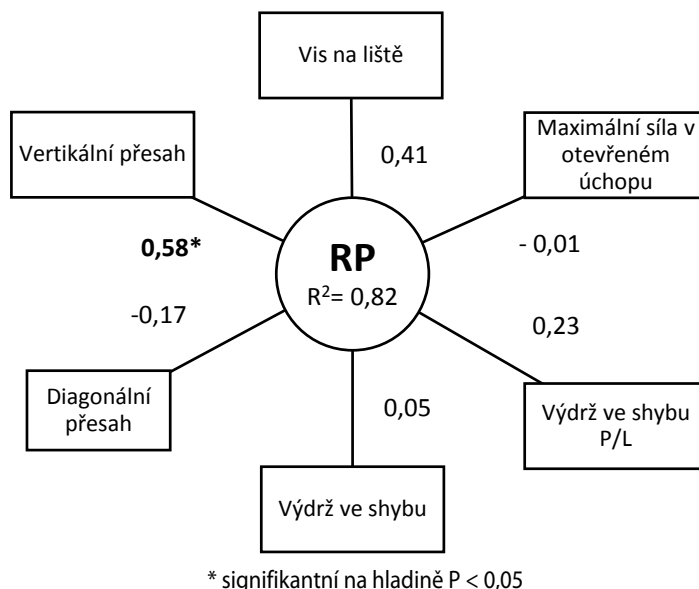
Korelační matice (Tabulka 2) ukazuje velmi vysoké vzájemné korelace mezi testy hovořící o vzájemné zástupnosti některých testů. Uvádíme dvojice testů, které vykazují vysokou zastupitelnost: vis na liště – diagonální přesah ( $R^2 = 0,79$ ), diagonální přesah – vertikální přesah ( $R^2 = 0,79$ ), vis na liště – maximální síla otevřený úchop ( $R^2 = 0,67$ ).

**Tabulka 2.** Vztah mezi testy sportovně specifické síly a výkonnosti RP

	Vis na liště	Maximální síla OU (N)	Maximální síla OU (% těl. hm.)	Výdrž ve shybu L/P	Výdrž ve shybu	Diagonální přesah (cm)	Diagonální přesah (% délky paže)	Vertikální přesah (cm)	Vertikální přesah (% délky paže)
Výkonnost RP	0.85	0.63	0.78	0.65	0.71	0.88	0.87	0.87	0.86
Vis na liště		0.65	0.82	0.58	0.73	0.86	0.89	0.74	0.75
Maximální síla OU (N)			0.88	0.39	0.41	0.71	0.65	0.71	0.67
Maximální síla OU (% těl. hm.)				0.62	0.56	0.8	0.77	0.75	0.73
Výdrž ve shybu L/P					0.52	0.57	0.58	0.44	0.45
Výdrž ve shybu						0.71	0.76	0.63	0.66
Diagonální přesah (cm)							0.97	0.89	0.86
Diagonální přesah (% délky paže)								0.88	0.89
Vertikální přesah (cm)									0.99

Regresní model vysvětluje 82 % variability výkonnosti RP. Z obrázku 2 je patrné, že nejvyšší relativní vliv na závisle proměnnou má test vertikální přesah, který je zároveň i signifikantní na hladině  $P < 0,05$ . Druhým relativně nejsilnějším testem je vis na liště, který ale není signifikantní. Maximální síla, diagonální přesah, výdrž ve shybu mají velmi nízké standardní koeficienty a jejich silný vztah k výkonu (Tabulka 1, 2) je vysvětlen v tomto modelu jinými testy.

U testu diagonální přesah bylo nalezeno vysoké ICC pro levou i pravou paži (levá 0,98; pravá 0,97).



