

## PHYSIOLOGICAL AREA

# Evaluation of plyometric exercises intensity using ratings of perceived exertion scale

## Valutazione dell'intensità degli esercizi pliometrici tramite la scala di percezione dello sforzo

Kazem KHODAEI<sup>1</sup>\*, Abbas MOHAMMADI<sup>2</sup>, Mohammad R. HAMEDINIA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Physical Education and Sport Sciences Faculty, Urmia University, Urmia, Iran; <sup>2</sup>Department of Physical Education, Islamic Azad University, Sabzevar Branch, Sabzevar, Iran; <sup>3</sup>Physical Education and Sport Sciences Faculty, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

\*Corresponding author: Kazem Khodaei, Physical Education and Sport Sciences Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.  
E-mail: k.khodaei@urmia.ac.ir

### SUMMARY

**BACKGROUND:** The purpose of this study was to evaluating and quantifying plyometric exercises intensity using Ratings Of Perceived Exertion (RPE) Scale.

**METHODS:** Twenty athletes volunteered to perform 9 plyometric exercises with 10 repetitions. The resting intervals between each plyometric exercises set three minutes. During resting intervals, participants filled the Borg RPE questionnaire. Testing protocol performed in two trials with 48-hour-interval. Average values of each plyometric exercise in two trials analyzed by a 1-way repeated measures Analysis of Variance (ANOVA).

**RESULTS:** The results were revealed a significant main effect for all plyometrics. The *Post-Hoc* Test result indicated that the skipping had the "very light" intensity and significantly lower intensity than all plyometrics. The Cone hops and the squat jump had the "light" intensity and significantly had lower intensity than all plyometrics except the skipping. The tuck jump, the barrier jump, the box jump, and the depth jump had the "moderate" intensity and significantly lower intensity than the single leg vertical jump and the pike jump. The single leg vertical jump and the pike jump also had the "high" intensity and significantly higher intensity than all plyometrics.

**CONCLUSIONS:** The results of present study indicated that individual responses to plyometric exercises with the RPE scale as a physiological assessing method more similar to responses of biomechanical assessing methods used in previous studies. This method is a low-cost and practical method that applicable in large groups and various plyometric exercises.

(Cite this article as: Khodaei K, Mohammadi A, Hamedina MR. Evaluation of plyometric exercises intensity using ratings of perceived exertion scale. Med Sport 2017;70:299-306. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.02952-0)

**KEY WORDS:** Plyometric exercise - Athletic performance - Muscles.

### RIASSUNTO

**OBIETTIVI:** Lo scopo del presente studio è stato quello di valutare e quantificare l'intensità degli esercizi pliometrici tramite la Scala di Percezione dello Sforzo (Ratings of Perceived Exertion, RPE).

**METODI:** Venti atleti si sono offerti volontariamente di eseguire 9 esercizi pliometrici con 10 ripetizioni. Gli intervalli di riposo tra ogni serie di esercizi duravano 3 minuti. Durante questo tempo, i partecipanti completavano il questionario di Borg RPE. Il protocollo prevedeva due prove con un intervallo di 48 ore. I valori medi di ciascun esercizio pliometrico eseguito nelle due sessioni di prove sono stati esaminati tramite l'Analisi della Varianza a misure ripetute a una via (ANOVA).

**RISULTATI:** I risultati hanno rivelato un significativo effetto principale per tutti gli esercizi. Il risultato del Test Post-Hoc ha indicato che il salto con la corda aveva un'intensità "molto leggera" e significativamente inferiore rispetto a tutti gli altri esercizi pliometrici. I salti dei birilli e lo squat jump avevano un'intensità "leggera" e significativamente inferiore rispetto agli altri tranne che al salto con la corda. Il salto raggruppato, quello della barriera, il box jump e il depth jump presentavano un'intensità "moderata" e significativamente inferiore rispetto al salto verticale con una sola gamba e al pike jump. Questi ultimi mostravano un'intensità "elevata" e significativamente maggiore rispetto a tutti gli altri esercizi.

**CONCLUSIONI:** I risultati del presente studio indicano che le risposte individuali agli esercizi pliometrici con la scala RPE come metodo fisiologico di valutazione erano più simili a quelle ottenute tramite metodi biomeccanici utilizzati negli studi precedenti. Questo metodo è economico e pratico ed è applicabile ad ampi gruppi e a vari esercizi pliometrici.

