



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för hälsovetenskaper
Fysioterapeutprogrammet

Utbildningsprogram i
Fysioterapi 180 hp

Examensarbete 15 hp Våren 2019

Slacklining - En systematisk litteraturöversikt över effekterna av träning med slackline

Författare

Anton Lillheden
Fysioterapiprogrammet
Lunds universitet
an4820li-s@student.lu.se

Handledare

Eva Ekvall-Hansson, docent
Universitetslektor.
Institutionen för hälsovetenskaper
Baravägen 3 Lund
eva.ekvall-hansson@med.lu.se

Examinator

Liselott Persson, docent
Universitetslektor.
Institutionen för hälsovetenskaper
Baravägen 3 Lund
liselott.persson@med.lu.se

Slacklining - En systematisk litteraturöversikt över effekterna av träning med slackline

Inledning

Termen slacklining avser aktiviteten att balansera på en så kallad slackline, ett platt, brett nylonband uppspönt mellan två förankringar. Att balansera på en slackline är en komplex neuro-mekanisk aktivitet, som kan erbjuda en annorlunda och positiv terapeutisk erfarenhet inom träning och fysioterapeutisk rehabilitering. Som en unik träningsform kan slacklining vara ett möjligt användbart verktyg för att utveckla balans.

Syfte/frågeställningar

Den här studien har för avsikt att sammanfatta och beskriva vetenskapliga fynd för slacklineträning (SLT) med syfte att utforska potentiella användningsområden och kontraindikationer.

Studiedesign

Systematisk litteraturöversikt

Material och metoder

Fem medicinska databaser söktes efter interventionsstudier som undersökte effekter av slacklineträning som matchade med uppsatta inklusionskriterier. Resultat och slutsatser beskrevs.

Resultat

Fjorton studier inkluderades. Granskade studier var få och små och resultaten var delvis motsägande. Olika undersökningsgrupper i granskade studier bestod av: seniorer, friska vuxna, öppenvårdspatienter med akut knäskada, fotbollsspelande barn, handbollsspelande damer, samt personer med Parkinsons.

SLT som en övning med instabilt underlag gav bättre rekrytering av quadriceps och bättre co-aktivering av specifika lårmuskler än både closed- och open chain övningar.

SLT ledde till ökad ledstabilitet i framförallt höft och knä och mindre i fotleder.

SLT visade sig ha potential som träningsform inom följande områden: Förebyggande träning och rehabilitering av knäskador, fallprevention, utveckling av balans, postural kontroll och spatial orientering, samt utveckling av ledstabilitet i knä och höft.

Konklusion

SLT sågs ge något sämre träningseffekt än övrig balansträning på en del tester för balans och kraftutveckling, fast med signifikant högre självupplevd glädje och motivation.

På grund av låg evidens bland resultaten och uppenbara säkerhetsrisker, tycker jag att det i nuläget inte är aktuellt att använda SLT som intervention för äldre eller personer med nedsatt balans.

Nyckelord: Postural balans; Spatial orientering; Ledinstabilitet; Motivation; Gångoförmåga; Quadricepsmuskel.

Slacklining - A systematic literature review of the effects of training with a slackline

Abstract

Introduction

The term slacklining refers to the activity of balancing on a flat, wide, elastic nylon band, called a slackline. Balancing on a slackline is a complex neuro-mechanical activity which can offer a different and therapeutic experience within the realms of training and physiotherapeutic rehabilitation. As a unique form of training slacklining might be a useful tool for developing balance.

Purpose

The purpose of this systematic review is to sum up and describe scientific findings of slackline training (SLT) in order to explore the potential usefulness and contraindications for this form of training.

Studiedesign

Systematic review.

Material and methods

Five medical databases were searched for intervention studies that examined the effects of SLT and which matched set inclusion and exclusion criteria. Results and conclusions were described and summarized.

Results

Fourteen studies were included. The studies that were included were few and small and the results were partly inconsistent. Various study groups consisted of seniors, healthy adults, outpatients with acute knee injury, juvenile soccer players, female handball players, and people with Parkinson's.

SLT as an exercise on an instable surface, provided better recruitment of quadriceps and better co-activation of specific thigh muscles than both closed- and open chain exercises.

SLT led to increased joint stability, especially in the hip and knees, and less in the ankles.

SLT proved to have potential in the following areas: Preventive training and rehabilitation of knee injuries for outpatients, especially for those with inhibited activation of quadriceps, fall prevention, development of balance, postural control and spatial orientation, development of joint stability in the knee and hip.

Conclusion

Overall, SLT seems to produce slightly inferior results to more traditional balance training on generic balance and strength tests, but with significantly higher self-perceived joy and motivation. Due to low level of evidence amongst the results and obvious safety concerns, I do not find it suitable at current moment to use SLT as an intervention for elderly or people with balance deficiencies.

Keywords: Postural Balance; Orientation, Spatial; Joint Instability; Motivation; Gait Apraxia; Quadriceps Muscle.

Innehållsförteckning

1. Bakgrund.....	1
1.1. Slacklining	1
1.2. Balans	2
1.3. Balansträning	2
1.4 Författarens erfarenhet.....	3
2. Syfte	3
3. Frågeställningar	3
4. Metod.....	4
5. Resultat.....	5
5.1. Frågeställning 1: Undersökningsgrupper.....	5
5.2. Frågeställning 2: Effekter av SLT	5
5.3. Frågeställning 3: Användningsområden	9
5.4. Frågeställning 4: Kontraindikationer	9
6. Diskussion	9
6.1. Metoddiskussion.....	9
6.2. Resultatdiskussion	9
6.3. Konflikterande resultat och slutsatser.....	11
6.4. Fallprevention	11
7. Klinisk relevans.....	11
8 Implikationer för framtida forskning.....	12
9. Konklusion	12
REFERENSER.....	13
Bilagor.....	16
#1 Utveckling av koordinerade multi-led synergier	16
#2 Balans, benstyrka och motivation - SLT vs traditionell balansträning (BLT) för idrottsstudenter.....	16
#3 Fysisk prestanda och självupplevd glädje - SLT vs BLT för unga fotbollspelare.....	16
#4 Fallrisk hos personer med Parkinsons sjukdom.....	17
#5 Utveckling av neuromuskulär prestanda bland seniorer	17
#6 Ledrörelser och muskelaktivitering i nedre extremitet	18
#7 Utveckling av balansprestanda och CMJ under en längre intervention.....	18
#8 Postural kontroll och H-reflexer	19

#9 Rehabilitering av quadriceps.....	19
#10 Utveckling av balansprestanda och CMJ hos kvinnliga handbollsspelare	20
#11 Postural kontroll och analys av ledvinklar	20
#12 En månads intensiv SLT påverkan på balans- och orienteringsförmåga	21
#13 Effekt på striatum i hjärnan hos seniorer	21
#14 Slackline som komplement till FIFA 11+ Programme	21

1. Bakgrund

1.1. Slacklining

Termen slacklining avser aktiviteten att balansera på en så kallad slackline, ett platt, brett, nylonband, uppspant mellan två förankringar (se bild 1). Att gå på slackline liknar det vi normalt kallar för att gå på lina, men den stora skillnaden är att slacklinen är betydligt mer elastisk och dynamisk, vilket innebär att den rör sig med utövaren (1).

Slacklining kan spåras till USA på 60-talet, där klättrare i Yosemite Valley använde slacklining som en sidoaktivitet vid sidan om klättring för att fördriva tiden, utöva koncentration, bålstabilitet, balans och som generell träning (1). Slacklining har sen dess ökat i popularitet och utövas av en växande skara människor över hela världen. Förutom att bara gå på slacklinen kan utövaren utföra en rad tricks, studsas och utföra olika statiska eller dynamiska övningar på slacklinen (1).

Slacklining kan vara en lekfull och utmanande träning som kan utföras som en social aktivitet i parker, på stränder och i urbana miljöer. Slacklining fodrar djupandning vilket bidrar till avslappning och koncentration, aktiverar helkroppssvar på den externa miljöns förändringar och ger helkroppsträning med fokus på core-muskulaturen och quadriceps, samt förbättrar ledstabilitet och muskelkontroll (2, 3, 4). Att balansera på en slackline är en komplex neuro-mekanisk aktivitet, som kan erbjuda en annorlunda och positiv terapeutisk erfarenhet inom träning och rehabilitering (5). Som en unik träningsform kan slacklining möjligt vara ett användbart verktyg för att utveckla balans (1). Slacklineträning (SLT) har i vissa fall visat sig utgöra en signifikant mer motiverande form av balansträning än traditionell balansträning (6, 7).