\* signifikantní na hladině  $P < 0,05$

**Obrázek 2.** Model regresní analýzy testů k lezecké výkonnosti RP se standardizovanými koeficienty beta

## DISKUSE

Cílem studie bylo objasnit vztah nejběžnějších lezeckých testů k lezeckému výkonu RP u sportovních lezkyň. Ačkoliv nejvyšších korelací k výkonnosti RP dosahují testy vis na liště, vertikální přesah a diagonální přesah, regresní analýza ukázala, že nejvyšší relativní sílu vzhledem k ostatním testům má u lezkyň vertikální přesah. To ukazuje na důležitou roli síly pletence ramenního, pro lezecký výkon.

Vyšší síla pletence ramenního a flexorů prstů je spojována se zvyšováním lezecké výkonnosti (Baláš et al., 2012; Grant et al., 2001; Grant et al., 1996; Macleod et al., 2007; Wall, Starek, Fleck, & Byrnes, 2004), což zapříčinilo vznik mnoha lezeckých testů. Ze současných studií byly vybrány ty testy, které vykazují vysoký vztah k výkonu RP a zároveň přispívají k objasnění určité části silově-vytrvalostních předpokladů ve sportovním lezení.

Test vis na liště vypovídá především o silové vytrvalosti flexorů prstů. Ukazuje se, že tento test má velmi silný vztah k výkonnosti RP jak u žen ( $r = 0,82$ ), tak u mužů ( $0,89$ ) (Baláš et al., 2012). Naše studie našla vztah velmi podobný ( $r = 0,85$ ). Jedná se o velmi jednoduchý, ale přitom specifický test, kterým lze odhalit silově vytrvalostní předpoklady flexorů prstů. Je nutné si uvědomit, že intenzita tohoto testu závisí na maximální síle prstů, a proto není test příliš vhodný pro začátečníky (Baláš et al., 2012). Test maximální síly v otevřeném úchopu byl poprvé publikován na skupině elitních lezců zaměřujících se na bouldering (silově explozivní disciplína sportovního lezení) (Michailov et al., 2009). Silná korelace k výkonnosti RP byla nalezena ve sportovním lezení ( $r = 0,81$ ) (Baláš et al., 2012). Velmi podobný vztah byl nalezen i v této studii ( $r = 0,75$ ). V modelu lineární regresní analýzy měl test velmi nízkou relativní sílu mezi ostatními testy, protože byl zastoupen testem vis na liště, který s ním vysoce koreluje.

Výdrž ve shybu na jedné paži nebyl zatím publikován jako specifický lezecký test, nicméně pro potřeby lezeckého tréninku se běžně používá. Tento jednoduchý test napodobuje specifické fixace, ke kterým dochází během lezeckého pohybu v obtížných cestách. V naší studii měl tento test nejnižší vztah k výkonnosti RP ( $r = 0,64$ ). To bude pravděpodobně způsobeno faktem, že do určité výkonnosti RP je výsledek v testu nulový.

Výdrž ve shybu patří ke klasickým testům a do lezení byl převzat. Test se zaměřuje na silové vytrvalostní předpoklady horních končetin a pletence ramenního (Grant et al., 1996; Mermier, Janot,

