



# The effects of supervised Slackline Training on postural balance in judoists

## Gli effetti dello slackline tracking sulla postura corporea nei judoisti

L. SANTOS<sup>1</sup> J. FERNÁNDEZ-RÍO<sup>2</sup>, B. FERNÁNDEZ-GARCÍA<sup>1</sup>, M. DUE JAKOBSEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University School of Sports Medicine, University of Oviedo, Spain

<sup>2</sup>Educational Sciences Department, University of Oviedo, Spain

<sup>3</sup>National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen, Denmark; Institute for Sports Science and Clinical Biomechanics, University of Southern Denmark, Odense, Denmark

### SUMMARY

**Aim.** This study investigates the effects of Slackline on postural control and jumping performance in judoists.

**Methods.** Fifteen judoists were randomly distributed into an experimental group (EG: N.=8, 16.0±1.73 years) and a control group (CG: N.=7, 15.43±2.23 years). While both groups followed the same judo training program during the 4 weeks of the study, the EG completed an additional supervised Slackline training (2 sessions per week of 60 min each one, for 4 weeks). Several key postural control parameters were assessed with a footscan baropodometric platform (sway length, ellipse surface and average speed) in three tests: bipedal support, right-foot support and left-foot support. All these tests were developed during 10 seconds and in an open eyes situation. Additionally, jumping performance expressed as flight time, was assessed in two tests (the drop jump [DJ]) and the countermovement jump [CMJ]) at baseline and after 4-week follow-up. Moreover, perceived exertion (RPE) was rated on a 6-20 Borg scale, and local muscle perceived exertion (L-RPE) was obtained after each training session.

**Results.** Final tests showed that the EG significantly reduced bipedal sway length, bipedal average speed, right-foot sway length and left-foot sway length, and the CMJ flight time was increased (P<0.05). On his part, the average RPE score of all training sessions was 10.86±0.62, and the average of L-RPE of all training sessions were 30.71%, 20.53% and 18.74% for the calves, hamstrings and quadriceps respectively.

**Discussion.** The results indicate that a 4-week supervised Slackline training program has a significant positive effect on young judoists' postural control and jumping performance.

**Conclusion.** Slackline training can be safely incorporated into a judoists' training protocol to improve postural control and jumping performance.

KEY WORDS: Postural balance - Plyometric exercise - Martial arts.

### RIASSUNTO

**Obiettivo.** L'obiettivo era quello di valutare gli effetti della Slackline sul controllo posturale e sul sviluppo nel saltare

**Metodi.** Quindici judoka sono stati casualmente distribuiti in un gruppo sperimentale (GE: N.=8, 16,0±1,73 anni) e un'altro gruppo di controllo (GC N.=7, 15,43±2,23 anni). Mentre entrambi i gruppi hanno seguito lo stesso programma d'allenamento di judo durante le 4 settimane dello studio, il GE ha completato un sorvegliato addestramento Slackline (2 sessioni settimanali di 60 minuti ciascuna per 4 settimane). Diversi parametri di controllo posturale sono stati valutati con una piattaforma footscan baropodometrica (lunghezza di rotolamento, superficie ellisse e velocità media) in 3 prove: supporto bipede, supporto piede destro e supporto piede sinistro. tutte queste prove sono state sviluppate per 10 secondi e in una situazione ad occhi aperti. Inoltre, il sviluppo nel saltare espresso come tempo di volo, è stato valutato in 2 prove (il salto di goccia [DJ]) e il salto contromovimento [CMJ]) sulla base e dopo 4 settimane di seguimiento. Inoltre, lo sforzo percipito (RPE) sono stati valutati su una Borg 6-20 punto di scala, e lo sforzo muscolare locale (L-RPE), sono ottenuti dopo ogni sessione d'allenamento.

**Risultati.** Le prove finali hanno mostrato che il GE ha ridotto significativamente la lunghezza bipede d'oscillazione, lunghezza piede destro, lunghezza piede sinistro, e il CJM tempo di volo è stato aumentato ( $P < 0,05$ ). Nel frattempo, il punteggio medio RPE di tutte le sessione d'allenamento è stato  $10,86 \pm 0,62$ , e nei L-RPE in tutte le sessione sono stati 30,71%, 20,53% e 18,74% relativamente per le polpacci, le tendine del ginocchio e quadricipiti.

**Discussione.** I risultati indicano che un programma di 4 settimane, sotto la supervisione del programma di formazione Slackline, ha un effetto positivo molto significativo sui giovani judoka, sul controllo posturale e anche sul sviluppo nel saltare.

**Conclusioni.** La formazione con la Slackline può essere incorporata in modo sicuro nel protocollo di allenamento di un judoka per migliorare il controllo posturale e le prestazioni nel salto.

**PAROLE CHIAVE:** Equilibrio posturale - Esercizio pilometrico - Arti marziali.

Judo is a popular Japanese martial art and an Olympic and Paralympic sport. It is a combat where the fight is won when the opponent is thrown on the back or in a ground situation causing submission by neck choke, elbow arm lock or immobilization.<sup>1</sup> As a result, judoists are highly dependent on their postural control and muscle strength.<sup>2</sup>

Body posture can be defined as the relative position of the different body parts related to each other, the context or the gravitational field.<sup>3</sup> In combat, judoists try to maintain body posture while constantly being challenged by their own movements and external forces applied by their opponents.<sup>4</sup> The goal of a judoist is to create an unstable situation for their opponent and attack at that point. Hence, judo combat might be considered a struggle to maintain postural control.

Slackline is an emerging recreational sport activity where people try to walk and maintain balance on a polyester band that is placed between two anchor points. As the slackline provides an unstable base of support with quickly oscillating medio-lateral body perturbations (which may be considered as the main difference between slacklining and classical balance training), it induces high challenges for the postural control.<sup>5</sup> Previous studies on Slackline have shown that it can improve postural stability in single leg stance on a stable surface<sup>6</sup> and postural control.<sup>5</sup> Nevertheless, other previous studies on the effects of Slackline on strength development have been scarce and with contrasting findings. Granacher *et al.*<sup>7</sup> examined the impact of slacklining in young adults and found improvements in rate of force development, but not in maximal torque or jump height. Furthermore, Donath *et al.*<sup>8</sup> observed no effects of Slackline training on jumping performance in students. To our knowledge, there are no published studies on the effects of slackline training in athletes. Regarding the

*Il judo è una popolare arte marziale giapponese e uno sport olimpico e paralimpico. È un combattimento dove per vincere bisogna proiettare l'avversario sulla spalla o al suolo causandone la sottomissione mediante le tecniche di presa al collo, leva al braccio o immobilizzazione<sup>1</sup>. Di conseguenza, la performance dei judoisti dipende molto dal loro controllo posturale e dalla loro forza muscolare<sup>2</sup>.*

*La postura corporea può essere definita come la posizione relativa delle diverse parti del corpo l'una rispetto all'altra, in relazione al contesto e in relazione al campo gravitazionale<sup>3</sup>. Nel combattimento, i judoisti cercano di mantenere la postura corporea contro i loro stessi movimenti e le forze esterne applicate dagli avversari<sup>4</sup>. L'obiettivo di un judoista è quello di creare una situazione di instabilità per il proprio avversario e di attaccarlo nello stesso momento. Pertanto, il combattimento di judo può essere considerato una lotta per il mantenimento del controllo posturale.*

*Lo slacklining è un'attività sportiva ricreativa emergente nella quale le persone cercano di camminare e mantenere l'equilibrio su una fettuccia piatta di poliestere (slackline) tesa tra due punti di ancoraggio. Fornendo una base di appoggio instabile, con rapide perturbazioni oscillatorie medio-laterali del corpo (che possono essere considerate la principale differenza tra lo slacklining e il classico allenamento dell'equilibrio), tale disciplina comporta elevate sfide per il controllo posturale<sup>5</sup>. Precedenti studi sullo slacklining hanno mostrato che tale attività migliora la stabilità posturale con una gamba su una superficie stabile<sup>6</sup> e il controllo posturale<sup>5</sup>. Ciononostante, vi è una scarsità di studi relativi agli effetti dello slacklining sullo sviluppo della forza e i risultati degli studi esistenti sono spesso contrastanti. Granacher *et al.*<sup>7</sup> hanno esaminato l'impatto dello slacklining su giovani adulti e hanno osservato miglioramenti nel tasso di sviluppo della forza, ma non nella torsione massimale o nell'altezza del salto. Inoltre, Donath e colleghi<sup>8</sup> non hanno osservato alcun effetto dell'allenamento di slacklining sulla performance del salto negli studenti. Entro i limiti della nostra conoscenza, non sono stati pubblicati studi sugli effetti dell'allenamento di slacklining sugli atleti. Considerati i possibili benefici per l'equi-*

possible balance and strength benefits of the use of Slackline for judoists, whether it were considered as a crosstraining tool, the aim of the present study was to evaluate the changes in postural control and jumping performance in judoists, after a slackline training program.