Bild 1. Bilden visar slacklining med en slackline förankrad mellan två träd.

1.2. Balans

Kroppens hållningsfunktion fyller två funktioner i förhållande till balans - att utöva motkraft till gravitationen och som referensram för perception och rörelse i den externa omgivningen.

För att balans ska upprätthållas, måste anti-gravitations funktionen nyttjas, för att hålla projektionen av "center of gravity" inom understödsytan. Positionen av olika kroppsegment, som huvud, ben, armar, mm. används för att beräkna positionering av föremål i den externa världen och för att organisera rörelser i förhållande till dessa (8). För central organisering av balansen, integreras hållningsfunktionen med flera andra element såsom proprioception, syn och vestibulär information. En inre representation av kroppens positionering och orientering i förhållande till gravitationen bildas. Denna inre representation används som referensram för att organisera posturala reaktioner (8).

Under posturala reaktioner har synergistiska rörelser över flera leder observerats. De synergistiska rörelserna utförs framförallt av muskler som sträcker sig över flera leder, eftersom deras aktivitet är mer beroende av sensorisk input än muskler som endast agerar över en led (8). Korrigeringar för att bibehålla eller återupprätta balans sker huvudsakligen i olika leder (anklar, knä, höft) för olika individer (2). Balans på slackline utvecklas från främst grova justeringar i höften till finare justeringar med armarna. Användning av armrörelserna som blivit inlärd under slacklineträning observerades korrelera med förbättrad balans på en statisk bom (2).

För upprätthållande av balans och förmåga att fixera blicken under rörelse spelar cervikalen med sina tätt sittande muskelpolar och andra typer av proprioceptorer, en betydande roll.

Detta bland annat genom den så kallade cerviko-okulära reflexen som tillsammans med den vestibulo-okulära reflexen avser kroppens förmåga att med hjälp av cervikal proprioception respektive vestibulär information, fixera och stabilisera blicken på ett föremål under rörelse av huvudet. Som exempel på det centrala nervsystemets anpassningsförmåga har visats att den cerviko-okulära reflexen ökar vid minskad vestibulär information (9).

Posturalt svaj avser hur en referenspunkt inom en viss kropp rör sig i förhållande till underlaget.

Posturalt svaj mäts med hjälp av en kraftplatta och mätvärdena avgör en individs förmåga att upprätthålla en upprätt hållning (10). Svajet mäts antingen med hjälp av "Center of pressure" (CoP) eller "Center of gravity" (CoG) som båda är variabler som beror på kroppens position i förhållande till underlaget. CoG är punkten där den totala kroppsmassan kan antas vara koncentrerad utan att förändra kroppens passiva egenskaper. CoG är beroende av kroppens hållning och kraft genererad genom CoG genererar ingen rörelse eller rotation, men translation av kroppen. CoP är punkten där den resulterande kraftvektorn skulle agera om man antog att denna applicerades på enskild punkt (8).

1.3. Balansträning

En anledning till att träna upp balansen är att minska risken för fallolyckor, vilket är en vanlig orsak till allvarliga skador och död bland äldre (11). Olika fallpreventiva behandlingar har visats olika effektiva för olika målgrupper. Multi-faktoriella träningsmoduler, samt olika gruppträningsspass har visat sig kunna minska fallolyckor med över 30% jämfört med kontrollgrupper (12). Olika former av balansträning kan bland annat bestå av styrketräningsövningar, enbensstående, övningar på balansbräda och tai chi (12, 10).

Ett problem som varierar i grad för olika vårdbehandlingar och som kan medföra minskade effekter på resultat av rehabilitering och ökade sjukvårdskostnader, är låg följsamhet (13). En studie såg att icke-följsamhet för fysioterapeutiska behandlingar kan vara så hög som 35% och 76% för partiell följsamhet. Låg följsamhet korrelerar med flera olika faktorer, varav en tycks vara låg motivation (14). I två studier som jämförde balansträning som utgick ifrån enbensstående och balansbrädor mot slacklining, var slacklining signifikant mer motiverande, vilket gör slacklining extra intressant som metod för balansutveckling (6,7).

1.4 Författarens erfarenhet

Anledningen till studien kommer från mitt eget intresse för slacklining, som började i Oslo 2015, där jag började utöva slacklining på några av de slacklinor kommunen satt upp på flera platser i stan för allmänheten att använda. De allmänna slacklinorna samlade ofta människor i alla åldrar, som prövade på, tittade på, övade och pratade om vartannat. Små barn, gamla och andra som inte vågade gå själva, kunde gå med någon som höll dem i handen. Slacklining utgör i det här avseendet en fysiskt krävande utomhusaktivitet med ett generationsöverskridande, spontant, socialt sammanhang som i egen erfarenhet endast kan jämföras med ett fåtal aktiviteter som skateboard, dans och street basket, alla med sin egen unika sociala prägel.

Utöver sammanhanget i vilket slacklining utförs, blev jag intresserad av träningen och dess effekt. Slacklinans svaj är en förstärkning av utövarens eget svaj, så att utövarens varje rörelse blir accentuerad genom slacklinen. För att stoppa slacklinen från att svaja okontrollerat, krävs full uppmärksamhet, anspänning och avslappning av kroppen på rätt ställe, aktivering av djup, stabiliserande muskulatur, djupandning och koordinerade rörelser genom hela kroppen. Feedback effekten från slacklinens svaj upplevs därigenom självkorrigera korrekt form. De enda instruktioner som brukar behövas består av att placera fötterna i längsriktning med slacklinen, fokusera blicken på slacklinans ankare eller ovanför och behåll en upprätt hållning. Slacklining medför inga hårda stötar på lederna eller tunga belastningar i ledernas ytterlägen och musklerna arbetar framförallt stabiliserande för att upprätthålla en bra hållning. Enligt egen erfarenhet känns slacklining som en väldigt skonsam träning för hela kroppen som vid intensiv träning lämnar en utövare trött, men utan värk i leder eller muskler.

2. Syfte

Syftet med den här studien var att sammanställa och beskriva dokumenterade effekter av interventioner med SLT för att undersöka potentiella användningsområden och kontraindikationer.

3. Frågeställningar

Utifrån granskad litteratur

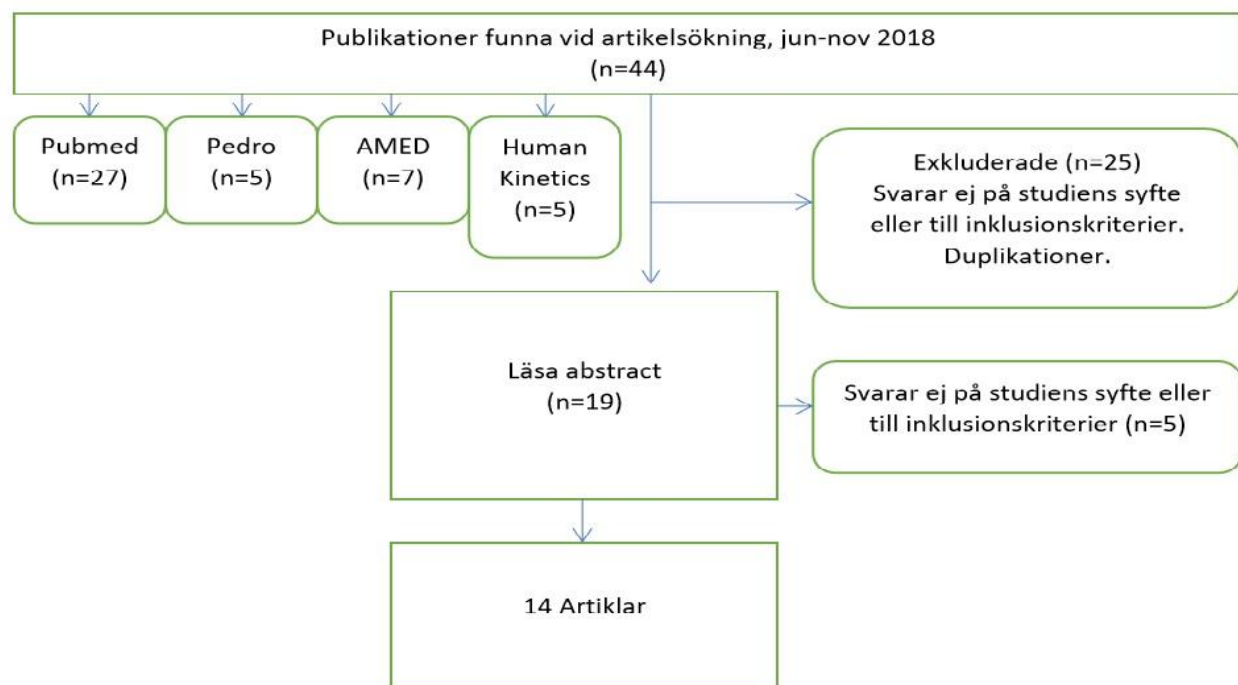
1. Vilka undersökningsgrupper har använts sig av SLT?
2. Vilka effekter har observerats vid SLT som intervention?
3. Vilka användningsområden har SLT?
4. Finns det några kontraindikationer?