**PAROLE CHIAVE:** Esercizio pliometrico - Prestazione atletica - Muscoli.

Plyometric training is a form of resistance training that use of stretch-shortening cycle (SSC) for force production.<sup>1</sup> Researchers and coaches were used this training modality in physical fitness and conditioning program of their athletes.<sup>2</sup> Most studies were reported the efficiency of the plyometric training for improvement in power, strength, sprint, agility, and neuromuscular function.<sup>3</sup> Like other modalities, determining and quantifying of training variables such as training intensity, volume, frequency, and the rest interval among sets is essential for program designing and periodization in plyometric training.<sup>2, 4</sup> Plyometric training intensity described as “the amount of stress placed on involved muscles, connective tissues, and joints” and depends on several factors such as complexity, speed, loading, and height of boxes or barriers.<sup>1, 2</sup> Measure of the plyometric intensity is not easy as like resistance training with 1RM estimation and aerobic training by the heart rate. In other hand, the use of heart rate for measure the intensity of plyometric training may not provide an accurate indication of the physical exertion experienced by the athlete.<sup>5</sup>

Several studies have been investigated and quantified of plyometric training intensity with different methods. This methods include peak ground reaction forces (GRF),<sup>6,8</sup> rate of force development (RFD),<sup>7, 8</sup> time to stabilization,<sup>9</sup> time to takeoff and flight time,<sup>8</sup> surface electromyography (SEMG),<sup>10, 11</sup> impulse,<sup>7, 11</sup> joint power absorption.<sup>12</sup> The result of these studies was varying and in some special cases was contradictory. Also, the mentioned methods absolutely have a strong dependence on technology and technical expertise. As such, these methods can be quite expensive and difficult to implement with large groups of athletes. Moreover, the risk of data loss is high with these technologies.<sup>13</sup> These studies were evaluated intensity of plyometric exercises via biomechanical stress measurements. To our knowledge, no previous studies had investigated ranking of the plyometric exercise intensity via measurement of the physiological stresses.

One of the physiological stresses assessing method is a rating of perceived exertion (RPE) scale. The RPE is simple, subjective, noninvasive and practical method for assessing of the physiological stress experiencing of the athlete body during exercise in sport game,<sup>5, 14</sup> resistance training,<sup>15</sup> sprint training,<sup>15</sup> and aerobic training.<sup>16, 17</sup> Several studies were showed that there is high correlation ( $r \geq 60$ ) between the RPE

*L'allenamento pliometrico è un tipo di allenamento di resistenza che utilizza il ciclo allungamento-accorciamento (SSC) per produrre forza.<sup>1</sup> Ricercatori e allenatori hanno usato questa modalità di training nel programma di fitness e condizionamento fisico dei loro atleti.<sup>2</sup> La maggior parte degli studi ha mostrato l'efficienza dell'allenamento pliometrico per il miglioramento di potenza, forza, sprint, agilità e funzionalità neuromuscolare.<sup>3</sup> Come per altre modalità, determinare e quantificare le variabili di allenamento come intensità, volume e frequenza dello stesso e intervallo di riposo fra le serie è fondamentale per mettere a punto e periodizzare il programma di allenamento pliometrico.<sup>2, 4</sup> L'intensità del training pliometrico è descritta come “la quantità di tensione posta sui muscoli, tessuti connettivi e articolazioni coinvolti” e dipende da diversi fattori quali complessità, velocità, carico e altezza di box o barriere.<sup>1, 2</sup> Misurare l'intensità pliometrica non è semplice come accade con l'allenamento di resistenza, per cui ci si serve della stima dell'1RM, e con l'allenamento aerobico, in cui si usa la frequenza cardiaca. Dall'altro lato, l'utilizzo della frequenza cardiaca per misurare l'intensità dell'allenamento pliometrico può non fornire un'indicazione accurata dello sforzo fisico dell'atleta.<sup>5</sup>*

*Diversi studi hanno indagato e quantificato l'intensità dell'allenamento pliometrico con vari metodi. Tra questi, le massime forze di reazione del terreno (GRF),<sup>6,8</sup> il tasso di sviluppo della forza (RFD),<sup>7, 8</sup> il tempo per la stabilizzazione,<sup>9</sup> il tempo per lo stacco da terra e quello di volo del salto,<sup>8</sup> l'elettromiografia di superficie (SEMG),<sup>10, 11</sup> l'impulso<sup>7, 11</sup> e l'assorbimento della potenza articolare.<sup>12</sup> Il risultato di questi studi ha variato e in certi casi si è rivelato contraddittorio. Inoltre, i metodi citati presentano una fortissima dipendenza da tecnologia e competenza tecnica. Pertanto, possono essere piuttosto cari e difficili da implementare in ampi gruppi di atleti. A ciò va aggiunto un elevato rischio di perdita dei dati con tali tecnologie.<sup>13</sup> Questi studi hanno valutato l'intensità degli esercizi pliometrici attraverso misurazioni dello stress biomeccanico. Per quanto sappiamo, nessuna ricerca precedente ha esaminato il grado di intensità degli esercizi pliometrici misurando gli stress fisiologici.*