## Materials and methods

### Subjects

A group of 15 (12 males, 3 females) regional and national-level under-20 judoists participated in the project. The study was designed and carried out in accordance with the guidelines contained in the declaration of Helsinki, and approved by the Regional Clinical Research Ethics Committee of the Principality of Asturias, Spain (No. 32/2014). An informed written consent was obtained from all participants. Those who were under 18, their parents signed the same document. None of them had experience slackline training and none had any history of musculoskeletal, neurological or orthopaedic disorders.

### Intervention

A randomized, fully controlled experimental design was used to examine the effects of supervised slackline training in the group of judoists. Participants were randomly distributed into an Experimental Group (EG, Slackline, N.=8) and a Control Group (CG, no Slackline, N.=7) through a simple draw among all participants. Age, height, weight and the sum of 6 skinfolds (S6SK: abdominal, suprailiac, tricipital, subscapular, thigh, and medial leg), using a skinfold caliper (Holtain®, UK), were determined before and after a 4-weeks slackline training. Baseline characteristics of both groups are showed in Table I. Unfortunately, one judoist from the EG dropped out before the completion of the study.

While both groups followed the same judo training program during the 4 weeks of the study, the EG completed an additional supervised slackline training (2 sessions per week of 60 min each one). A Gibbon Slackline™ classic line (ID Sports, Stuttgart, Germany), (length: 25 m, width: 0.05 m) was employed to develop slackline tasks. To provide a safe training environment, several gymnastic mats were placed under slackline.

*librio e la resistenza derivanti dall'utilizzo dello slacklining per i judoisti, utilizzato come strumento di allenamento trasversale, obiettivo del presente studio è stato quello di valutare i cambiamenti nel controllo posturale e nella performance del salto nei judoisti, dopo un programma di allenamento di slacklining.*

## Materiali e metodi

### Soggetti

*Al progetto ha preso parte un gruppo di 15 judoisti di livello regionale e nazionale (12 maschi, 3 femmine), di età inferiore ai 20 anni. Lo studio è stato disegnato e condotto in armonia con le linee guida della Dichiarazione di Helsinki ed è stato approvato dal Comitato etico regionale per la sperimentazione clinica del principato di Asturia, Spagna (n. 32/2014). Tutti i partecipanti hanno fornito il loro consenso informato scritto. Per i soggetti di età inferiore ai 18 anni, i genitori hanno firmato lo stesso documento di consenso informato. Nessuno dei partecipanti aveva avuto esperienze di allenamento di slacklining e nessuno presentava disturbi muscoloscheletrici, neurologici od ortopedici nell'anamnesi.*

### Intervento

*Un disegno sperimentale randomizzato e interamente controllato è stato usato per esaminare gli effetti di un allenamento supervisionato di slacklining sul gruppo di judoisti. I partecipanti sono stati distribuiti in maniera casuale in un Gruppo sperimentale (GS, slackline, N.=8) e in un Gruppo di controllo (GC, senza slackline, N.=7) mediante un semplice sorteggio tra tutti i partecipanti. Età, altezza, peso e somma delle 6 pliche cutanee (S6SK: addominale, sovrailiaca, tricipitale, sottoscapolare, femorale e mediale della gamba) misurate con un plicometro Holtain® (Regno Unito), sono stati determinati prima e dopo un allenamento di 4 settimane di slacklining. Le caratteristiche basali di entrambi i gruppi sono mostrate in Tabella I. Un judoista del GS si è ritirato prima del completamento dello studio.*

*Entrambi i gruppi hanno seguito lo stesso programma di allenamento di judo nel corso delle 4 settimane dello studio, ma il GS ha completato un ulteriore allenamento supervisionato di slacklining (2 sessioni alla settimana di 60 minuti ciascuna). Uno slackline Gibbon™ classic line (ID Sports, Stuttgart, Germania) (lunghezza: 25 m, larghezza: 0,05 m) è stato usato per svolgere i compiti di slacklining. Per garantire un ambiente di allenamento sicuro, sono stati collocati numerosi tappetini da ginnastica sotto lo slackline.*

TABLE I.—Characteristics of the participants (Mean±SD).  
 TABELLA I. — *Caratteristiche dei partecipanti (media±DS).*

Demographics	CG (N.=7)	EG (N.=8)
Age (years)	15.43±2.25	16.0±1.6
Height (cm)	164.86±4.03	172.67±7.21
Mass (kg)	65.47±13.61	66.11±10.91
Body fat (mm)	111.2±63.13	90.85±53.88
Dominant leg	(5 right-leg/2 left-leg)	(6 right-leg/1 left-leg/1 no dominance)
Sex (male/female)	(6/1)	(6/2)
Judo degree	(4 brown belt/3 black belt 1 <sup>st</sup> Dan)	(4 brown belt/4 black belt 1 <sup>st</sup> Dan)
Competitive level	(4 national/3 regional)	(4 national/4 regional)

cm: centimetres; kg: kilograms; mm: millimetres.

TABLE II.—Slackline training protocol.  
 TABELLA II. — *Protocollo di allenamento di slacklining.*

Week	Tasks	Length of the line (m)
1 <sup>st</sup>	Standing and first steps with support and minor support	7-10
1 <sup>st</sup>	Standing and steps with minor support and without support	7-10
2 <sup>nd</sup>	Walking forward and backward	10-12
2 <sup>nd</sup>	Catch and pass a ball	10-12
3 <sup>rd</sup>	Turns on the line	10-12
3 <sup>rd</sup>	Standing up from a sitting position	12-18
4 <sup>th</sup>	Standing and juggling balls	12-18
4 <sup>th</sup>	Walking with constrains (e.g. arms akimbo) and two people standing on the slack	12-18

### Slackline training program

The EG performed eight balance training sessions using a Slackline for 4 weeks on non-consecutive days (Table II). All slackline sessions lasted 60 min. They were held in a gym where two pillars were used as anchors points to fix the nylon band about 30 cm above the floor. Sessions protocol was always the same: warm up (run forward and backward, lateral run, skipping, walk forward and shoulder movements - forward and backward - and stretching of the main locomotive system muscle groups, during 10 min), slackline tasks [45 min] and cool down [stretching of the main locomotive system muscle groups, during 5 min]). Tasks were selected based on several Slackline previous studies,<sup>5, 9</sup> as well as the personal experience of the authors. All tasks were performed barefooted to maximize the impact of the balance workout.

In the first week, judoists learned to stand on the band with handheld assistance from the coach. They walked several steps forward and tried different single and tandem static stances (firstly, with support and a minor support from the coach and later without support). Throughout the second week, they walked forward and backward without help.

### Programma di allenamento di slacklining

Il gruppo sperimentale (GS) ha effettuato otto sessioni di allenamento dell'equilibrio usando uno slackline per 4 settimane in giorni non consecutivi (Tabella II). Tutte le sessioni di slacklining sono durate 60 minuti. Gli allenamenti si sono tenuti in una palestra usando due pilastri come punti di ancoraggio, ai quali è stata fissata la fettuccia di nylon a circa 30 cm di altezza dal suolo. Il protocollo delle sessioni era sempre lo stesso: riscaldamento (10 minuti di corsa avanti e indietro, corsa laterale, saltelli, camminata in avanti, movimenti della spalla in avanti e indietro e stretching dei principali gruppi muscolari del sistema locomotore), compiti di slacklining [45 minuti] e raffreddamento [stretching dei principali gruppi muscolari del sistema locomotore per 5 minuti]). I compiti sono stati selezionati in base a numerosi studi precedentemente condotti sullo slacklining<sup>5, 9</sup>, oltre che in base all'esperienza personale degli autori. Tutti i compiti sono stati svolti a piedi nudi per massimizzare l'impatto dell'allenamento sull'equilibrio.