4. Metod

Inklusionskriterier: Studier som undersökte effekterna av interventioner med slacklineträning, skrivna fram till november 2018. Studier med minst 20 deltagare, tillgängliga utan extra kostnad för studenter på Lunds universitet, skrivna på svenska eller engelska.

Databaserna PubMed, Human Kinetics Journals, AMED (Allied and Alternative Medicine), samt PEDro (Physiotherapy Evidence Database) söktes med booleanska söktermen (slacklin* OR slack-lin*) eller söktermerna slacklin* och slack-lin* var för sig beroende på databasernas kompatibilitet med söktermerna.

Sökresultaten lästes igenom för att kontrollera om de undersökte SLT och höll inklusionskriterierna. Initial sökning resulterade i 44 artiklar, varav 14 inkluderades i denna studie (se figur 1).



Figur 1. Figuren visar den systematiskt urvalsprocessen.

Artiklarna granskades med hjälp av checklistor “Checklista för de statistiska aspekterna av en artikel” och “Checklista för en artikel som beskriver en studie om komplex intervention” från boken “Att läsa och förstå vetenskapliga artiklar” (15). Checklistorna tjänar till att uppmärksamma aspekter som rör studiers tillförlitlighet.

Först gjordes en enskild sammanfattning för varje studie med relevant information om studiens utformning, fynd och slutsatser (se bilaga 1). Därefter sammanställdes resultat i en tabell, utifrån

frågeställningarna (se tabell 1). Därefter sammanställdes resultat och slutsatser efter olika undersökningsvariabler eller liknande variabler.

5. Resultat

5.1. Frågeställning 1: Undersökningsgrupper

Utifrån frågeställningen vilka undersökningsgrupper har använts sig av SLT fann jag att undersökningsgrupper i granskade artiklar bestod av: seniorer (16, 27), friska vuxna (3, 21, 23), öppenvårdspatienter med akut knäskada (4), fotbollsspelande barn (7), handbollsspelande damer (22), samt personer med Parkinsons sjukdom (17).

5.2. Frågeställning 2: Effekter av SLT

Olika utvärderingsvariabler och utvärderingsinstrument skiljde sig åt i de olika studierna (se tabell 1), liksom resultat av utvärdering av effekter inom behandlingsgruppen och mellan en kontrollgrupp där det fanns (se tabell 1).

Nedan följer en sammanfattning av resultat och slutsatser efter undersökningsvariabler.

Om inte annat anges, har signifikans bland samtliga resultat beräknats genom jämförelse med en inaktiv kontrollgrupp.

Signifikant träningseffekt på generella balanstest med flera testkomponenter sågs i två RCT-studier och en interventionsstudie (6, 7, 25), medan en RC-feasability-studie och en interventionsstudie inte fann någon signifikant träningseffekt (20, 26). Av två RCT-studier som jämförde SLT mot mer annan balansträning (BLT) såg en studie signifikant högre träningseffekt för BLT (7) medan den andra inte såg någon signifikant skillnad (6). Standardiserade balanstester som användes var MFT S3-Check, Balance Error Scoring System (BESS) och Star Excursion Balance Test (SEBT).

Olika studier såg olika resultat för vertikalthopp (6, 7, 20, 22), varav endast en RCT-studie fann signifikant träningseffekt (5). Antydning till signifikant träningseffekt sågs för testen Change of direction (COD) och Change of direction speed ability (COD S90), vilka är tester för att utvärdera förflyttningförmåga genom att plötsligt byta riktning under sprint (7, 22).

I två RCT-studier fann man effekt på upplevd glädje och motivation jämfört med annan balansträning (6, 7).

Gabel et al undersökte aktivering och rekrytering av quadriceps (4). I deras tvärsnitts-cohort studie visade SLT ge signifikant högre aktivering och rekrytering av quadriceps under minimal självupplevd utmattning jämfört med utvalda closed- och open-chain övningar för quadriceps (4). Gällande ledstabilitet fann två RCT-studier signifikant träningseffekt på ledstabilitet i knä och höft, samt en liten, men insignifikant träningseffekt i fotleden (3, 23). Förvånande var att SLT inte ledde till signifikanta förändringar i ankelstabilitet (3, 23) Utebliven ankelstabilitet tycktes bero på att balansjusteringar framförallt skedde i knä och höft, samt med hjälp av armsynergier (3, 23).

För posturalt svaj sågs träningseffekt framförallt i medio-lateral riktning (3, 21, 22). Flera undersökningar som använt CoP för att mäta posturalt svaj fann inga signifikanta skillnader (17, 16, 3, 21, 22), förutom i medio-lateral riktning (21), medan en RCT-studie som använt CoG fann signifikant träningseffekt (23). Postural kontroll utvärderat med olika parametrar som till

exempel maxhastighet och medelhastighet på rörlig plattform (Posturomed) visade blandade resultat, med signifikanta resultat framförallt i medio-lateral riktning (3, 21, 22).

En RCT-studie fann signifikant träningseffekt för ”frysningar” vid gång utvärderat med FOG-Q och för fallrädsla utvärderat med Falls Efficacy Scale (FES) hos personer med Parkinsons sjukdom. Samma studie konkluderade att SLT är ett enkelt, säkert och utmanande tränings- och rehabiliteringsverktyg som kan minska fallrisk och förbättra självförtroende relaterat till fallrädsla (17). Andra studier konkluderar med olika entusiasm att SLT eventuellt har potential inom fallprevention (2, 16, 23, 26).

Signifikant träningseffekt syntes i två RCT-studier för minskad muskelaktivitet i nedre extremitet och bål (16, 3), samt signifikant förbättrad co-aktivering av rectus femoris och biceps femoris under balanstester (3).

För utvärdering av vestibulära systemet använde två studier balanstester med stängda ögon. En RC-feasability-studie och en interventionsstudie fann signifikant träningseffekt på en del balanstester med stängda ögon, samt på test av spatial orienteringsförmåga, vilket indikerar utveckling av det vestibulära systemet (26, 25).

Gällande kraftutveckling fann en RCT-studie fann signifikant träningseffekt på benpress för SLT jämfört med CNT och liknande resultat mellan SLT och BLT (6). En annan RCT-studie som undersökte kraftutveckling av dorsal- och plantarflexion fann ingen signifikant träningseffekt på SLT (16).