*Uno dei metodi per valutare gli stress fisiologici è assegnare un punteggio all'interno della scala di percezione dello sforzo (RPE). L'RPE è un metodo semplice, soggettivo, non invasivo e pratico per stimare lo stress fisiologico subito dal corpo dell'atleta durante gli esercizi nell'ambito dell'attività sportiva,<sup>5, 14</sup> dell'allenamento di resistenza,<sup>15</sup> di quello con gli scatti<sup>15</sup> e dell'allenamento aerobico.<sup>16, 17</sup> Diversi studi hanno mostrato una stretta correlazione ( $r \geq 60$ ) tra RPE e metodi basati sulla frequenza cardiaca, concludendo che l'RPE permette una valutazione accurata, valida e affidabile dell'intensità del training durante gli esercizi aerobici in confronto*

and the heart rate based methods. These studies were concluded that the RPE is a valid, reliable and accurate assessments of training intensity in aerobic exercise when compared with heart rate based methods and blood lactate monitoring.<sup>17-19</sup> Lockie *et al.* quantifying training load for sprint training (ST), plyometric training (PT), and weights training (WT) with session-RPE method in fields sport athletes. They investigated that The WT group had significantly higher session-RPE when compared to the ST and PT groups. There were no significant differences in session-RPE between the ST and PT groups. They were concluded Session-RPE is mode-dependent, and acceleration can improve for sprint and plyometrics training at a relatively lower intensity when compared to weight training.<sup>15</sup> In other study, authors and *et al.* were comprised the effect of resisted plyometric, assisted plyometric and common plyometric training on sprint an agility performance. We were used of Borg-RPE for ranking the plyometric training intensity and equating the total volume load of the three plyometric training methods.<sup>20</sup> Most previous studies that were conducted for evaluation and quantifying the plyometric intensity was laboratory base methods. These methods are more expensive and assessing the limited number of the plyometric exercises.<sup>8, 10-12</sup> Use of these methods for training program designing by athletic trainers and researchers may be more difficult and impossible. However, the RPE scale method is low-cost and easy to application in large groups and various plyometric exercises. Also, this method is more effective and appropriate for program designing and training periodization. Therefore, the main purpose of this study was to quantifying and ranking of plyometric exercises *via* RPE scale method.

## Materials and methods

### Participants

Twenty amateur male soccer players volunteered for this study. The players had a minimum of two-year history continuous training in their sport field. None of the players had a history of plyometric training. Performing the resistance training was banned during of the study. All Subjects filled the questionnaire of consent to participate in the research. All subjects filled out a consent form to partici-

*ai metodi che poggiano sulla frequenza cardiaca e il monitoraggio del lattato nel sangue*<sup>17-19</sup>. Lockie *et al.* hanno quantificato il carico di allenamento per il training con gli scatti (ST), quello pliometrico (PT) e quello con i pesi (WT) tramite session-RPE in atleti che praticavano sport all'aperto. Hanno riscontrato che il gruppo WT presentava una session-RPE significativamente più elevata rispetto agli altri. Invece, non hanno notato differenze significative nella session-RPE tra i gruppi ST e PT. Hanno concluso che tale session-RPE dipende dalla modalità e che l'accelerazione può migliorare l'allenamento con gli scatti e quello pliometrico a un'intensità relativamente minore rispetto all'allenamento con i pesi.<sup>15</sup> In un altro studio, gli autori hanno compreso l'effetto dell'allenamento pliometrico resistito, assistito e comune sulla prestazione in termini di scatti e agilità. Noi ci siamo serviti della scala RPE di Borg per classificare l'intensità del training pliometrico ed equiparare il carico del volume totale dei tre metodi di allenamento pliometrico.<sup>20</sup> La maggior parte degli studi precedenti condotti per valutare e quantificare l'intensità pliometrica erano di laboratorio. Questi metodi sono più costosi e valutano il ridotto numero di esercizi pliometrici.<sup>8, 10-12</sup> Il loro uso per mettere a punto i programmi di allenamento da parte di allenatori e ricercatori può rivelarsi più difficile e impossibile. Tuttavia, il metodo della scala RPE è economico e facile da applicare in gruppi numerosi e a vari esercizi pliometrici. Inoltre, è più efficace e appropriato per delineare il programma ed effettuare la periodizzazione dell'allenamento. Quindi, il principale scopo di questo studio è stato quantificare e classificare gli esercizi pliometrici tramite il metodo della scala RPE.