Nella prima settimana, i judoisti hanno imparato a rimanere in piedi sulla fettuccia sostenendosi alla mano dell'allenatore. I soggetti hanno compiuto numerosi passi in avanti e hanno provato posizioni statiche singole e tandem (prima con il supporto dell'allenatore, poi con un supporto minore e infine senza supporto). Nel corso della seconda settimana, i soggetti hanno camminato in avanti e in-



In addition, they caught and threw and caught different types of balls (tennis, handball and basketball) in dynamic and static single and tandem positions. Across the third week, judoists made 90° and 180° turns towards right and left side while standing on the Slackline. Subsequently, they stood up from a sitting position in the middle of the band for a few seconds (the point of greatest instability) before walking until the end of the band. During the fourth week, participants walked to the middle of the band to juggle different size balls with both hands for 20-30 s. Later, they walked forward and backward hold hands akimbo placing their arms over their chest (only right arm, only left arm, both arms, left arm extended up front, right arm extended, etc). Finally, two judoists walked from each end of the Slackline, and then they joined hands in the middle to move together forward and backward. Slackline length was increased twice; the fifth training session (beginning of the second week, from 7-10 to 10-12 m) and the eleventh training session (end of the third week, from 10-12 to 12-18 m).

#### *Measurements and data collection procedure*

##### POSTURAL CONTROL

A footscan baropodometric platform from FreeMED™ Sensormedica, S.A.S. (Rome, Italy) was employed for data collection.<sup>10</sup> The goal was to analyse displacement of the participants' centre of pressure during 10 s in 3 different backgrounds: bipedal support, right-foot support and left-foot support. All tests were performed barefooted following recommendations of the French Association of Posture<sup>11</sup> and in an open eyes situation. These tests were selected because they have been proven to assess several key postural control parameters:<sup>11</sup> sway length (displacement of the centre of pressure, mm), ellipse surface (precision area of the postural control, mm<sup>2</sup>) and average speed (postural reactions to maintain balance, mm/s). Data were registered and analyzed with the Free-Step v.1.0.3 software (Rome, Italy).<sup>10</sup>

To familiarize the participants to the test condition and verify their understanding of instructions, preliminary practice trials were given.<sup>9</sup> They had to look at a fixed target (10 cm<sup>2</sup> circle) located 2.5 m away from the platform at a height of 1.65 m. The non-stance

dietro senza ricevere alcun supporto. Inoltre, hanno afferrato e lanciato diversi tipi di palle (da tennis, pallamano e pallacanestro) in posizioni statiche e dinamiche, tandem e singole. Nel corso della terza settimana, i judoisti hanno effettuato torsioni di 90° e 180° verso il lato destro e sinistro rimanendo in piedi sullo slackline. Successivamente, si sono alzati da una posizione seduta a metà della fettuccia per pochi secondi (il punto di maggiore instabilità) prima di dirigersi camminando verso il termine della fettuccia. Nel corso della quarta settimana, i partecipanti hanno camminato verso il centro della fettuccia effettuando giochi di destrezza con palle di diverse dimensioni con entrambe le mani per 20-30 secondi. Successivamente, i partecipanti hanno camminato in avanti e indietro tenendo entrambe le mani sui fianchi e le braccia sul torace (solo il braccio destro, solo il braccio sinistro, entrambe le braccia, il braccio sinistro allungato in avanti, il braccio destro esteso ecc.). Infine, due judoisti hanno camminato l'uno verso l'altro da ciascuna estremità dello slackline e hanno unito le mani al centro per muoversi insieme in avanti e indietro. La durata dell'allenamento di slacklining è stata aumentata due volte: alla quinta sessione di allenamento (inizio della seconda settimana, da 7-10 a 10-12 minuti) e all'undicesima sessione di allenamento (termine della terza settimana, da 10-12 a 12-18 minuti).

##### Misurazioni e procedura di raccolta dei dati

##### CONTROLLO POSTURALE

Una piattaforma baropodometrica FreeMED™, Sensormedica S.A.S (Roma, Italia), è stata utilizzata per la raccolta dei dati<sup>10</sup>. L'obiettivo era quello di analizzare lo spostamento del centro di pressione dei partecipanti nel corso di 10 secondi in 3 diversi contesti: appoggio su entrambi i piedi, appoggio sul piede destro e appoggio sul piede sinistro. Tutti i test sono stati condotti a piedi nudi seguendo le raccomandazioni della "French Association of Posture"<sup>11</sup> e i partecipanti hanno tenuto gli occhi aperti. Tali test sono stati selezionati perché si sono dimostrati in grado di valutare numerosi parametri chiave di controllo posturale:<sup>11</sup> lunghezza dell'oscillazione (spostamento del centro di pressione, mm) superficie dell'ellisse (area di precisione del controllo posturale, mm<sup>2</sup>) e velocità media (reazioni posturali per mantenere l'equilibrio, mm/s). I dati sono stati registrati e analizzati con il software Free-Step v.1.0.3 (Roma, Italia)<sup>10</sup>.

Per far familiarizzare i partecipanti con le condizioni del test e verificare la loro comprensione delle istruzioni, sono state condotte delle prove pratiche preliminari<sup>9</sup>. I partecipanti dovevano guardare verso un obiettivo fisso (cerchio di 10 cm<sup>2</sup>) posizionato a 2,5 m dalla piattaforma e

leg had to be elevated at least 5 cm above the platform while hands were held akimbo.<sup>12</sup> Bipedal support test stance was established at the distance of 17 cm. In addition, they were instructed to stand as still as possible. A test assistant was available for the participants to grasp on in order to prevent the danger of the falling three attempts for each test condition were allowed. A break of 1 min was warranted between each trial. An attempt was defined as invalid and was repeated whether participants touched the ground with their contralateral leg or grasped to the tests assistant.

#### JUMPING PERFORMANCE

After a standard warm-up (10 min of static cycling and stretching of the main locomotive system muscle groups), judoists performed the following tests on a contact time platform (Ergojump®, Finland): DJ from a 30-cm box, and CMJ. DJ and CMJ tests are similar, except for the athletes' initial position. In the CMJ, participants stand upright on the contact-time platform, whereas in the DJ, participants stand on a box and jump down on the contact time platform and perform a CMJ once both feet have landed at the same time. Both tests are performed with both hands held akimbo. Participants were asked to jump as high as possible. Exact instructions for performing these tests have been previously described and they were transmitted to the participants.<sup>13</sup> As in the postural control tests, to familiarize the participants to the test condition and verify their understanding of instructions, preliminary practice trials were given.<sup>9</sup> Knee flexion was evaluated using an electronic goniometer (Ergotest Technology, Norway), and jumps in which knee flexion was greater than 90° were rejected (taking into account that 0° is considered the standing position). Flight time (ms) was measured with a digital timer connected by a cable to the platform. This timer was triggered by the athlete's feet at the moment of release from the platform and was stopped at the moment of ground contact. Participants performed 3 attempts of each test (CMJ and DJ), with a resting period of 1 min among jumps. The best trial of the 3 CMJs and DJs in terms of flight time, was taken for further data analysis. These two tests have been reported to assess the jumping performance.<sup>13</sup>

*a un'altezza di 1,65 m. La gamba non d'appoggio doveva essere elevata di almeno 5 cm sopra la piattaforma mentre le mani dovevano essere tenute sui fianchi<sup>12</sup>. La posizione del test con appoggio su entrambi i piedi è stata fissata a una distanza di 17 cm. Inoltre, i partecipanti sono stati istruiti per rimanere il più immobili possibile. I partecipanti potevano aggrapparsi a un assistente del test al fine di evitare il pericolo di caduta nel corso dei tre tentativi per ciascuna condizione di test. Tra ogni prova è stata concessa una pausa di 1 minuto. Un tentativo è stato definito non valido ed è stato ripetuto se i partecipanti toccavano il terreno con la loro gamba controlaterale o se si aggrappavano all'assistente del test.*