Studie, referensnummer	Studiedesign	N	Undersökningsgrup	Intervention	Undersökningsvariabel	Jämfört med BLT	Jämfört med CNT	Kommentar / effekt
Three months of slackline training elicited only task-specific improvements in balance performance. 20.	Intervention	26	Universitetsstudenter: Ålder: 21,9±2,3 år	12v: 24 x 45 min Två slackline-liknande balansterster	CMU Fem icke-slackline-liknande balansterster	NS	NS	Indikerar låg överförelseffekt av SLT till generell balans
Learning to balance on a slackline: Development of coordinated multi-joint synergies. 2.	RCT	20	Ålder: 22,±2,06 år	1v: 4 x 60-95 min Balansutveckling				Flerledsrymmer kan utvecklas snabbt (inom 60 min), förtimas (under en vecka) och behållas under minst en vecka efter avslutad träning.
Traditional balance and slackline training are associated with task-specific adaptations as assessed with sensorimotor tests. 6.	RCT	43	Idrottsstudenter: Ålder: 21,0±1,8 år	6v: 18 x 15 min Maxkraft genererad vid benpress MFT S3-check stabilitetsparametrar Frågeformulär om motivation	Vertikalhopp (CMU) Maxkraft genererad vid benpress MFT S3-check stabilitetsparametrar Frågeformulär om motivation	NS: jmf/ BLT NS: jmf/ BLT S: BLT > SLT S: SLT > BLT	NS	Ökning med 1,3 cm (3,3%) Ökning med 77 newton (3,8%) BLT 11% större effekt än SLT
Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players. 7.	RCT	47	Fotbollspelare: Ålder: 11,2±1,04 år (SLT-grupp)	12v: 24 x 25 min Frågeformulär om upplevd glädje (PACES-IT) Test av postural kontroll (BESS) Test av balans (SEBT) Test av förflyttningsförmåga (COD S90)	CMU Frågeformulär om upplevd glädje (PACES-IT) Test av postural kontroll (BESS) Test av balans (SEBT) Test av förflyttningsförmåga (COD S90)	NS: jmf/ BLT S: SLT > BLT NS: jmf/ BLT NS: jmf/ BLT NS: jmf/ BLT	NS	Pre 24,7±4,3; Post 25,0±4,0 SLT score: 36,35±3,87 Pre 24,9±5,8; Post 15,2±4,2
Effects of supervised slackline training on postural instability, freezing of gait, and falls efficacy in people with Parkinson's disease. 17.	RCT	22	Parkinson patienter: Ålder: 73,09±9,8 år (SLT-grupp)	6v: 12 x 25 min Frågeformulär för fallrädsla (FES) Postural svaj - olika COP parametrar Upplevd utmattning (RPE) Borgs 6-20 skala	Frysningar vid gång (FOG-Q) Frågeformulär för fallrädsla (FES) Postural svaj - olika COP parametrar Upplevd utmattning (RPE) Borgs 6-20 skala	S	S	Pre 3,9±3,6; Post 2,90±3,7; Re 3,6±5,0 Pre 19,9±17,9; Post 15,0±13,7; Re
Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. 16.	RCT	32	Ålder: 65±4år: FA: 9±5 h/v (SLT-grupp)	6v: 18 x 90 min Postural svaj, statiskt (COP) Minskad muskeltäthet nedre extremitet och bål	Max kraftutveckling fotled Postural svaj, statiskt (COP) Minskad muskeltäthet nedre extremitet och bål	NS	NS	SLT visade minimal upplevd utmattning Dorsal- och plantarflexion
Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation. 3.	RCT	24	Ålder: 24±0,7 år	4v: 10 x 90 min Minskad korrigerad rörelse i fotled Minskad korrigerad rörelse i knäled Minskad korrigerad rörelse i höftled Medelhastighet av plattform (Posturomed) Maxhastighet av plattform (Posturomed) Svaj av plattform (Posturomed) Coaktivering av muskler TA – GM Coaktivering av muskler RF- BF Coaktivering av muskler AL - GM Aktivering av muskler BF Aktivering av muskler GA, RF, AL, GM, TA Deflekteringstid på plattform (Posturomed)	Minskad korrigerad rörelse i fotled Minskad korrigerad rörelse i knäled Minskad korrigerad rörelse i höftled Medelhastighet av plattform (Posturomed) Maxhastighet av plattform (Posturomed) Svaj av plattform (Posturomed) Coaktivering av muskler TA – GM Coaktivering av muskler RF- BF Coaktivering av muskler AL - GM Aktivering av muskler BF Aktivering av muskler GA, RF, AL, GM, TA Deflekteringstid på plattform (Posturomed)	S	S	Innebar ökad ledstabilitet Innebar ökad ledstabilitet Innebar ökad ledstabilitet

S: Signifikant skillnad; NS: Icke signifikant skillnad; SLT: Slackline training; CNT: Inaktiv kontrollgrupp; BLT: Interventionsgrupp med annan balansträning; FA: Fysisk aktivitet; COP: Center of pressure; CoG: Center of gravity; PRE: Pre-test values; POST: Post-test values; RE: Re-test values; COD: Change of direction; CMU: Countermovement Jump; DJ: Drop Jump; MFT: Multifactorial training device; F11: Fita 11+ Programare; CBT: Clinical Balance Test; BESS: Balance Error Scoring System; SEBT: Star Excursion Balance Test; FOG-Q: Freezing Of Gait Questionnaire; FES: Falls Efficacy Scale; BF: Biceps Femoris Adductor Longus; GM: Gluteus medius; RF: Rectus Femoris; BF: Biceps Femoris; TA: Tibialis Anterior; GM: Gastrocnemius Medialis;

Studie, referensnummer	Studiedesign	N	Undersökningsgrupp	Intervention	Undersökningsvariabel	Jämfört med BLT	Jämfört med CNT	Kommentar / effekt
Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. 21.	Intervention	24	Friska vuxna	4v, 10 x 90 min	Minskning av H-reflexer Posturalt svaj, dynamiskt, medio-lateralt Posturalt svaj, dynamiskt, antero-posterior	S NS	S NS	Posturnomed Posturnomed
The influence of 'Slacklining' on quadriceps rehabilitation, activation and intensity. 4.	Tvåspritskohort	49	Patienter med akut knäskada (<2v); Ålder: 41.8±16.8 år	-	Aktivering och rekrytering av quadriceps Självupplevd utmattning i släcklinjestående	S; SLT > open-och closed chain S; SLT > open-och closed-chain		Utvärderat under aktiv träning
Short-term slackline training improves task-specific but not general balance in female handball players. 22.	Intervention	26	Kvinnliga amatörhandbollspelare; Ålder: 21.9±2.3 år	6v, 12 x 10min CMU Change of direction in sprint (COD) Vertikalhopp (DJ) Ståtid slackline	Statisk stabilitet - posturalt svaj (CoP) Dynamisk stabilitet - posturalt svaj (CoG) Statisk stabilitet - posturalt svaj (CoG) Dynamisk stabilitet - posturalt svaj (CoP)	NS NS NS NS	NS NS NS NS	Pre: 0.26m; Post: 0.30m Ökning med 53.56 s (2530%)
Supervised slackline training improves postural stability. 23.	RCT	24	Friska vuxna; Ålder: 23.4±11år (SLT-grupp)	4v, 10 x 90 min	Dynamisk stabilitet - posturalt svaj (CoP) Minskad korrigerad rörelse i knäled Minskad korrigerad rörelse i höftled Minskad korrigerad rörelse i tolld Utveckling av balans	S S S NS	S S S NS	Defektion sker huvudsakligen i olika leder för olika individer
Improvements in Orientation and Balancing Abilities in Response to One Month of Intensive Slackline-Training: A Randomized Controlled Feasibility Study. 26.	RC- feasibility	50	Ålder: 23.2±2.5 år	4v, 12 x 60 min	Balanstest (CBT) med stängda ögon Balanstest (CBT) med öppna ögon Orienteringstest i rullstol Orienteringstest i gående	S NS S NS	S NS S NS	
Striatal functional connectivity changes following specific balance training in elderly people: MRI results of a randomized controlled pilot study. 27.	RCT pilot	28	Friska vuxna; Ålder: 62.3±5.4 år	6v, 18 x 30 min	Ökad effektivitet av striatum-nätverket	NS	NS	Sjvrigt trningseffekt syntes för en subgrupp av deltagare som utvecklades i sin trning
Could Slackline Training Complement the FIFA 11+ Programme Regarding Training of Neuromuscular Control? 28.	Intervention	25	Idrottsstudenter; Ålder: 22.5±2.7 år	6v, 12 x 20 min	Balanstest (SEBT) SEBT-tester på dominant ben SEBT-tester på icke-dominant ben MFT S3-check stabilitetsparametrar Ebensstående med stängda ögon	S; SLT > F11 S; SLT > F11 NS; jnfr F11 S; SLT > F11 NS; jnfr F11		Ingen CNT Ingen CNT Ingen CNT Ingen CNT Ingen CNT

S: Signifikant skillnad; NS: Icke signifikant skillnad; SLT: Slackline training; CNT: Inaktiv kontrollgrupp; BLT: Interventionsgrupp med annan balansstrning; FA: Fysisk aktivitet; CoP: Center of pressure; CoG: Center of gravity; PRE: Pre-test values; POST: Post-test values; RE: Re-test values; COD: Change of direction; CMU: Countermovement jump; DJ: Drop Jump; MFT: Multifactorial training device; F11: Fifa 11+ Programme; CBT: Clinical Balance Test; BESS: Balance Error Scoring System; SEBT: Star Excursion Balance Test; FOG-Q: Freezing Of Gait Questionnaire; FES: Falls Efficacy Falcate; BF: Biceps Femoris Adductor Longus; GM: Gluteus medius; RF: Rectus Femoris; TA: Tibialis Anterior; GM: Gastrocnemius Medialis;

Tabel 1. Tabellen visar en sammanfattning av resultat från granskade studier.