### Materiali e metodi

#### Partecipanti

Venti giocatori di calcio non professionisti si sono offerti volontariamente per lo studio. I partecipanti avevano almeno due anni di allenamento continuo alle spalle nel loro sport. Nessuno si era mai sottoposto a un allenamento pliometrico. Durante lo studio, è stato vietato l'allenamento di resistenza. Tutti i soggetti hanno riempito un questionario e un modulo di consenso per partecipare alla ricerca, approvata dal Comitato etico per la ricerca della Hakim Sabzevari University. Successivamente, sono state misurate altezza e massa corporea secondo le istruzioni dell'Anthropometric Standardization Reference Manual.<sup>21</sup> Le caratteristiche antropometriche descrittive dei soggetti sono presentate in Tabella I.

#### Test

Dopo che i partecipanti hanno familiarizzato con la pliometria e il metodo RPE, è stato eseguito



TABLE I.—Anthropometric and descriptive characteristics of subjects.

TABELLA I. — *Caratteristiche antropometriche e descrittive dei soggetti.*

Variables	Height (cm)	Weight (kg)	Age (years)	Mean activity per week (hours)
All subjects (N.=20)	176.4±5.7	67.5±3.9	22.1±2.3	7.4±0.7

pate in the research, which was approved by the Research Ethics Board of Hakim Sabzevari University. Afterwards, height and body mass were measured according to the instructions of the *Anthropometric Standardization Reference Manual*.<sup>21</sup> Anthropometric and descriptive characteristics of the subjects are presented in Table I.

### Testing

After the participant's familiarization with plyometrics and the RPE method, testing protocol performed in two separate trials. At the beginning of testing session, a warm-up was performed for 10 minutes. Then, participants performed 10 repetitions of each plyometric exercise with a 3 minute rest interval among each plyometrics. During resting interval, participants filled the Borg RPE questionnaire. Second trial performed same as first session after 48 hours. Average values of each plyometric exercise in two trials were used for the further analysis. The intraclass correlation coefficient (ICC) for plyometrics were 0.82-0.91.

### Plyometric exercises

In this study, nine plyometrics include cone hops (CH), squat jump (SJ), skipping (SK), tuck jump (TJ), box jump (BJ), barrier jump (BAJ), depth jump (DJ), Single-leg vertical jump (SVJ), and pike jump (PJ) were used by the participants. Box and barrier height set 40 cm for all participants. Plyometrics is performed according to items listed in essentials of strength training and conditioning book.<sup>1</sup>

### RPE Scale method

The perceived exertion has been defined as sense of effort experienced while performing physical or mental activity.<sup>22</sup> The ratings of perceived exertion were obtained using the Borg category 6-20 RPE Scale.<sup>23</sup> This method was explained before the exercise. After performing a 10 repetitions of each plyometric exercise, the participants were asked, "how intense do you feel the exercise was?" during filling the Borg

*il protocollo di test in due sessioni di prove distinte. All'inizio della sessione di test è stato effettuato un riscaldamento di 10 minuti. Poi, i partecipanti hanno ripetuto per 10 volte ciascun esercizio pliometrico con un intervallo di riposo tra l'uno e l'altro di tre minuti. Durante tale intervallo, i soggetti hanno compilato il questionario RPE di Borg. La seconda sessione si è svolta come la prima dopo 48 ore. Per l'analisi sono stati considerati i valori medi ottenuti in ciascun esercizio pliometrico nelle due sessioni di prove. Il coefficiente di correlazione intraclasse (ICC) per gli esercizi pliometrici era 0,82-0,91.*

### Esercizi pliometrici

*Nel presente studio, i partecipanti hanno eseguito nove esercizi pliometrici, ovvero salti dei birilli (CH), squat jump (SJ), salto con la corda (SK), salto raggruppato (TJ), box jump (BJ), salto della barriera (BAJ), depth jump (DJ), salto verticale con una sola gamba (SVJ) e pike jump. L'altezza di box e barriera è stata fissata a 40 cm per tutti i partecipanti. Gli esercizi sono stati effettuati seguendo le voci elencate nel libro dei fondamentali dell'allenamento di forza e del condizionamento<sup>1</sup>.*

### Metodo della Scala RPE

*Lo sforzo percepito è stato definito come la sensazione di sforzo che si ha mentre si esegue un'attività fisica o mentale.<sup>22</sup> Tale sforzo percepito è stato classificato tramite la Scala RPE<sup>23</sup> di Borg.<sup>6-20</sup> Il metodo è stato spiegato prima dell'esecuzione degli esercizi. Dopo 10 ripetizioni di ciascun esercizio pliometrico ai partecipanti è stato chiesto di sedersi e compilare la scala RPE di Borg rispondendo alla domanda: "Quanto è stato intenso l'esercizio?". Il punteggio andava da 6 a 20, dove 6 rappresentava una "totale assenza di sforzo" e 20 lo "sforzo massimo". I soggetti dovevano scegliere il numero che meglio descrivesse il loro livello di sforzo. Il punteggio andava assegnato in base alle sensazioni percepite durante l'ultima serie di 10 ripetizioni dell'esercizio pliometrico.*