#### PERFORMANCE DEL SALTO

*Dopo un riscaldamento standard (10 minuti di pedalata statica e stretching dei principali gruppi muscolari del sistema locomotore), i judoisti hanno effettuato i seguenti test su una piattaforma dinamometrica (Ergojump®, Finlandia): DJ da una scatola di 30 cm e CMJ. I test DJ e CMJ sono simili, fatta eccezione per la posizione di partenza degli atleti. Nel CMJ, i partecipanti sono in posizione eretta sulla piattaforma dinamometrica, mentre nel DJ, i partecipanti sono in piedi su una scatola e saltano giù sulla piattaforma dinamometrica ed effettuano il CMJ una volta che entrambi i piedi sono atterrati nello stesso momento. Entrambi i test vengono effettuati con entrambe le mani sui fianchi. Ai partecipanti è stato chiesto di saltare il più in alto possibile. Istruzioni esatte per l'esecuzione di tali test sono state precedentemente descritte e fornite ai partecipanti<sup>13</sup>. Come nei test sul controllo posturale, per far familiarizzare i partecipanti con la condizione del test e verificare la loro comprensione delle istruzioni, sono state condotte delle prove pratiche preliminari<sup>9</sup>. La flessione del ginocchio è stata valutata usando un goniometro elettronico (Ergotest Technology, Norvegia) e i salti nei quali la flessione del ginocchio era superiore a 90° sono stati scartati (tenendo in considerazione che 0° è considerata la posizione eretta). Il tempo di volo (ms) è stato misurato con un cronometro digitale collegato via cavo alla piattaforma. Questo cronometro è stato avviato nel momento in cui il piede dell'atleta si staccava dalla piattaforma e si è interrotto nel momento di contatto con il suolo. I partecipanti hanno effettuato 3 tentativi per ogni test (CMJ e DJ), con un periodo di riposo di 1 minuto tra i salti. La migliore prova dei 3 test CMJ e DJ in termini di tempo di volo è stata presa in considerazione per condurre ulteriori analisi dei dati. Questi due test sono considerati valide valutazioni della performance del salto<sup>13</sup>.*

## RATINGS OF PERCEIVED EXERTION

Morgan and Borg<sup>14</sup> observed that the rate of change in the ratings of perceived exertion (RPE) during prolonged work can be used as a sensitive predictor of the point of self-imposed exhaustion. The commonly employed Borg 6-20 Scale assumes a linear function between perceptual and physiological (oxygen uptake [VO<sub>2</sub>] and heart rate [HR]) or physical (work rate) parameters.<sup>15</sup> Judo training includes physical, physiological, psychological, technical and tactical components.<sup>1, 16</sup> Therefore, the overall workload can be very demanding. Judo coaches are constantly looking for training methods that could give their athletes an edge over their opponents, but it is not easy to include new exercises in a tight training routine. Thus, it is necessary to assess the workload of these new tasks. Hence, RPE was included into the research project. Borg's 6-20 Scale was explained to all participants prior to the beginning of the slackline training. It remained in full view of the judoists for the complete duration of the sessions, and they were asked to rate their perceived exertion at the end of each one.

## LOCAL-RPE

A variation of Borg scale has been used to estimate the perceived exertion in specific body parts and/or muscles of wrestlers.<sup>17</sup> The same methodology was used in the present study to assess the local workload of the slackline training program. At the end of each training session, participants were asked to indicate the locomotive system muscles groups they perceived to experience exertion (which muscle groups they felt had been involved in the slackline tasks), on an anatomical diagram of the anterior and posterior views on the body. The goal was to understand this type of exercises and incorporate them safely into the judoists' training protocol (Table II).

*Statistical analysis*

All data were analyzed using The Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 19.0 (IBM, Chicago, IL). First, exploratory analyses were conducted to establish whether data met parametric assumptions. The Shapiro-Wilk test showed that all the dependent variables (sway length, ellipse surface, aver-

## VALUTAZIONI DELLO SFORZO PERCEPITO

*Morgan e Borg<sup>14</sup> hanno osservato che il tasso di cambiamento nelle valutazioni dello sforzo percepito (ratings of perceived exertion, RPE) durante il lavoro prolungato può essere usato quale fattore predittivo sensibile del punto di esaurimento auto-imposto. La scala di Borg 6-20 comunemente utilizzata presuppone una funzione lineare tra parametri percettivi e fisiologici (consumo di ossigeno [VO<sub>2</sub>] e frequenza cardiaca o parametri fisici (tasso di lavoro)<sup>15</sup>. L'allenamento di judo include componenti fisiche, fisiologiche, psicologiche, tecniche e tattiche<sup>1, 16</sup>. Pertanto, il carico di lavoro complessivo può essere estremamente impegnativo. Gli allenatori di judo cercano costantemente metodi di allenamento che possano fornire ai loro atleti un margine competitivo rispetto agli avversari, ma non è semplice includere nuovi esercizi fisici in una routine di allenamento serrata. Pertanto, è necessario valutare il carico di lavoro di tali nuovi compiti. Di conseguenza, la valutazione dello sforzo percepito (RPE) è stata inclusa nel progetto di ricerca. La scala 6-20 di Borg è stata spiegata a tutti i partecipanti prima dell'inizio dell'allenamento di slacklining. Essa è rimasta bene in vista dei judoisti per l'intera durata delle sessioni ed è stato chiesto loro di valutare lo sforzo percepito al termine di ciascuna sessione.*

## RPE LOCALE

*Una variante della scala di Borg è stata usata per stimare lo sforzo percepito in specifiche parti del corpo e/o muscoli degli atleti<sup>17</sup>. La stessa metodologia è stata usata nel presente studio per valutare il carico di lavoro locale del programma di allenamento di slacklining. Al termine di ogni sessione di allenamento, ai partecipanti è stato chiesto di indicare per quali muscoli del sistema locomotore avessero percepito uno sforzo maggiore (quali gruppi muscolari sentivano che erano stati coinvolti nei compiti di slacklining) su un diagramma anatomico delle vedute anteriori e posteriori del corpo. L'obiettivo era quello di comprendere questo tipo di esercizi fisici e di includerli con sicurezza nel protocollo di allenamento dei judoisti (Tabella II).*

*Analisi statistica*

*Tutti i dati sono stati analizzati usando il software statistico per le scienze sociali (SPSS), versione 19.0 (IBM, Chicago, IL). Per prima cosa, sono state condotte delle analisi esplorative per stabilire se i dati soddisfacevano le supposizioni parametriche. Il test di Shapiro-Wilk ha mostrato che tutte le variabili dipendenti (lunghezza di oscillazione, superficie dell'ellisse, velocità media, CMJ e DJ)*



age speed, CMJ and DJ) were normally distributed ( $Sig.<0.05$ ). Therefore, parametric tests were used to analyze gathered data. A one-way analysis of variance (ANOVA), selecting Levene's test, was used to assess the equality of variances in the samples; that is the homogeneity of variance ( $P>0.05$ ) between study groups (EG, CG).<sup>18</sup> Pre- and post-test descriptive statistics were also calculated. Finally, the paired samples t-test was used to study the effects of the training program on both groups. For all statistical analyses, the level of significance was set at  $P<0.05$ . In addition Effect Size ( $f$ ) was computed and reported when significant differences were obtained among groups. According to Coe, "the Effect Size is a measure of the effectiveness of the treatment".<sup>19</sup> This formula was employed:  $f=(M_{EX}-M_C)/(SD_C)$ .<sup>20</sup>

## Results

### Postural control

There were no significant differences between the EG and CG in the independent variables (anthropometric characteristics and training condition) at baseline. Regarding the dependent variables (all postural control parameters aforementioned), no significant differences were found between the EG and CG, except in the right-foot ellipse surface, where the CG was higher ( $P<0.04$ ) and the right-foot sway length and right-foot average speed, where the EG was higher ( $P<0.001$  and  $P<0.001$ , respectively) compared with the control group.

At post-tests, the paired samples t-test revealed significant training effects for several variables in the EG; reductions in bipedal sway length from  $134.15\pm 37.34$  to  $95.47\pm 37.82$  mm (-28.8%,  $P<0.045$ ), bipedal average speed from  $139.82\pm 37.33$  to  $102.91\pm 41.45$  mm/s (-26.4%,  $P<0.049$ ), right-foot sway length from  $943.55\pm 745.51$  to  $311.51\pm 61.54$  mm (-67%,  $P<0.046$ ), and left-foot sway length from  $366.47\pm 125.81$  to  $273.69\pm 75.89$  mm (-25.3%,  $P<0.049$ ). According to Coe, "the Effect Size is a measure of the effectiveness of the treatment".<sup>19</sup> In the present study, strong in bipedal sway length ( $f=1.34$ ) and bipedal average speed ( $f=1.26$ ), moderate in left-foot sway length ( $f=0.7$ ), and weak in right-foot sway length ( $f=0.07$ ). On the other hand, in the CG no changes were found between the pre and the post-test scores in any of the variables assessed (Table III).