5.3. Frågeställning 3: Användningsområden

Inom undersökta användningsområden har SLT med delvis konflikterande resultat, visat sig eventuellt kunna ha potential som träningsform inom följande områden:

- Förebyggande träning och rehabilitering av knäskador för öppenvårdspatienter, speciellt vid inhiberad aktivering av quadriceps (4).
- Fallprevention (17, 16, 23, 26).
- Utveckling av balans och postural kontroll (17, 16, 23, 3, 21, 22, 26, 28).
- Utveckling av spatial orientering och balans med stängda ögon (utveckling av vestibulära systemet) (26, 28).
- Utveckling av ledstabilitet i knä och höft (3, 23).
- Minskning av ”frysningar” vid gång för personer med Parkinsons sjukdom (17).

5.4. Frågeställning 4: Kontraindikationer

Inga kontraindikationer eller säkerhet angående SLT undersöktes eller diskuterades djupare i granskade artiklar. En artikel föreslår att man med barn alltid använder tjockmattor under och vid sidorna om slacklinen som säkerhet (1), en annan studie med Parkinsonsjuka använde både tjockmattor och två levande stöd (17).

6. Diskussion

6.1. Metoddiskussion

Trots att fyra databaser genomsöktes, fanns få vetenskapliga studier på SLT. Målgrupperna var små och träningsuppläggen var vitt skilda och olika metoder används för att utvärdera effekten av träningen. Istället för att kvalitetsgranska studierna enligt en skala som GRADE har jag därför valt att deskriptivt beskriva studier, resultat och slutsatser. För att utvärdera studiernas och resultatens kvalitet granskades alla studier med hjälp av checklistor från boken ”Att läsa vetenskapliga artiklar och rapporter” som tjänar till att uppmärksamma aspekter som rör studiers tillförlitlighet (15). Således konkluderas de flesta resultat i respektive studier endast vara indikationer på sanna mätvärden och slutsatser. En studie har vid sidan om p-värde och effektstorlek angivit sannolikheten för praktiskt värdefull träningseffekt som trolig, ej trolig, eller oklar (16). En del resultat har visat på hög effektstorlek, men låg signifikans och har i respektive studie bedömts som troligen värdefulla, men icke tillförlitliga på grund av låg signifikans ($p > 0.05$) (3). Således har en del studier överlag varit av låg evidensgrad på av grund liten undersökningsgrupp, men haft enskilda fynd av relativt hög evidensgrad med god effektstorlek och statistisk signifikans.

Denna studie tjänar därmed att användas som underlag för framtida studier, samt för att ge mer insikt i slacklining och även balansträning i allmänhet för kliniker och forskare.

6.2. Resultatdiskussion

Bortfall i granskade studier var minimalt och oftast icke existerande vilket visar god följsamhet.

Alla granskade studier, förutom en cohort-studie (5) och en interventionsstudie (28), jämförde SLT mot en inaktiv kontrollgrupp. Utöver det jämförde tre studier SLT jämt mot annan form av balansträning och en studie jämförde SLT jämt mot open- och closed chain övningar (5). Inga granskade studier var blint utvärderade. Möjligheten att utvärdera SLT blint diskuterades heller inte i granskade studier, men man kan anta att blind utvärdering av SLT blir väldigt svårt att genomföra.

Flera studier har visat att deltagare i kontrollgrupper utan träning (CNT), ofta gjort relativt stora förbättringar från test till retest i balans- och stabilitetstest. Detta indikerar att deltagarna under en del balanstest lär sig tillräckligt mycket för den specifika uppgiften för att få ett bättre resultat vid ett re-test. Detta kan innebära att skillnaden mellan kontroll- och interventionsgruppen blir insignifikant trots påtaglig effekt. Till exempel visades en förbättring av CMJ för kvinnliga handbollsspelare från 26cm till 30cm som insignifikant på grund av stor förbättring även hos kontrollgruppen (22). Eventuellt bör framtida studier se över hur balans kan testas utan påtaglig förbättring i ett re-test hos inaktiva kontrollgrupper.

Träningsupplägget såg väldigt olika ut i olika studier. I en studie har deltagarna enbart övat stillastående på slackline (17), i andra studier har deltagarna fått övningar som att fånga och kasta bollar medan de står på slackline (21). Så pass olika träningsupplägg ger naturligtvis möjlighet att utveckla väldigt olika färdigheter och resulterar i att olika studier ger olika resultat. En del skillnader i resultat mellan olika studier kan bero på mätmetod. Till exempel har en studie som mätte posturalt svaj med CoG (23) visat på signifikanta skillnader, medan två studier som använt CoP (17, 16) inte såg signifikanta skillnader. Det föreslogs att detta kunde bero på skillnad mellan CoP och CoG och det påpekades att CoG visat sig vara ett mer reliabelt mått (23, 25). Vidare är det svårt att tolka vilken roll specifika mätvärden spelar i mer praktiska situationer. En studie fann att statistiska tester är dåliga på att förutse fallrisk jämfört med en del dynamiska test som undersöker betéende vid förlorad balans (19).

En studie som inte fann någon signifikant träningseffekt av SLT konkluderade i en mening "Slackline training does not improve balance in general" (22). Studien förklarar dock mer nyanserat att begränsningar i studien eventuellt lett till uteblivna resultat. Till exempel har de inte tillåtit deltagarna att använda kompenserande armrörelser för att bibehålla balans, detta trots att en tidigare studie konkluderade att SLT framförallt förbättrar balans genom att utövaren utvecklar lär sig använda armarna för att justera balansen (23). Liknande testförhållanden noterades i en annan studie där deltagarna skulle utföra CMJ med händerna på höfterna (20). Vidare är diskussioner om SLT som potentiellt verktyg för balansfrämjande är inte alltid helt i linje med studiernas egna resultat. En studie som inte fann någon träningseffekt på posturalt svaj, utan endast en troligen signifikant minskning av muskelaktivitet i bål och nedre extremitet, lyfte fram att minskning av muskelaktivitet inte ska underskattas gällande fallprevention och diskuterade att deras fynd trots allt var lovande för SLT som balansfrämjande träning (16). SLT har undersökts på väldigt olika målgrupper. Detta är en faktor som gör det svårt att jämföra resultat och slutsatser kring effekterna. Det är troligt att en del effekter varierar kraftigt mellan olika målgrupper. Till exempel ökade tiden för enbensstående på slackline med omkring 2530% (från 2,19 till 55,74 sekunder) för kvinnliga handbollsspelare efter 120 minuters träning, medan den endast ökade med 360% för barn och 300% för seniorer efter 300 respektive 360 minuters träning. Författarna som gjort jämförelsen, diskuterar att det är svårt att dra en slutsats, men att datan indikerar att unga, aktiva vuxna snabbare kan anpassa sig till SLT (22).

6.3. Konflikterande resultat och slutsatser

Motsägande resultat av effekter och slutsatser berörde främst träningseffekten på posturalt svaj och vertikalthopp.

Uteblivet resultat av minskat posturalt svaj föreslås i en studie, eventuellt bero på att mätning med CoP är mindre reliabelt än CoG vilket i samma studie visade på signifikant träningseffekt (23).

Gällande vertikalthopp kan de konflikterande resultaten kan bero på olika undersökningsgrupper, olika träningsregim, samt olika utformning av testen. I en studie utfördes till exempel vertikalthopp med händerna fixerade på höfterna, medan de i andra studier fick användas för att skapa momentum (20).

6.4. Fallprevention

För att utvärdera risk för fallolyckor används ofta instrument som Time up and Go, Bergs balansskala och mätning av posturalt svaj. Dessa metoder mäter dock endast förmåga till upprätthållande av balans och för ett fall ska ske måste en individ först förlora balansen och sedan vara inkapabel att återupprätta balansen (19). En studie som undersökte validiteten i att använda olika instrument för utvärdering av fallrisk, fann att varken posturalt svaj, Time up and Go, kön eller ålder kunde användas till att förutse fallrisk inom undersökningsgruppen, vilket däremot test som Reactive stepping, ett test för beteende vid förlorad balans kunde göra (19).

6.5. Säkerhet

Kontraindikationer och risk för olyckor, var inget som diskuterades djupare i granskade artiklar. Då det i likhet med flera andra former av balansträning är en del av träningen att man ibland förlorar balansen, gäller det att utövaren kan återställa balansen på ett kontrollerat vis, så att denne i förlust av balans kan stiga ner från slacklinen utan att falla omkull. Vidare kan skydd i form av tjockmattor och levande stöd vara väl på sin plats.

Kontraindikationer torde innefatta allt som gör att individer vid ett eventuellt fall, i högre utsträckning riskerar allvarligare skador. Exempel är frakturer, benskörhet och blödarsjuka.