Parker, & Swan, 2000). Baláš et al. (2012) našli silnou korelaci s výkonností RP u sportovních lezkyň ( $r = 0,82$ ), nicméně v naší studii byl nalezen vztah mírně nižší ( $r = 0,72$ ), avšak stále velmi silný. Diagonální přesah je poměrně novým testem z lezeckého prostředí, který vychází z tréninkové praxe. Test se snaží postihnout specifické předpoklady statické síly pletence ramenního v podmínkách sportovního lezení. Naše studie ukazuje vysokou kritériální validitu ( $r = 0,87$ ) testu k výkonnosti RP a vysokou reliabilitu ve smyslu vnitřní konzistence (ICC 0,97-0,98) u sportovních lezkyň. Na základě těchto výsledků se domníváme, že test je vhodným prostředkem pro posouzení specifické statické síly pletence ramenního u sportovních lezkyň. V modelu lineární regrese měl test velmi nízkou relativní sílu mezi ostatními testy, protože byl zastoupen testem vertikální přesah, který s ním vysoce koreluje. Vysoká korelace mezi některými testy ukazuje na možnou zastupitelnost některých testů. K ověření zastupitelnosti by bylo ale nutné využít pokročilejší statistické metody, což není možné z důvodu velikosti výzkumného souboru. Lineární regrese v této studii byla využita, za účelem upozornění na důležitou roli síly pletence ramenního pro lezecký výkon u sportovních lezkyň. Vertikální přesah postihuje výbušné silové předpoklady pletence ramenního ve specifických lezeckých podmínkách (Draper et al., 2011; Laffaye, Collin, Levernier, & Padulo, 2014). Naše studie ( $r = 0,86$ ) i studie ( $r = 0,71$ ) Drapera et al. (2011) ukazují silný vztah tohoto testu k výkonnosti RP.

Regresní analýza v naší studii zobrazující relativní sílu jednotlivých testů k výkonnosti RP u lezkyň ukázala, že relativně nejsilnější vztah k lezecké výkonnosti RP má vertikální přesah. To může být způsobeno tím, že muži mají obecně více svalové hmoty a vyšší sílu než ženy (Miller, Macdougall, Tarnopolsky, & Sale, 1993). Tento rozdíl je velmi významný především na horní polovině těla (Heyward, Johannesellis, & Romer, 1986). Ženy mají tedy i nižší sílu pletence ramenního (Murray, Gore, Gardner, & Mollinger, 1985). Nižší síla pletence ramenního a horních končetin pak může ženy více limitovat ve sportovním lezení. Při srovnání specificky lezeckých silových testů u žen a mužů stejné úrovně, je zřetelné, že ženy dosahují nižších výsledků (Baláš et al., 2012). Na druhou stranu mají ženy obecně lepší kloubní pohyblivost než muži (Soucie et al., 2011). Domníváme se, že silový deficit na horní polovině těla lezkyň vyrovnávají vyspělejší technikou pohybu a flexibilitou. Vhodné natáčení těla při silových lezeckých krocích klade nároky především na kloubní flexibilitu, ale silové požadavky mohou být nižší. Nicméně s vyšší obtížností cest rostou i požadavky na sílu pletence ramenního, která již nemůže být nahrazena vyspělejší technikou a flexibilitou.

Výsledky této studie ukazují důležitou roli síly pletence ramenního pro lezecký výkon u populace lezkyň. Silnou stránkou studie je, že aplikovala širokou baterii testů na sílu pletence ramenního a flexorů prstů u výkonnostně heterogenního souboru. Nicméně, studie má řadu limitací: Velikost výzkumného souboru znemožňuje provedení pokročilých statistických metod k posouzení složitosti vztahů mezi proměnnými (strukturální modelování). Pouhé použití korelačních koeficientů neprokazuje kauzální vztah mezi silou pletence ramenního a lezeckou výkonností RP. Zároveň není možné generalizovat představené závěry na širší lezeckou populaci žen, neboť další proměnné jako věk, tělesné složení, lezecké zkušenosti, ostatní pohybové aktivity vstupují jako rušivé proměnné do uvedeného modelu. V novém testu diagonální přesah má vliv na výsledky testu velikost využitých chytů a stupů. Zvolení jiné velikosti chytu a stupu může vést k odlišnému zapojení svalů pletence ramenního a flexorů prstů. Doporučujeme využít veliké a pozitivní chyty a stupy, aby hlavní limitaci nepředstavovaly svaly na předloktí, ale svaly v oblasti pletence ramenního.