### Analisi statistica

*Per ogni tipo di esercizio pliometrico è stata calcolata la statistica descrittiva (media±DS) per la scala RPE. L'Analisi della varianza a misure ripetute a una via (ANOVA) è stata utilizzata per valutare*

RPE scale while they were sitting. It ranges from 6 to 20, where 6 defined as “no exertion at all” and 20 defined as “maximal exertion”. Participants should choose the number that best describes your level of exertion. They had to give ratings according to their sensations during the last 10-repetitions set of plyometric exercise.

### Statistical analysis

Descriptive statistics (mean±SD) were computed for the RPE scale for each plyometric exercise types. A 1-way repeated measures Analysis of Variance (ANOVA) used to evaluate the main effects for plyometric exercise type and significant main effects were further analyzed with LSD adjusted pairwise comparison to identify the specific differences between the plyometric exercises. Also, the RPE value for each plyometric exercise relative to squat jump calculated and differences among plyometrics were analyzed. Significance level was set at  $P \leq 0.05$  for all analyses.

### Results

The analysis of the RPE value revealed significant main effects for plyometric exercise types ( $P=0.01$ ) and results of Post-Hoc Test for each plyometric exercise showed in Table II.

The results indicate the RPE value for CH and SJ significantly higher than SK and lower than TJ, BJ, BAJ, DJ, SVJ, and PJ plyometrics ( $P < 0.05$ ). No significant main effects were found for CH and SJ plyometrics. Skipping significantly was lower than other plyometric exercise types ( $P < 0.05$ ).

The RPE values for TJ, BJ, BAJ, DJ plyometrics were significantly higher than CH, SJ, and SK plyometrics and lower than SVJ and PJ plyometrics ( $P < 0.05$ ). No significant main effects were found for TJ, BJ, BAJ, and DJ plyometrics. The RPE values for SVJ and PJ plyometrics were significantly

gli effetti principali del tipo di esercizio pliometrico e gli effetti principali significativi sono stati ulteriormente analizzati tramite il confronto a coppie aggiustato per LSD per individuare specifiche differenze tra gli esercizi pliometrici. Il livello di significatività è stato fissato a un valore di  $P \leq 0,05$  per tutte le analisi.

### Risultati

L'analisi del valore RPE ha rivelato significativi effetti principali per gli esercizi pliometrici ( $P=0,01$ ) e i risultati del test post-hoc per ciascun esercizio sono mostrati in Tabella II.

Tali risultati indicano che il valore RPE per CH e SJ era significativamente più elevato che per SK, mentre era inferiore rispetto a esercizi pliometrici quali TJ, BJ, BAJ, DJ, SVJ e PJ ( $P < 0,05$ ). Non sono stati riscontrati effetti principali significativi per CH e SJ. Il salto con la corda risultava inferiore rispetto agli altri tipi di esercizio pliometrico ( $P < 0,05$ ).

I valori RPE per TJ, BJ, BAJ, DJ erano significativamente più elevati che per CH, SJ e SK, mentre erano inferiori rispetto a SVJ e PJ ( $P < 0,05$ ). Non sono stati osservati effetti principali significativi per esercizi pliometrici quali TJ, BJ, BAJ e DJ ( $P < 0,05$ ). Non è stata notata alcuna differenza significativa tra SVJ e PJ.

Il rapporto tra ogni esercizio pliometrico e l'SJ è illustrato nella Figura 1. Sono state riscontrate differenze significative tra tutti i tipi di esercizio pliometrico ( $P < 0,05$ ). I dati post hoc sono presentati in Figura 1.

### Discussione

Si tratta del primo studio sull'intensità degli esercizi pliometrici che ha quantificato la cosa utilizzando un metodo di valutazione degli stress fisiologici per classificare le variazioni in termini di esercizio. Tutti gli studi precedenti si sono serviti di dati biomeccanici ed elettromiografici per quantificare l'intensità e tra i possibili problemi di tali studi figurano la valutazione di un ridotto numero di esercizi pliometrici tramite dispositivi di laboratorio

TABLE II.—The RPE values in plyometric exercises.  
TABLE II.— Valori RPE negli esercizi pliometrici.