7. Klinisk relevans

SLT verkar som de flesta studier konkluderat, kunna vara en träningsform med potential inom flera områden, till exempel balansträning, rehabilitering av knäskador och ökad ledstabilitet. Detta främst genom att SLT visat sig vara roligare och mer motiverande än andra träningsformer (6, 7), men även genom att bättre rekrytera och aktivera quadriceps än closed-chain övningar (4). Då de specifika fynden överlag har låg reliabilitet, tjänar denna studie mestadels att användas som underlag för framtida studier, samt för att ge mer insikt i slacklining och balansträning i allmänhet för kliniker och forskare.

Att använda SLT som intervention väcker flera frågor angående utformning av träningen och säkerheten. Om en nödvändig säkerhetsåtgärd är två levande stöd, kan man anta att träningen inte blir kostnadseffektiv. Möjligtvis kan SLT som en modul i ett gruppträningspass med två handledare fungera som ett extra motiverande moment. Möjligtvis finns det patientgrupper som kan falla av slacklinen på ett kontrollerat vis och träna med minimal skaderisk utan levande stöd.

Dessa frågor och frågor angående kontraindikationer måste besvaras väl innan slacklining blir aktuellt som intervention.

Med gällande rekommendationer för generell fysisk aktivitet tycker jag dock, att det finns underlag för att rekommendera SLT som en generell, balansfrämjande och quadriceps stärkande träningsform för personer som redan är bekanta med träningsformen, samt för unga personer som rolig och motiverande träning.

8 Implikationer för framtida forskning

Flera studier beskriver i dess inledning hur slacklining kan vara en attraktiv träningsform som lätt blir rolig, utmanande och lekfull, som fostrar djupandning och avslappning och som gärna utförs socialt i parker och andra utomhusmiljöer. Vidare diskuteras det hur dessa attribut kan ha stor positiv påverkan på psykisk och fysisk hälsa i helhet (1, 2).

Det vore intressant att i större utsträckning undersöka sådana effekter av slacklining och även andra aktiviteter utförda under för aktiviteten normala omständigheter.

Ett exempel på hur en sådan studie skulle kunna gå till är att träna slacklining i grupp i en park och använda frågeformulär för hela interventionsperioden och/eller genom att mäta olika fysiologiska svar som indikationer på stressnivåer.

Ett annat perspektiv som vore intressant att undersöka är effekterna av olika interventioner i praktiken, oberoende av följsamheten. Om en intervention ger bättre resultat, men har betydligt sämre följsamhet, hade det varit intressant att veta vilken intervention som ger bäst resultat för en viss målgrupp.

Flera studier efterlyser forskning om hur SLT kan användas som komplement till BLT istället för att användas som en isolerad träningsform.

9. Konklusion

SLT sågs ge något sämre träningseffekt än övrig balansträning på en del tester för balans och kraftutveckling, fast med signifikant högre självupplevd glädje och motivation (6, 7).

På grund av låg evidens bland resultaten och uppenbara säkerhetsrisker, tycker jag att det i nuläget inte är aktuellt att använda SLT som intervention för äldre eller personer med nedsatt balans. Eftersom SLT visade sig mer motiverande än BLT kan det dock vara intressant som balansfrämjande träning för unga, friska individer, t.ex. inom idrott.

Att SLT var mer effektivt än jämförda closed- och open chain övningar på att rekrytera quadriceps gör SLT och andra övningar på instabilt underlag väldigt intressanta för rehabilitering av knäskador (5). Mer forskning behövs.

REFERENSER

1. Curtis H, Braga L. Slacklining in Physical Education: A Nontraditional Approach to Balancing Children's Body and Mind. *Strategies*; 2018; 31(2): 54-56..
2. Mildren RL, Zaback M, Adkin AL, Bent LR, Frank JS. Learning to balance on a slackline: Development of coordinated multi-joint synergies. *Scand J Med Sci Sports*. 2018 Sep; 28(9):1996- 2008.
3. Pfusterschmied J, Stöggel 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 Nov; 16(6):562-566.
4. Gabel CP, Osborne J, Burkett B. The influence of 'Slacklining' on quadriceps rehabilitation, activation and intensity. *J Sci Med Sport*. 2015 Jan; 18(1):62-66.
5. Boixeda R. Slacklining: A Novel Exercise to Enhance Quadriceps Recruitment, Core Strength and Balance Control. *Journal of Novel Physiotherapies*. 2014; 4(229).
6. Volery S, Singh N, Bruin E, List R, Morten M, et al. Traditional balance and slackline training are associated with task-specific adaptations as assessed with sensorimotor tests, *European Journal of Sport Science* 2017; 17(7): 838-846.
7. Trecroci A, Cavaggioni L, Lastella M, Broggi M, Perri E, Iaia FM, Alberti G. Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players. *Res Sports Med*. 2018 Oct-Dec; 26(4): 450-461.
8. Benda B, Riley P, Krebs D. Biomechanical relationship between center of gravity and center of pressure during standing. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering* 2. 1994 Apr; 2(1):3–10.
9. Karlberg M. The neck and human balance – A clinical and experimental approach to ‘cervical vertigo’. Department of otorhinolaryngology, head and neck surgery. University hospital of Lund. 1995.
10. Carroll JP, Freedman W. Nonstationary properties of postural sway. *J Biomech*. 1993 Apr-May;26(4-5):409-416.
11. Byun J, Robertson J. Tracking Senior Fall and Fall-Related Injury EMS Calls to Target Fall Prevention Programs, Salt Lake County, Utah. *Prev Chronic Dis*. 2019 Apr 18; 16(E48).
12. Cohen D, Morrison A. Interventions for Preventing Falls Among Older Adults Living in the Community. *Am Fam Physician*. 2017 Feb 1; 95(3):152-153.
13. Jack K, McLean SM, Moffett JK, Gardiner E. Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: a systematic review. *Man Ther*. 2010 Jun; 15(43):220-228.

14. Sluijs EM, Kok GJ, van der Zee J. Correlates of exercise compliance in physical therapy. *Phys Ther.* 1993 Nov; 73(11):771-782.
15. Greenhalgh T. Att läsa och förstå vetenskapliga artiklar och rapporter. Upplaga 1:2. Lund: Studentlitteratur; 2012.
16. Donath L, Roth R, Zahner L, Faude O. *Scand J Med Sci Sports.* Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. 2016 Mar; 26(3):275-283.
17. Santos L, Fernandez-Rio J, Winge K, Barragán-Pérez B, Rodríguez-Pérez V, et al. Effects of supervised slackline training on postural instability, freezing of gait, and falls efficacy in people with Parkinson's disease. *Disabil Rehabil.* 2017 Aug; 39(16):1573-1580.
18. Granacher U, Gollhofer A, Hortobágyi T, Kressig RW, Muehlbauer T. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Med.* 2013 Jul; 43(7):627-641.
19. Carty CP, Cronin NJ, Nicholson D, Lichtwark GA, Mills PM, Kerr G, et al. Reactive stepping behaviour in response to forward loss of balance predicts future falls in community-dwelling older adults. *Age Ageing.* 2015 Jan; 44(1):109-115.
20. Giboin LS, Gruber M, Kramer A. Three months of slackline training elicit only task-specific improvements in balance performance. *Plos One.* 2018 Nov 26; 13(8).
21. Keller M, Pfusterschmied J, Buchecker M, Müller E, Taube W. Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scand J Med Sci Sports.* 2012 Aug; 22(4):471-477.
22. Ringhof S, Zeeb N, Altmann S, Neumann R, Woll A, Stein T. Short-term slackline training improves task-specific but not general balance in female handball players. *European Journal of Sport Science.* 2018 Oct; 26:1-10.
23. Pfusterschmied J, Buchecker M, Keller M, Wagner H, Taube W, Müller E. Supervised slackline training improves postural stability, *European Journal of Sport Science.* 2013; 13(1):49-57.
24. Granacher U, Iten N, Roth R, Gollhofer A. Slackline training for balance and strength promotion. *Int J Sports Med.* 2010 Oct;31(10):717-723.
25. Benvenuti F, Mecacci R, Gineprari I, Bandinelli S, Benvenuti E, et al. Kinematic characteristics of standing disequilibrium: reliability and validity of a posturographic protocol. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999 Mar; 80(3):278-287.
26. Dordevic M, Hökelmann A, Müller P, Rehfeld K and Müller NG . Improvements in Orientation and Balancing Abilities in Response to One Month of Intensive Slackline-Training. A Randomized Controlled Feasibility Study. *Frontiers in Human. Neuroscience.* 2007; 11(55).