*avevano una distribuzione normale (Sig.<0,05). Pertanto, i test parametrici sono stati usati per analizzare i dati raccolti. Un'analisi della varianza a una via (ANOVA), utilizzando il test di Levene, è stata condotta per valutare l'eguaglianza delle varianze nei campioni, cioè l'omogeneità della varianza ( $P>0,05$ ) tra i gruppi di studio (GS, GC).<sup>18</sup> È stata calcolata anche la statistica descrittiva pre- e post-test. Infine, il test t per campioni appaiati è stato usato per studiare gli effetti del programma di allenamento su entrambi i gruppi. Per tutte le analisi statistiche, il livello statistico di significatività è stato fissato a  $P<0,05$ . Inoltre, l'ampiezza dell'effetto ( $f$ ) è stato calcolata e riportata quando sono state ottenute differenze significative tra i gruppi. Secondo Coe, "l'ampiezza dell'effetto è una misura dell'efficacia del trattamento".<sup>19</sup> È stata usata questa formula:  $f=(M_{EX}-M_C)/(SD_C)$ .<sup>20</sup>*

## Risultati

### Controllo posturale

*Non sono state osservate differenze significative tra il GS e il GC nelle variabili indipendenti (caratteristiche antropometriche e condizione di allenamento) al basale. Per quanto concerne le variabili dipendenti (tutti i parametri di controllo posturale sopramenzionati), non è stata osservata nessuna differenza significativa tra il GS e il GC, fatta eccezione per la superficie dell'ellipse col piede destro, più elevata nel GC ( $P<0,04$ ), la lunghezza di oscillazione col piede destro e la velocità media col piede destro, più elevate nel GS (rispettivamente  $P<0,001$  e  $P<0,001$ ) rispetto al gruppo di controllo.*

*Nel post-test, il test t per campioni appaiati ha rivelato significativi effetti dell'allenamento per numerose variabili nel GS; riduzioni nella lunghezza di oscillazione con entrambi i piedi da  $134,15\pm 37,34$  a  $95,47\pm 37,82$  mm (-28,8%,  $P<0,045$ ), velocità media con entrambi i piedi da  $139,82\pm 37,33$  a  $102,91\pm 41,45$  mm/s (-26,4%,  $P<0,049$ ), lunghezza di oscillazione con il piede destro da  $943,55\pm 745,51$  a  $311,51\pm 61,54$  mm (-67%,  $P<0,046$ ) e lunghezza di oscillazione con il piede sinistro da  $366,47\pm 125,81$  a  $273,69\pm 75,89$  mm (-25,3%,  $P<0,049$ ). Secondo Coe, "l'ampiezza dell'effetto è una misura dell'efficacia del trattamento".<sup>19</sup> Nel presente studio, essa era forte nella lunghezza di oscillazione con entrambi i piedi ( $f=1,34$ ) e nella velocità media con entrambi i piedi ( $f=1,26$ ), moderata nella lunghezza di oscillazione con il piede sinistro ( $f=0,7$ ) e debole nella lunghezza di oscillazione con il piede destro ( $f=0,07$ ). D'altro canto, nel GC non sono stati osservati cambiamenti tra i punteggi pre- e post-test in nessuna delle variabili valutate (Tabella III).*



TABLE III.—Postural control variables by group (mean±SD) and effect size.

TABELLA III. — Variabili di controllo posturale per gruppo (media±DS) e ampiezza dell'effetto.

Variables	Experimental group		Control group		f
	Pre	Post	Pre	Post	
Bipedal sway length (mm)	134.15±37.34	95.47±37.82*	169.96±44.82	162.75±49.93	1.34
Bipedal ellipse surface (mm <sup>2</sup> )	87.17±179.47	53.63±58.54	60.15±73.89	120.05±179.53	-
Bipedal average speed (mm/s)	139.82±37.33	102.91±41.45*	174.50±47.27	166.08±50.01	1.26
Right-foot sway length (mm)	943.55±745.51	311.51±61.54*	430.21±116.34	351.87±130.87	0.07
Right-foot ellipse surface (mm <sup>2</sup> )	844.64±359.29	380.17±306.22	386.38±198.79	661.95±480.62	-
Right-foot average speed (mm/s)	843.60±793.67	173.92±31.67	284.02±110.17	263.46±82.08	-
Left-foot sway length (mm)	366.47±125.81	273.69±75.89*	382.88±86.50	348.03±105.21	0.7
Left-foot ellipse surface (mm <sup>2</sup> )	489.26±372.30	585.21±423.71	559.09±523.97	445.78±294.60	-
Left-foot average speed (mm/s)	279.63±132.37	192.21±67.54	292.47±85.64	294.82±90.14	-

mm: millimetres; mm<sup>2</sup>: millimetres squared; mm/s: millimetres per second  
 $f = (M_{EX} - M_C) / (SD_C)$   
 \*Sig.<0.05

### Jumping performance

At pre-tests, no significant differences in the independent variables were found between the EG and CG. Regarding the dependent variable (flight time), no significant differences were found between the EG and CG, either. Hence, both study groups could be considered homogeneous. At post-tests, DJ flight time decreased from 559.14±34.93 msec to 457.71±11.94 ms (-18.14%) in CG, while in the EG, flight time increased not significantly from 529.29±58.30 ms to 545.86±59.98 ms (3.1%). In the CMJ test, the values of the CG decreased from 479.14±34.81 ms to 477.00±22.37 ms (-0.44%,  $P < 0.05$ ), whereas the EG significantly increased from 507.71±52.79 ms to 555.00±49.72 (9.31%). Finally, the Effect Size was found to be strong ( $f = 3.49$ ) in CMJ (Figure 1).

### RPE AND L-RPE

Participants reported a mean global RPE of 10.86±0.62 on the whole training process. Regarding Local-RPE, participants indicated more frequently the following muscles/body parts: calves, hamstrings and quadriceps (30.71%, 20.53% and 18.74% average values respectively). In addition, lumbar, adductors and

### Performance del salto

Al pre-test, non sono state osservate differenze significative nelle variabili indipendenti tra GS e GC. Per quanto concerne le variabile dipendente (tempo di volo), non sono state osservate differenze significative tra il GS e il GC. Pertanto, entrambi i gruppi devono essere considerati omogenei. Al post-test, il tempo di volo nel test DJ è diminuito da 559,14±34,93 msec a 457,71±11,94 ms (-18,14%) nel GC mentre nel GS il tempo di volo è aumentato in maniera non significativa da 529,29±58,30 ms a 545,86±59,98 ms (3,1%). Nel test CMJ, i valori del GC sono diminuiti da 479,14±34,81 ms a 477,00±22,37 ms (-0,44%,  $P < 0,05$ ), mentre nel GS sono aumentati in maniera significativa da 507,71±52,79 ms a 555,00±49,72 (9,31%). Infine, è stata osservata una forte ampiezza dell'effetto ( $f = 3,49$ ) nel test CMJ (Figura 1).