Exercise	Cone hops (CH)	Squat jump (SJ)	Skipping (SK)	Tuck jump (TJ)	Box jump (BJ)	Barrier jump (BAJ)	Depth jump (DJ)	Single-leg vertical jump (SVJ)	Pike jump (PJ)
RPE values	10.20±2.14 <sup>†</sup>	10.53±2.47 <sup>†</sup>	8.40±1.95 <sup>*</sup>	12.53±2.32 <sup>‡</sup>	12.33±2.56 <sup>‡</sup>	12.20±1.93 <sup>‡</sup>	12.33±1.67 <sup>‡</sup>	15.20±2.11 <sup>*</sup>	15.80±2.36 <sup>*</sup>

<sup>†</sup>Significantly different ( $P < 0.05$ ) from SK, TJ, BJ, BAJ, DJ, SVJ, PJ.

<sup>\*</sup>Significantly different ( $P < 0.05$ ) from CH, SJ, TJ, BJ, BAJ, DJ, SVJ, PJ.

<sup>‡</sup>Significantly different ( $P < 0.05$ ) from CH, SJ, SK, SVJ, PJ.

<sup>\*</sup>Significantly different ( $P < 0.05$ ) from CH, SJ, SK, TJ, BJ, BAJ, DJ.

higher than CH, SJ, SK, TJ, BJ, BAJ, and DJ plyometrics ( $P < 0.05$ ). No significant differences were seen between SVJ and PJ plyometrics.

The ratio of each plyometrics to the SJ is demonstrated in Figure 1. There were significant differences among all types of plyometric exercise ( $P < 0.05$ ). The *post-hoc* data are presented in Figure 1.

## Discussion

This is the first study in plyometric exercise intensity quantifying that using physiological stresses assessing method to ranking exercise variations. All of previous studies used biomechanical and electromyography data for quantifying intensity and possible problems of those studies includes assessing a limit number of plyometrics, using of laboratory devices for quantifying, and different responses in subjects at various levels of experience. In this study plyometric exercise intensity quantifying performed with rating of perceived exertion scale that is an applicable and with high validity and reliability method for quantifying training.

The results of present study demonstrated cone hop and squat jump had "light" intensity in the RPE Scale. Evaluating of plyometric exercise with time to stabilization,<sup>9</sup> mean eccentric SEMG,<sup>11</sup> GRF,<sup>6</sup> E-RFD<sup>24</sup> demonstrated similar result with present study. The light intensity perceived with subjects CH and SJ presumably because of the low jump height, bilateral landings, and the low impact-related eccentric benefits associated with these plyometrics. As like a Jarvis *et al.*<sup>11</sup> no significant difference was observed between SJ (or countermovement jump) and CH. Athletes in SJ and CH no need to absorb a landing force, except the initial countermovement. Skipping mean RPE value indicated lowest value in plyometric exercise in this study which perceived the "very light" intensity. This lowest mean value of RPE in skipping plyometric was because of nature and technique of skipping and the low jump height and landing force.

The mean value of TJ, BJ, BAJ, and DJ were indicated "moderate" intensity in the RPE Scale. TJ intensity in most studies is moderate to high intensity.<sup>8, 10, 24</sup> It seems that participants experience level, intent during exercise performing, and the duration among repetitions is possible reasons for small difference between these studies. In BAJ, BJ and DJ height of barriers and boxes that subjects jump from, is more impor-

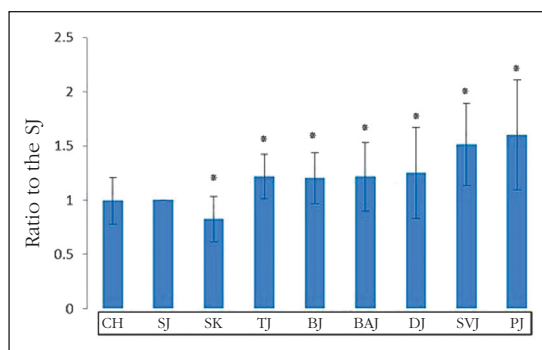


Figure 1.—The ratio of plyometrics to the Squat jump (SJ). \*Significantly different ( $P < 0.05$ ) from SJ.

Figura 1. — Rapporto tra gli esercizi pliometrici e lo squat jump (SJ). \*Significativamente diverso ( $P < 0,05$ ) da SJ.

per la quantificazione e risposte diverse nei soggetti a vari livelli di esperienza. In questo studio la quantificazione dell'intensità è avvenuta tramite la scala di percezione dello sforzo, un metodo applicabile e con una grande validità e affidabilità per quantificare l'allenamento.