27. S Magon, L Donath, L Gaetano, A Thoeni, E-W Radue, et al. Striatal functional connectivity changes following specific balance training in elderly people: MRI results of a randomized controlled pilot study, *Gait & Posture*. 2016; 49:334-339.
28. T Jäger, J Kiefer, I Werner, Federolf P. Could Slackline Training Complement the FIFA 11+ Programme Regarding Training of Neuromuscular Control? *European Journal of Sport Science*. 2017; 17(8): 1021-1028.
29. Page P. Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2006; 10(1): 77–84.

Bilagor

Bilaga 1:

Deskriptiv sammanfattning av granskade studier.

#1 Utveckling av koordinerade multi-led synergier

I RCT studien "Learning to balance on a slackline: Development of coordinated multi-joint synergies" från 2018 (2) undersöktes hur koordinerade rörelsemönster utvecklas under utmanande balansövningar. Tjugo friska, unga vuxna randomiserades till antingen en SLT-grupp (n = 10; ålder = 22.7 ± 2.06 år) eller en CNT (n = 10; 3 ålder = 21.6 ± 2.80 år). SLT-gruppen fick 4 träningstillfällen under en vecka. Första tillfället var 60 minuter och de följande var 75-90 minuter. Balanstester utfördes både på slackline, samt på en fast förankrad, smal bom. Balansen testades vid 4 tillfällen för att observera hur balanssynergier utvecklas i tidigare och senare faser av träningen. Studien fann att balanskontroll på slackline utvecklas från grova justeringar i främst höften till fina justeringar med armarna. Rörelser med armarna som lärdes på slacklinen användes för att behålla balans under testerna på en fast förankrat bom och användning av dessa rörelser korrelerade med förbättrad balans.

Resultaten indikerar att flerleds-synergier kan utvecklas snabbt (inom 60 minuter), förfinas under en veckas övning och behållas under minst en vecka efter avslutad träning.

Författarna diskuterade att armrörelser hos äldre med bilateral vestibular förlust har under balanstester med rörlig plattform visat sig vara abnorma vilket säkert påverkar deras bålstabilitet och fallrisk. Vidare diskuterar de att fynden är lovande för forskare och kliniker som vill främja balansträning genom utmanande balansövningar.

#2 Balans, benstyrka och motivation - SLT vs traditionell balansträning (BLT) för idrottsstudenter

RCT-studien "Traditional balance and slackline training are associated with task-specific adaptations as assessed with sensorimotor tests" från 2017 (6) undersökte hur 6 veckors SLT påverkade olika balans- och benmuskelparametrar jämfört med BLT. Fyrtiotre idrottsstudenter randomiserades till tre grupper, en SLT-grupp, en BLT-grupp och en CNT. BLT-gruppen tränade med vippbräda (Vew-Do, Manchester Center, USA), balansdyna (Airex, Sins, Switzerland), AERO-Steps (TOGU, Prien-Bachham, Germany) (en uppblåsbar balanskudde), samt andra sorters vipp- och balansbrädor.

En signifikant träningseffekt observerades för både SLT och BLT på postural kontroll utvärderat med Multifunctional training device (MFT) S3-check, med ca 11% större effekt för BLT än SLT. På de övriga två parametrarna countermovement jump (CMJ) (en typ av vertikalhopp) och maxkraft av benpress noterades signifikanta förbättringar för de båda träningsgrupperna, men ingen signifikant skillnad mellan BLT och SLT.

Studien konkluderade även genom ett frågeformulär att SLT var signifikant mer motiverande för deltagarna än BLT.

#3 Fysisk prestanda och självupplevd glädje - SLT vs BLT för unga fotbollspelare

RCT-studien "Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players" från 2017 (6) undersökte hur 12 veckors SLT påverkade olika parametrar för fysisk prestanda, samt självupplevd glädje hos unga

fotbollspelare. Fyrtiosju juniorfotbollsspelare i åldern 11.24 ± 0.35 år randomiserades in i 3 grupper, en SLT-grupp, en BLT-grupp och en CNT. SLT-gruppen tränade slackline under i 25 minuter under ordinarie fotbollsträning, två gånger i veckan under 12 veckor. BLT-gruppens träning var inspirerad av ett träningsprogram från en studie av Page från 2006(29). Programmet bestod av enkla balansövningar som till exempel enbensstående, som sedan stegrades i komplexitet genom att tillföra element som instabilt underlag, stängda ögon, koordinerade armrörelser, mm. De flesta övningar modifierades för att passa testdeltagarna av unga fotbollspelare.

Deltagarna testades genom Balance Error Scoring System (BESS) och Star Excursion Balance Test (SEBT). Sprint test med 90° vändning (S90) användes för att uppskatta förändringar i förmåga att snabbt byta riktning "Change of direction speed ability" (CODS). Spänst uppskattades genom vertikalhoppet countermovement jump (CMJ). Alla deltagare skattade "självupplevd glädje" enligt Physical Activity Enjoyment Scale modifierad för italiensk kontext (PACES-It) Studien fann inga signifikanta skillnader i effekterna av SLT och BLT förutom i självupplevd glädje där SLT-gruppen skattade signifikant högre än BLT (32.64 ± 5.52 respektive 6.35 ± 3.87).

#4 Fallrisk hos personer med Parkinsons sjukdom

RCT-studien "Effects of supervised slackline training on postural instability, freezing of gait, and falls efficacy in people with Parkinson's disease" från 2016 (17) undersökte huruvida SLT kunde minska fallrisken och minska "frysningar" vid gång för människor med Parkinsons.

Tjugotvå patienter med idiopatisk Parkinsons randomiserades in i antingen en SLT-grupp eller en CNT. Posturalt svaj mätt med Center of Pressure (CoP), "frysningar" vid gång utvärderat med formulär FOG-Q och fallrisk utvärderat med Falls Efficacy Scale (FES) utvärderades vid pre, post och re-test. Självupplevd utmattning (RPE) och självupplevd muskelutmattning (LRPE) utvärderades i slutet av varje träningssession med Borgs 6-20 skala.

SLT-gruppen visade signifikant förbättring i FOG och FES jämfört med CNT, båda dessa resultat minskade under re-test, men inte till pre-test värden. Ingen signifikant skillnad observerades i posturalt svaj mellan de båda grupperna. Upplevd utmattning och upplevd utmattning i lokala muskler utvärderades med Borgs 6-20 skala och visade att SLT gav minimal utmattning och involverade muskler i nedre extremitet och lumbalen.

Studien konkluderade att slacklining är ett enkelt, säkert och utmanande tränings- och rehabiliteringsverktyg som kan minska fallrisk och förbättra självförtroende relaterat till fallrädsla.

#5 Utveckling av neuromuskulär prestanda bland seniorer

RCT-studien "Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial" från 2016 (16) undersökte hur SLT påverkade neuromuskulär prestanda hos seniorer. Trettiofyra seniorer randomiserades in i antingen en SLT-grupp (ålder: $65 \text{ år} \pm 4 \text{ år}$, fysisk aktivitet: $9 \pm 5 \text{ h/vecka}$) eller CNT. SLT-gruppen fick 18 träningstillfällen på vardera 90 minuter under en period av sex veckor. Före och efter interventionen utvärderades balansprestanda i statiskt stående och i slacklinestående, samt kraftutveckling och maximal styrka i ankelmuskler. Muskelaktivitet i nedre extremitet och bål mättes under balanstester.

Ingen signifikant skillnad observerades i posturalt svaj mätt med CoP. Ingen signifikant fynd observerades gällande styrka i anklarna. Stor förbättring i tid som deltagarna kunde stå på

slacklinen observerades. Stor reduktion syntes i bålens och nedre extremiteters muskelaktivitet, vilket tyder på förbättrad kontroll av bålmuskulaturen. Författarna konkluderar dock att detta enbart betonar vikten av kontroll av bålmuskulaturen för postural kontroll.

Författarna konkluderade att effekterna av SLT inte tycktes överlåtas väl till statisk balansprestanda eller till olika mått av styrka. Författarna utesluter dock inte att SLT kan vara relevant inom fallprevention. De hänvisar till fynd från Granacher et al. (18) om att träning och test av bålmuskulaturens prestanda i relation till fallprevention inte ska underskattas. Statiska balanstester (till exempel på en force plate) har visat sig vara dåliga på att förutse fallrisk jämfört med dynamiska tester av postural kontroll, till exempel ”reactive stepping” som testar betéende vid förlorad balans (19). Vidare konkluderar författarna att deras fynd visar att äldre människor har stor förmåga att utvecklas i uppgiftsspecifika balansuppgifter.