### RPE E L-RPE

I partecipanti hanno riportato una valutazione dello sforzo percepito (RPE) globale media di 10,86±0,62 per l'intero processo di allenamento. Per quanto concerne la RPE locale, i partecipanti hanno indicato un coinvolgimento più frequente dei seguenti muscoli/parti del corpo: polpacci, muscoli ischiocrurali e muscoli quadricipiti (valori medi pari rispettivamente a 30,71%, 20,53% e 18,74%). Inoltre, i muscoli lombari, gli adduttori e i glutei sono stati indicati meno frequentemente dai

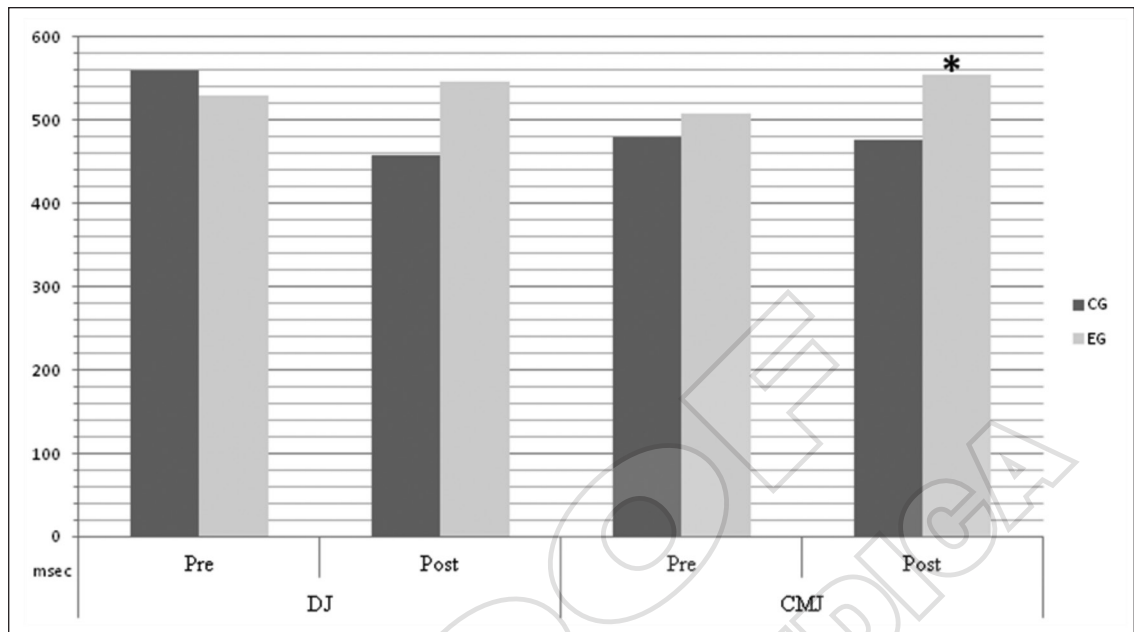


Figure 1.—DJ and CMJ tests mean results at pre and post-test in both groups.

Figura 1. — Risultati medi dei test Dj e CMJ al pre- e post-test in entrambi i gruppi.

gluteus were less frequently indicated by the judoists (13.03%, 8.03% and 4.81%, average values respectively). Finally, abdominals, foot muscles, *lattissimus dorsi*, forearms, pectoralis, deltoids and tibialis were rarely mentioned (1.6%, 0.71%, 0.71%, 0.53%, 0.53%, 0.35% and 0.35%, average values respectively) (Table IV).

*judoisti (valori medi pari rispettivamente a 13,03%, 8,03% e 4,81%). Infine, gli addominali, i muscoli del piede, il grande dorsale, gli avambracci, i pettorali, i deltoidi e i tibiali sono stati menzionati raramente (valori medi pari rispettivamente a 1,6%, 0,71%, 0,71%, 0,53%, 0,53%, 0,35% e 0,35%) (Tabella IV).*

TABLE IV.—Local-RPE: the body muscles participation in every Slackline training session expressed by judoists and average values of the whole training program.

TABELLA IV. — RPE locale: coinvolgimento dei muscoli del corpo in ogni sessione di allenamento di slacklining riferito dai judoisti e valori medi dell'intero programma di allenamento.

Muscles	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5	Session 6	Session 7	Session 8	Average values
Deltoids	2.85%								0.35%
Latissimus		2.85%						2.85%	0.71%
Forearm	1.2%			2.85%					0.53%
Pectoralis							4.28%		0.53%
Abdominals	1.42%	1.42%		4.28%		1.42%	1.42%	2.85%	1.60%
Lumbar	24.28%	11.42%	11.42%	2.85%	14.28%	12.85%	11.42%	15.71%	13.02%
Gluteus	10.00%	10.00%	2.85%		4.28%	4.28%	2.85%	4.28%	4.81%
Quadriceps	17.14%	14.28%	18.57%	22.85%	22.85%	20.00%	17.14%	17.14%	18.74%
Hamstrings	12.85%	20.00%	24.28%	24.28%	21.42%	20.00%	18.57%	22.85%	20.53%
Calves	30.23%	37.13%	31.42%	32.64%	25.71%	32.85%	30.04%	25.71%	30.71%
Adductors	2.85%	2.85%	10.00%	11.42%	8.57%	5.71%	14.28%	8.57%	8.03%
Tibialis						2.85%			0.35%
Foot muscles				2.85%	2.85%				0.71%

% percent

## Discussion and conclusions

The present study revealed that supervised slackline training, applied twice per week over a time span of 4 weeks, improved postural control (reduced bipedal sway length, bipedal average speed, right-foot sway length and left-foot sway length) and increased jump performance (CMJ flight time) in a group of regional and national-level under-20 judoists. Participants reported a fairly-light (11 points in the 6-20 Borg Scale) perceived exertion after the slackline training sessions (average data for all training sessions). The participants reported the calves, hamstrings and quadriceps muscles as the most exerted muscles during Slacklining (average data for all training sessions).

### Postural control

The EG significantly improved several postural control parameters. Our results are in accordance with the findings of previous research on Slackline. Pfusterschmed *et al.*<sup>5</sup> concluded that the balance skills acquired by a group of adults after a 4-week slackline program can be transferred to other postural tasks. Keller *et al.*<sup>9</sup> showed that 10 slackline sessions improved postural control in healthy adults. Recently, Donath *et al.*<sup>8</sup> studied the effects of 6 weeks of slackline training in primary-school students finding large slackline-specific balance improvements. All these studies show that this activity can produce positive effects on balance.

Nevertheless, Slackline is not always effective. Granacher *et al.*<sup>7</sup> did not observe significant effects for static/dynamic postural control variables in healthy adults. In addition, according to Donath *et al.*<sup>8</sup> slackline training has restricted effects over static and dynamic stance. In the present study, no positive effects were obtained in several postural control variables (bipedal ellipse surface, right-foot ellipse surface, right-foot average speed, left-foot ellipse surface, left-foot average speed). Taking into account an overall point of view, Paillard *et al.*<sup>21</sup> identified a direct relationship between the specific nature of an individual's motor activity and his/her postural activities, and Margnes and Paillard<sup>4</sup> affirmed that the repetition of specific movements can induce postural adaptations related to these movements, and the development of new specific motor skills.

## Discussione e conclusioni

*Il presente studio ha rivelato che l'allenamento supervisionato di slacklining, condotto due volte alla settimana nel corso di 4 settimane, ha migliorato il controllo posturale (ha ridotto la lunghezza di oscillazione con entrambi i piedi, la velocità media con entrambi i piedi, la lunghezza di oscillazione con il piede destro e la lunghezza di oscillazione con il piede sinistro) e ha aumentato la performance del salto (tempo di volo nel test CMJ) in un gruppo di judoisti under-20 di livello nazionale. I partecipanti hanno riportato uno sforzo percepito abbastanza leggero (11 punti nella scala di Borg 6-20) dopo le sessioni di allenamento di slacklining (dati medi per tutte le sessioni di allenamento). I partecipanti hanno riportato che i muscoli più sollecitati durante l'allenamento con lo slackline erano i polpacci, i muscoli ischiocrurali e i muscoli quadricipiti (dati medi per tutte le sessioni di allenamento).*

### Controllo posturale

*Il GS ha migliorato in maniera significativa numerosi parametri di controllo posturale. I nostri risultati sono in linea con quelli riportati da precedenti ricerche sullo slacklining. Pfusterschmed e colleghi<sup>5</sup> hanno concluso che le abilità di equilibrio acquisite da un gruppo di adulti dopo un programma di 4 settimane di slacklining possono essere trasferite ad altri compiti posturali. Keller e colleghi<sup>9</sup> hanno mostrato che 10 sessioni di slacklining hanno migliorato il controllo posturale di adulti sani. Di recente, Donath et al.<sup>8</sup> hanno studiato gli effetti di 6 settimane di allenamento di slacklining in studenti delle scuole primarie e hanno riportato importanti miglioramenti nell'equilibrio specifico allo slacklining. Tutti questi studi hanno mostrato che quest'attività può generare effetti positivi sull'equilibrio.*

*Ciononostante, lo slacklining non è sempre efficace. Granacher et al.<sup>7</sup> non hanno osservato effetti significativi per le variabili di controllo posturale statico/dinamico in adulti sani. Inoltre, secondo Donath et al.<sup>8</sup>, l'allenamento di slacklining ha effetti limitati sulla posizione statica e dinamica. Nel presente studio, non sono stati osservati effetti positivi in numerose variabili di controllo posturale (superficie dell'ellisse con entrambi i piedi, superficie dell'ellisse con il piede destro, velocità media con il piede destro, superficie dell'ellisse con il piede sinistro, velocità media con il piede sinistro). Adottando un punto di vista generale, Paillard et al.<sup>21</sup> hanno identificato una relazione diretta tra la natura specifica dell'attività motoria di un individuo e le sue attività posturali, mentre Margnes e Paillard<sup>4</sup> hanno affermato che la ripetizione di movimenti specifici può indurre adattamenti posturali associati a tali movimenti e lo sviluppo di nuove abilità motorie*



Although 4 weeks of slackline training improved single dimensional parameters as sway length and average speed the two dimensional ellipse surface was not altered in the present study. Accordingly, 4 weeks of slacklining may be a narrow time-window for improving all balance parameters in a population with highly skilled postural control as judoists.