I risultati del presente studio hanno dimostrato che il salto dei birilli e lo squat jump presentavano un'intensità "leggera" sulla scala RPE. La valutazione degli esercizi pliometrici con il tempo per la stabilizzazione,<sup>9</sup> la SEMG eccentrica media,<sup>11</sup> le GRF<sup>6</sup> e l'E-RFD<sup>24</sup> ha mostrato risultati analoghi nello studio. L'intensità leggera percepita dai soggetti durante CH e SJ probabilmente risiede nella scarsa altezza del salto, negli atterraggi bilaterali e nei benefici eccentrici legati allo scarso impatto associati con questi esercizi pliometrici. Come nello studio di Jarvis *et al.*,<sup>11</sup> non sono state riscontrate differenze significative tra SJ (o salto con contromovimento) e CH. Durante SJ e CH gli atleti non devono assorbire una forza di atterraggio, a parte il contromovimento iniziale. Il valore medio sulla scala RPE per il salto con la corda era il più basso tra gli esercizi pliometrici e l'intensità di tale esercizio era percepita come "molto leggera". Questo valore medio più basso nel salto con la corda era dovuto alla natura e tecnica dell'esercizio, nonché alla scarsa altezza del salto e alla forza di atterraggio.

Il valore medio di TJ, BJ, BAJ e DJ indicava un'intensità "moderata" nella scala RPE. L'intensità del TJ nella maggior parte degli studi varia da moderata ad alta.<sup>8, 10, 24</sup> Sembra che l'esperienza dei partecipanti, l'intenzione durante l'esecuzione dell'esercizio e la durata dell'intervallo tra le ripetizioni siano possibili motivi della piccola differenza tra questi studi. Nel salto della barriera, nel BJ e nel DJ, l'altezza di box e barriere da cui saltano i soggetti è un'importante caratteristica per aumentare il carico di atterraggio. Nella maggior parte degli studi



tant characteristic to enhance landing load. In most previous studies conducted for quantifying of plyometrics the intensity of BJ had a moderate intensity, but DJ intensity was variable between moderate to high depend on box heights.<sup>6, 8, 9, 12, 24</sup> Only EMG data from Ebben *et al.* study ranked DJ in lowest intensity than other plyometrics.<sup>10</sup> High intensity of single-leg vertical jump and PJ in the present study potentially related to high eccentric force of this jumps that may allow better utilization of the muscle spindles, resulting in more forceful concentric contractions of these muscle groups.<sup>1</sup>

Khodaei *et al.* that used of Borg RPE for ranking and equitizing plyometric training modes include assisted, resisted and common plyometrics demonstrated squat jump and cone jump have "light" intensity and Single-leg Vertical Jump have "high" intensity. This result is similar to present study. Also, Lockie *et al.* (2012) concluded that session ratings of perceived exertion (session-RPE) is useful method for quantifying field-based exercise such as sprinting, plyometrics and combine of them.<sup>5</sup>

## Conclusions

The results of present study indicated that individual responses to plyometric exercises with the Borg RPE scale as a physiologic assessing method more similar to responses of biomechanical assessing methods used in previous studies. It seems that results of the RPE scale most affected by complexity of plyometrics performing. But, biomechanical induces such as landing forces and height of eccentric phase is the main reasons of severity of plyometric exercises. The most novel part of our study was the use of low-cost and practical method that applicable in large groups and various plyometric exercises in athletes with different fitness levels. Coaches, athlete trainer and sport scientist might be used of mean the RPE Scale of your athletes for the plyometric training intensity monitoring and also training programing and periodization.

## References/Bibliografia

- 1) Potach DH, Chu DA. Plyometric Training. In: Thomas R, Baechle RWE, editor. Essentials of Strength Training and Conditioning. 7: Human kinetics; 2008.
- 2) Ratamess NA, Medicine ACoS. ACSM's foundations of strength training and conditioning: Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
- 3) Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations

to lower-extremity plyometric training. Sports Med 2010;40:859-95.

- 4) Ebben WP, Feldmann CR, Vanderzanden TL, Fauth ML, Petushek EJ. Periodized plyometric training is effective for women, and performance is not influenced by the length of post-training recovery. J Strength Cond Res 2010;24:1-7.
- 5) Lockie RG, Murphy AJ, Scott BR, Janse de Jonge XA. Quantifying session ratings of perceived exertion for field-based speed training methods in

*precedenti condotti per quantificare l'intensità degli esercizi pliometrici, quella del BJ risultava moderata, mentre quella del DJ variava da moderata a elevata a seconda delle altezze dei box.<sup>6, 8, 9, 12, 24</sup> Solo i dati elettromiografici ricavati dallo studio di Ebben et al. hanno fissato l'intensità del DJ come la più bassa rispetto agli altri pliometrici<sup>10</sup>. L'elevata intensità del salto verticale con una sola gamba e del PJ potrebbe collegarsi all'elevata forza eccentrica di questi salti, che può permettere un migliore utilizzo dei fusi muscolari, determinando contrazioni concentriche più forti di tali gruppi di muscoli.<sup>1</sup>*