## ZÁVĚRY

Studie představuje šest specificky lezeckých testů pro hodnocení síly flexorů prstů a pletence ramenního ve sportovním lezení a jejich kritériální validitu k lezeckému výkonu u sportovních lezkyň. Tato studie jako první představila specificky lezecký test diagonální přesah, který rozšiřuje nabídku lezeckých testů zaměřujících se na sílu pletence ramenního. Bylo shledáno, že test má vysokou vnitřní konzistenci a validitu, a z toho důvodu ho lze využívat jako diagnostický nástroj pro posouzení statické síly pletence ramenního ve sportovním lezení. Nejvyšší vztah k lezecké výkonnosti RP mají u sportovních lezkyň testy: vis na liště, vertikální přesah a diagonální přesah.



Relativně nejsilnější vztah k lezecké výkonnosti RP má test vertikální přesah, který souvisí se silou pletence ramenního. Síla pletence ramenního se ukazuje jako nezbytná pro zvyšování výkonnosti žen ve sportovním lezení.

## Literatura

- Baláš, J., Mrskoč, J., Panáčková, M., & Draper, N. (2015). Sport-specific finger flexor strength assessment using electronic scales in sport climbers. *Sports Technology*.
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A., J., & Cochrane, D. (2012). Hand-arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16-25.
- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Priestley, S., Fryer, S., Marshall, H., et al. (2011). Sport-specific power assessment for rock climbing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(3), 417-425.
- Draper, N., Giles, D., Balas, J., Panackova, M., España-Romero, V., Vigoroux, L., et al. (2015). *IRCRA MCT: Test Manual*. from <http://www.ircra.rocks/#!/mct-documents/cmm2>
- Draper, N., Giles, D., Schöffl, V., Fuss, F., Watts, P., Wolf, P., et al. (2015). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association Position Statement. *Sport Technology*.
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J., & Whittaker, A. (2001). A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*, 19(7), 499-505.
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 301-309.
- Heyward, V. H., Johannesellis, S. M., & Romer, J. F. (1986). Gender differences in strength. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(2), 154-159.
- Klauz, M. (2013). Socioekonomický profil lezců na umělých stěnách v Praze. *Katedra sportů v přírodě, Diplomová práce*.
- Laffaye, G., Collin, J. M., Levernier, G., & Padulo, J. (2014). Upper-limb Power Test in Rock-climbing. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 670-675.
- Macleod, D., Sutherland, D. L., Buntin, L., Whitaker, A., Aitchison, T., Watt, I., et al. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1433-1443.
- Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 359-366.
- Michailov, M., Mladenov, L., & Schöffl, V. (2009). Anthropometric and strength characteristics of world-class boulderers. *Medicina Sportiva*, 13(4), 231-238.
- Miller, A. E. J., Macdougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., & Sale, D. G. (1993). Gender differences in strength and muscle – fiber characteristics. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(3), 254-262.
- Murray, M. P., Gore, D. R., Gardner, G. M., & Mollinger, L. A. (1985). Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in 2 age – groups. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(192), 268-273.
- Quaine, F., & Vigouroux, L. (2004). Maximal resultant four fingertip force and fatigue of the extrinsic muscles of the hand in different sport climbing finger grips. *International Journal of Sports Medicine*, 25(8), 634-637.
- R Core Team. (2015). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass Correlations – Uses in Assessing Rater Reliability. *Psychological Bulletin*, 86(2), 420-428. Article database.
- Soucie, J. M., Wang, C., Forsyth, A., Funk, S., Denny, M., Roach, K. E., et al. (2011). Range of motion measurements: reference values and a database for comparison studies. *Haemophilia*, 17(3), 500-507.
- Wall, C. B., Starek, J. E., Fleck, S. J., & Byrnes, W. C. (2004). Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 77-83.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 361-372.
- Wei, T. (2009 – 2012). *An Introduction to Matrix Visualization & corplot Package*. Paper presented at the The 2nd Chinese R Conference.

## Corresponding author

Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

FTVS UK, Laboratoř sportovní motoriky, José Martího 31, 162 52 Praha 6, Česká republika  
balas@ftvs.cuni.cz