### *Jumping performance*

Four weeks of slackline training was also effective in improving jump performance. Accordingly, in the EG flight time was significantly increased in the CMJ test, although not in the DJ test. Moreover, the control group significantly decreased DJ test flight time.

To our knowledge, there is only one published study on the effects of supervised slackline training on strength development. It expresses improvements in the rate of force development of the plantar flexors after 4 weeks of slackline training in healthy adults, but no positive effects were found in maximal torque of the plantar flexors or jumping height.<sup>7</sup>

Jakobsen *et al.*<sup>12</sup> observed positive associations between knee extensor rate of force development as well as the ability to maintain velocity through the final part of the countermovement jump and sway area. Accordingly, neuromuscular adaptations (expressed as changes in explosive muscle force) and postural control seem to go hand in hand. Thus, as flight time is equivalent with jump height or explosive leg power, these potential neuromuscular adaptations may have been a key element in the observed changes in postural control after slackline training, in the present study.

### *RPE and local-RPE*

RPE scores indicated that judoists considered the slackline training program fairly-light (11 points in the 6-20 Borg Scale) (average data for all training sessions). These results are in accordance with the works of Balcom<sup>22</sup> and Paoletti and Mahadevan,<sup>23</sup> who stated that balance tasks are accomplished with minimum energy expenditure. Thus, this means that it might be safely incorporated into their training regimes without causing over-load. Moreover, Slackline has been described as a fun activity for children, youngsters and adults alike.<sup>24</sup>

*specifiche. Sebbene 4 settimane di allenamento di slacklining abbiano migliorato parametri monodimensionali come la lunghezza dell'oscillazione e la velocità media, la superficie bidimensionale dell'ellipse non è stata alterata nel presente studio. Di conseguenza, 4 settimane di allenamento di slacklining potrebbero rappresentare una finestra temporale piuttosto ristretta per migliorare tutti i parametri di equilibrio in una popolazione con un controllo posturale estremamente elevato come i judoisti.*

### *Performance del salto*

*Quattro settimane di allenamento di slacklining si sono dimostrati efficaci nel migliorare anche la performance del salto. Di conseguenza, nel GS il tempo di volo è significativamente aumentato nei test CMJ, ma non nel test DJ. Inoltre, il gruppo di controllo ha ridotto in maniera significativa il tempo di volo nel test DJ.*

*Entro i limiti della nostra conoscenza, esiste un solo studio pubblicato che abbia esaminato gli effetti dell'allenamento supervisionato di slacklining sullo sviluppo della forza. Tale studio ha osservato miglioramenti nel tasso di sviluppo della forza dei flessori plantari dopo 4 settimane di allenamento di slacklining in adulti sani, ma non è stato osservato nessun effetto positivo nella torsione massimale dei flessori plantari o nell'altezza del salto<sup>7</sup>.*

*Jakobsen et al.<sup>12</sup> hanno osservato associazioni positive tra il tasso di sviluppo della forza dell'estensore del ginocchio, l'abilità di mantenere la velocità nella parte finale del salto con contromovimento e l'area di oscillazione. Di conseguenza, gli adattamenti neuromuscolari (espressi come cambiamenti nella forza muscolare esplosiva) e il controllo posturale sembrano andare di pari passo. Pertanto, poiché il tempo di volo è equivalente all'altezza del salto o alla potenza esplosiva delle gambe, tali potenziali adattamenti neuromuscolari potrebbero essere stati un elemento chiave nei cambiamenti osservati dal presente studio nel controllo posturale dopo l'allenamento di slacklining.*

### *RPE ed RPE locale*

*I punteggi di valutazione dello sforzo percepito (RPE) indicano che i judoisti hanno considerato il programma di allenamento di slacklining abbastanza leggero (11 punti nella scala di Borg 6-20) (dati medi per tutte le sessioni di allenamento). Tali risultati sono in linea con i lavori di Balcom<sup>22</sup> e Paoletti e Mahadevan<sup>23</sup>, i quali hanno affermato che i compiti di equilibrio sono svolti con un dispendio energetico minimo. Pertanto, ciò significa che tale attività potrebbe essere inclusa con sicurezza nei regimi di allenamento degli atleti senza causare un sovraccarico. Inoltre, lo slacklining è stato descritto come un'attività divertente sia per i bambini*

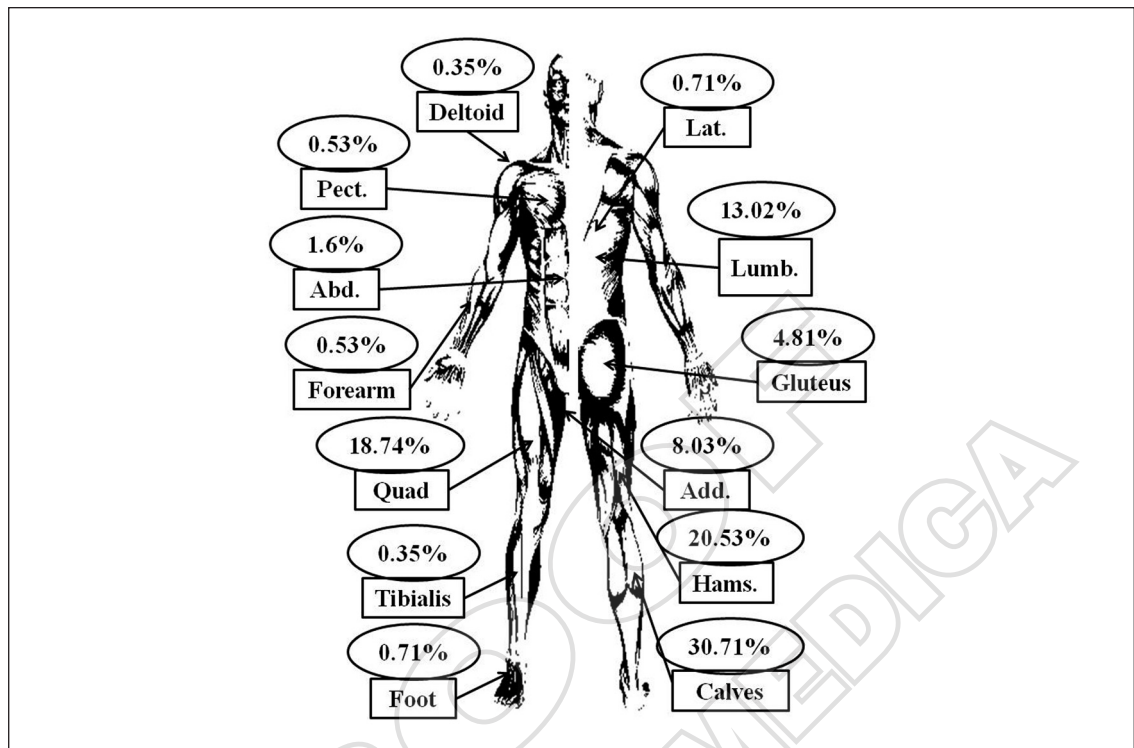


Figure 2.—Local-RPE: the body muscles participation on the Slackline training sessions expressed by judoists (average values of the whole Slackline training program). Only half of the anterior (left) and posterior (right) sides of the body are shown; however, the ratings are for both sides of the body.