*Khodaei et al., che hanno usato la Scala RPE di Borg per classificare ed equiparare le modalità di allenamento pliometrico, tra cui quello assistito, resistito e comune, hanno dimostrato che l'SJ e il salto dei birilli hanno un'intensità "leggera", mentre il salto verticale con una sola gamba presenta un'intensità "elevata". Questo risultato è simile a quello del presente studio. Anche Lockie et al. (2012) hanno concluso che la scala di percezione dello sforzo durante le sessioni (session-RPE) è un utile metodo per quantificare gli esercizi all'aperto come gli scatti, gli esercizi pliometrici e una loro combinazione.<sup>5</sup>*

## Conclusioni

*I risultati del presente studio indicano che le risposte individuali agli esercizi pliometrici con la scala RPE di Borg come metodo di valutazione fisiologica sono più simili a quelle ottenute tramite metodi biomeccanici utilizzati negli studi precedenti. Sembra che i risultati siano stati influenzati maggiormente dalla complessità dell'esecuzione degli esercizi pliometrici. Ma elementi biomeccanici come le forze di atterraggio e l'altezza della fase eccentrica sono le principali ragioni di difficoltà di tali esercizi. La parte più innovativa del nostro studio è stata l'uso di un metodo economico e pratico applicabile ad ampi gruppi e a vari esercizi pliometrici in atleti con diversi livelli di forma fisica. Allenatori, preparatori degli atleti e scienziati dello sport potrebbero servirsi della scala RPE per monitorare l'intensità dell'allenamento pliometrico negli atleti e mettere a punto e periodizzare il programma di training.*

team sport athletes. J Strength Cond Res 2012;26:2721-8.

- 6) Wallace BJ, Kernozek TW, White JM, Kline DE, Wright GA, Peng HT, et al. Quantification of vertical ground reaction forces of popular bilateral plyometric exercises. J Strength Cond Res 2010;24:207-12.
- 7) Ebben WP, Fauth ML, Kaufmann CE, Petushek EJ. Magnitude and rate of mechanical loading of a variety of exercise modes. J Strength Cond Res 2010;24:213-7.

- 8) Ebben WP, Fauth ML, Garceau LR, Petushek EJ. Kinetic quantification of plyometric exercise intensity. *J Strength Cond Res* 2011;25:3288-98.
- 9) Ebben WP, Vanderzanden T, Wurm BJ, Petushek EJ. Evaluating plyometric exercises using time to stabilization. *J Strength Cond Res* 2010;24:300-6.
- 10) Ebben WP, Simenz C, Jensen RL. Evaluation of plyometric intensity using electromyography. *J Strength Cond Res* 2008;22:861-8.
- 11) Jarvis MM, Graham-Smith P, Comfort P. A Methodological Approach to Quantifying Plyometric Intensity. *J Strength Cond Res* 2016;30:2522-32.
- 12) Van Lieshout KG, Anderson JG, Shelburne KB, Davidson BS. Intensity rankings of plyometric exercises using joint power absorption. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2014;29:918-22.
- 13) Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: a comparison of the CR10 and CR100 scales. *J Strength Cond Res* 2013;27:270-6.
- 14) Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1042-7.
- 15) Lockie R, Murphy A, de Jonge XJ. Quantifying training load for free sprint, resisted sprint, plyometrics and weights training with session-RPE in field sport athletes. *J Strength Cond Res* 2011;25:S14.
- 16) Earnest CP, Jurca R, Church TS, Chicharro JL, Hoyos J, Lucia A. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *Br J Sports Med* 2004;38:568-75.
- 17) Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, *et al.* A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001;15:109-15.
- 18) Borresen J, Lambert MI. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform* 2008;3:16-30.
- 19) Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, Bishop D, Fernandez-Garcia B. Ratings of perceived exertion-lactate association during actual singles tennis match play. *J Strength Cond Res* 2010;24:165-70.
- 20) Khodaei K, Mohammadi A, Badri N. A comparison of assisted, resisted, and common plyometric training modes to enhance sprint and agility performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2017 Jan 23 [Epub ahead of print].
- 21) Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual: Human Kinetics Books; 1988.
- 22) Hollander DB, Durand RJ, Trynicki JL, Larock D, Castracane VD, Hebert EP, *et al.* RPE, pain, and physiological adjustment to concentric and eccentric contractions. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1017-25.
- 23) Noble BJ, Borg GA, Jacobs I, Ceci R, Kaiser P. A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc* 1983;15:523-8.
- 24) Jensen RL, Ebben WP. Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. *J Strength Cond Res* 2007;21:763-7.

*Conflicts of interest.*—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Manuscript accepted: July 24, 2017. - Manuscript received: April 15, 2016.