Figura 2. — *PE locale: coinvolgimento dei muscoli corporei nelle sessioni di allenamento di slacklining riferito dai judoisti (valori medi dell'intero programma di allenamento di slacklining). Viene mostrata solo la metà dei lati anteriore (sinistro) e posteriore (destra) del corpo; tuttavia, i punteggi riguardano entrambi i lati del corpo.*

Throughout developing the present study, it was easy to observe how judoists considered as fun and challenging the activity, which indicates that it might be easily accepted as a training task by any athlete.

In terms of local-RPE, judoists indicated that the calves, hamstrings and quadriceps muscles were the most active muscles during slackline training. Rodacki *et al.*<sup>25</sup> showed that these are the muscles most relevant for jumping in humans, and Jakobsen *et al.*<sup>26</sup> that changes in jump performance are related to changes in neuromuscular activity of the hamstring muscle. Results of the present study, also indicate that judoists felt that these muscles were very active during slacklining. Previous studies have shown enhanced neuromuscular activity of the lower limb muscles (tibialis anterior, gastrocnemius medialis, rectus femoris, biceps femoris, gluteus medius and adductor longus) during slacklining.<sup>5</sup> On the other hand, muscles such as lumbar, adductors and gluteus were rarely

*che per i giovani e gli adulti*<sup>24</sup>. Nel corso del presente studio, è stato osservato che i judoisti consideravano l'attività divertente e stimolante, il che indica che potrebbe essere facilmente accettata come compito di allenamento da qualsiasi atleta.

In termini di RPE locale, i judoisti hanno indicato che polpacci, muscoli ischiocrurali e muscoli quadricipiti erano i muscoli più attivi durante l'allenamento di slacklining. Rodacki *et al.*<sup>25</sup> hanno mostrato che questi sono i muscoli più importanti per il salto negli esseri umani, mentre Jakobsen *et al.*<sup>26</sup> hanno osservato che i cambiamenti nella performance del salto sono associati a cambiamenti nell'attività neuromuscolare dei muscoli ischiocrurali. Inoltre, i risultati del presente studio indicano che i judoisti hanno percepito che tali muscoli erano estremamente attivi durante l'allenamento di slacklining. Precedenti studi hanno mostrato un'attività neuromuscolare potenziata dei muscoli degli arti inferiori (tibiale anteriore, gastrocnemio mediale, retto femorale, bicipite femorale, gluteo medio e adduttore lungo) durante l'allenamento di slacklining<sup>5</sup>. D'altro canto, muscoli come i lombari, gli adduttori e i glutei sono stati indicati raramente

indicated by the participating judoists, which means that they were not as actively involved during slacklining. Finally, abdominals, foot muscles, latisimus dorsi, forearms, pectoralis or deltoids were rarely mentioned and they were linked to specific exercises involving arm support or standing up.

Although the present findings may indicate that slacklining is a relevant cross-training tool for judoists as it improves their postural balance and jump performance, the present study still has limitations. First, the sample size was relatively small. The findings should be tested in larger groups of athletes. Second, participants were under-20 judoists. The effects of this type of exercise should be assessed in different age-groups (children and senior, men and women). Finally, the 4-week intervention period was chosen to compare with previous studies in untrained individuals. As a result, the long-term effects of slackline training remains unexplored.

In conclusion, a 4-week supervised Slackline training program can improve postural control and jump performance in under-20 judoists. It yielded a fairly-light RPE, while Local-RPE showed that calves, hamstrings and quadriceps were the most active muscles. Slackline might be considered a simple and safe training tool for athletes. It could be introduced into the judo training regime without causing overload.

#### References/Bibliografia

- 1) Pierantozzi E, Muroni R. Judo high level competitions injuries. *Medit J Musc Surv* 2009;17:26-9.
- 2) Drid P, Trivić P, Tabakov S. Special judo fitness test - a review. *Serbian J Sports Sci* 2012;6:117-25.
- 3) Pailiard J. Motor and representational framing of space. In: Pailiard J ed. *Brain and space*. Oxford: Oxford University Press; 1991.
- 4) Margnes E, Paillard T. Teaching balance for judo practitioners. *Ido movement for culture. J Martial Arts Anthr* 2011;1:42-6.
- 5) Pfusterschmied J, Stöggi T, Buchecker M, Lindinger S, Wagner H, Müller E. Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation. *J Sci Med Sport* 2013;16:562-6.
- 6) Pfusterschmied J, Buchecker M, Keller M, Wagner H, Taube W, Müller E. Supervised slackline training improves postural stability. *Eur J Sport Sci* 2013;13:49-57.
- 7) Granacher U, Iten N, Roth R, Gollhofer A. Slackline training for balance and strength promotion. *Int J Sports Med* 2010;31:717-23.
- 8) Donath L, Roth R, Ruegge A, Groppa M, Zahner L, Faude O. Effects of slackline training on balance, jump performance & muscle activity in young children. *Int J Sports Med* 2013;34:1093-8.
- 9) Keller M, Pfusterschmied J, Buchecker E, Müller E, Taube W. Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scand J Med Sci Sports* 2012;22:471-7.
- 10) Romero-Franco N, Martínez-López E, Lomas-Vega R, Hita-Contreras F, Osuna-Pérez C, Martínez-Amat A. Short-term effects of proprioceptive training with unstable platform on athletes' stabilometry. *J Strength Cond Res* 2013;27:2189-97.
- 11) AFP Normes. Paris: Association Posture et Équilibre; 1985.
- 12) Jakobsen MD, Sundstrup E, Krstrup P, Aagaard P. The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:521-30.
- 13) Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for the measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol* 1983;50:273-82.
- 14) Morgan WP, Borg GAV. Perception of effort in the prescription of physical activity. In: Craig T, editor. *The humanistic and mental health aspects of sports, exercise and recreation*. Chicago, IL: American Medical Association; 1976.
- 15) Borg G. *Borg's perceived exertion and pain scales*. Leeds, UK: Human Kinetics; 1998.
- 16) Franchini E, Del Vecchio FB, Matsushige KA, Artioli GG. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Med* 2011;41:147-66.
- 17) Nilsson J, Csörgő S, Gullstrand L, Tveit P, Refnes PE. Work-time profile, blood lactate concentration and rating of perceived exertion in the 1998 Greco-Roman wrestling World Championship. *J Sport Sci* 2002;20:939-45.
- 18) Martin WE, Bridgmon KD. *Quantitative and statistical research methods: from hypothesis to results*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons; 2012.
- 19) Coe R. What is an "effect size"? CEM Centre, University of Durham, 2000. Retrieved 14 May 2013, from [www.cemcentre.org/renderpage.asp?linkid=30325016](http://www.cemcentre.org/renderpage.asp?linkid=30325016).
- 20) Glass GV, McGraw B, Smith ML. *Meta-analysis in social research*. Beverly Hills, CA: Sage; 1981.
- 21) Paillard T, Montoya R, Dupui P. Specific postural adaptations according to the throwing techniques practiced in competition-level judoists. *J Electromyogr Kines* 2007;17:241-4.
- 22) Balcom S. *Walk the line*. Ashland: SlackDaddy Press; 2005.



- 23) Paoletti P, Mahadevan L. Balancing on tightropes and slacklines. *J R Soc Interface* 2012;9:2097-108.
- 24) Taube W, Leukel C, Gollhofer A. Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. *Exp Brain Res* 2008;188:353-61.
- 25) Rodacki ALF, Fowler NE, Bennett SJ. Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:105-16.
- 26) Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB, Kaer M, Andersen LL, Krstrup P *et al.* The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch-shortening cycle muscle performance during countermovement jumping. *Hum Mov Sci* 2012;31:970-86.

---

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

*Acknowledgements.*—The authors would like to thank the masters and judokas of Blume Gymnasium from Ponferrada (Castilla and León, Spain) and Takeda Gymnasium from Oviedo (Asturias, Spain) for their committed participation in this research project.

The work is the equal work of all authors.

Received on June 25, 2014. - Accepted for publication on October 31, 2014.

Corresponding author: L. Santos, University School of Sports Medicine, University of Oviedo, Catedrático Gimeno s/n, 33007, Oviedo, Spain. E-mail: luis.santos.ef@gmail.com

PROOF  
MINERVA MEDICA