#6 Ledrörelser och muskelaktivivering i nedre extremitet

RCT-studien ”Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation” från 2012 (3) undersökte hur fyra veckors SLT påverkade kinematik och muskelaktivitet i nedre extremitet efter plötsligt förlorad postural kontroll hos friska vuxna utan historik av muskuloskeletal sjukdomar (ålder: 24 ± 0.7 år). Tjugofyra deltagare randomiserades till antingen en SLT-grupp eller en CNT. SLT-gruppen följde ett 4 veckors träningsprogram på slackline med tio sessioner på vardera 90 minuter. Före och efter träning utförde deltagarna enbensstående test på en rörlig plattform (Posturomed). För att utvärdera ledstabilitet under medio-laterala störningar av plattformen mättes ledrörelser i nedre extremitet (fotled, knäled och höftled) med hjälp av elektromyografimätningar från sex olika muskler. Postural kontroll utvärderades genom att räkna ut medel- och maxhastighet av plattformen, samt max deflektering av plattformssvaj mätt i mm.

Medelhastighet och maxhastighet av plattformen förbättrades signifikant, medan ingen signifikant skillnad sågs för maximal deflektering av plattformssvaj eller av deflekteringstid. En signifikant minskad korrigerande rörelse detekterades i knäleden, men endast en tendens till minskad korrigerad rörelse detekterades i fotleden, samt i höftleden. Enligt författarna kan detta tolkas som att funktionell ledstabilitet i knäleden ökar med SLT. I förberedelsefasen (160ms före utlöst rörelse av plattformen) detekterades en ökad aktivering av rectus femoris ($p < 0.05$), en tendens till minskad aktivering av Tibialis Anterior, samt en tendens till ökad co-aktivering av Rectus Femoris och Biceps Femoris ($p < 0.06$). I reaktiveringsfasen (mellan förberedelsefasen och första deflektion) detekterades en signifikant träningseffekt för Biceps Femoris och Gluteus Medius. Samaktivering mellan Tibialis Anterior-Gastrocnemius Medialis, Rectus Femoris-Biceps Femoris, Adductor Longus-Gluteus Medius visade inga signifikanta resultat.

Författarna diskuterar att resultaten sannolikt är starkt beroende av hur stora plattformsstörningar som applicerats, större störningar skulle eventuellt visa på större skillnader i höftledsstabilitet, då korrigerande rörelser i höften främst används vid större förlust av balans.

Författarna konkluderar att datan starkt indikerar att SLT kan förbättra postural kontroll, samt funktionell stabilitet i knäleden, vilken tycks vara inducerad av en förhöjd förberedelseaktivering av Rectus Femoris.

#7 Utveckling av balansprestanda och CMJ under en längre intervention

Då de flesta studier på SLT har valt en träningsperiod på 4-6 veckor, valde forskarna i studien ”Three months of slackline training elicit only task-specific improvements in balance

performance” från 2018 (20) att undersöka huruvida en längre träningsperiod på 12 veckor (3 månader är egentligen 13 veckor, räknat med en månads genomsnittliga längd på 30,4 dagar) kunde leda bättre generell balans jämfört med en kortare träningsperiod. Tjugosex deltagare i åldern 21.9 ± 2.3 år delegerades antingen en SLT-grupp eller CNT, så att båda grupper fick samma medelvärde för benstyrka och initiala balanstester. Interventionen bestod av 45 min träning, 2 ggr per vecka i 12 veckor.

SLT-gruppen visade signifikant förbättring på två slackline-liknande balanstester, men ingen signifikant skillnad noterades på de övriga fem balanstesterna eller på CMJ eller drop jump. Författarna diskuterar att den uteblivna förbättringen av CMJ som noterats i en del andra studier kan förklara utebliven överlåtelseeffekt till flera av balanstesterna. En del av utvärderingstesterna såsom CMJ utfördes med händerna fixerade på höfterna. Detta kan ha påverkat resultaten avsevärt då en annan studie fastslog att SLT framför allt förbättrar balansförmågan genom att utövaren utveckla armsynergier (2). Värt att notera är att en egen jämförelse visar att den totala träningstiden på 1080 minuter inte skiljer sig avsevärt från flera andra studier, som till exempel hade en total träningstid på 1620 min (16) och 900 minuter (2, 3, 21).

#8 Postural kontroll och H-reflexer

Studien “Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes” från 2010 (21) undersökte hur SLT påverkar postural kontroll, samt huruvida SLT medför adaptationer i retningsgraden i spinala reflexkretsar. Tjugofyra friska deltagare utan historik av neurologiska eller ortopediska sjukdomar delegerades till antingen en SLT-grupp eller en CNT. Interventionen bestod av tio träningstillfällen på vardera 90 minuter under 4 veckor, träningen avancerade genom att deltagarna fick extra utmaningar som till exempel att fånga och kasta en boll medan de balanserade på slackline. CNT fick ingen träning. Postural kontroll utvärderades före och efter de tio träningstillfällena med en fritt svingande plattform (Posturomed). Adaptationer i reflexkretsar utvärderades genom att före och efter träning, elektriskt inducera soleus Hoffman-reflexer för att utvärdera Ia-afferent transmission.

För SLT-gruppen noterades starkt signifikant minskade rörelser av plattformen medio-lateralt och insignifikant minskade rörelser anteriort-posteriort. H-reflexer och H-reflexer/M-våg ratio minskade signifikant både på slacklinen, i tandemstående på fast underlag, på en mjuk kudde och på plattformen Posturomed.

Resultaten stämmer med tidigare longitudinella studier om att balansträning kan dämpa H-reflexer och att denna dämpning går hand i hand med förbättrad postural kontroll.

#9 Rehabilitering av quadriceps

Aktivering av quadriceps är kritiskt för rörelse av nedre extremitet och därmed kritisk för dess rehabilitering. Selektiv aktivering kan vara svårt på grund av smärta, förlorad funktion och försämrad aktivering. I tvärsnitts-cohort studien ”The influence of ‘Slacklining’ on quadriceps rehabilitation, activation and intensity” från 2013 (4) undersöktes aktivering av quadriceps hos knäskadade personer under kliniska övningar av typ open-chain, closed-chain och composite-chain (slackline). Fyrtiotre öppenvårdspatienter i fysioterapibehandling (ålder 41.8 ± 16.8 år) med en akut knäskada (<2 veckor) rekryterades. Deltagarna utvärderades för quadriceps aktivering med hjälp av EMG under fem separata övningar.

Composite-chain slacklineövningar visade signifikant högre aktivering och rekrytering av quadriceps vid signifikant lägre utmattning än open- och closed-chain.

Författarna konkluderade att den här aktiveringen är ett viktigt komplement i rehabprogram för nedre extremitet och särskilt viktigt för öppenvårdspatienter och där quadriceps är inhiberad och behöver aktiveras.

Resultaten indikerar att SLT är användbart både i förebyggande- och rehabiliteringssyfte.

#10 Utveckling av balansprestanda och CMJ hos kvinnliga handbollsspelare

I studien "Short-term slackline training improves task-specific but not general balance in female handball players" från 2018 (22) undersöktes huruvida SLT kan förbättra balansprestanda hos kvinnliga handbollsspelare. Tjugofem kvinnliga handbollsspelare (ålder $23,7 \pm 3,9$ år) delegerades till antingen en SLT-grupp (n=14) eller en CNT (n=11) efter deras initiala slacklineprestanda. Interventionen bestod av 12 sessioner á 10 minuter slacklineträning under ordinarie handbollsträning under sex veckor, medan CNT under tiden fortsatte med sedvanlig handbollsträning. En vecka före och efter interventionen utvärderades ståtad på slackline, mått av dynamisk balans på plattform (Posturmed) och statisk balans i form av CoP, samt kraft- och sprint relaterade parametrar i form av CMJ, drop jumps och byte av riktning i sprint (COD S90). SLT gav högt signifikant förbättrad ståtad på slackline, men inga andra signifikanta skillnader. Main effect of time visade på signifikant skillnad för CMJ (pre: 0,26m; post: 0,3m). Studien fann en antydning till signifikant förbättrad COD S90 och en insignifikant förbättring av drop jumps. Studien fann signifikant time effect för flera av testen. Författarna konkluderar att SLT inducerar förbättringar i uppgiftsspecifik balans utan att påverka generell balans.

#11 Postural kontroll och analys av ledvinklar

I RCT studien "Supervised slackline training improves postural stability" från 2013 (23) undersöktes hur SLT påverkade postural kontroll hos friska vuxna. Tjugofyra vuxna delegerades till antingen en SLT-grupp eller en CNT. Intervention bestod av ett 4 veckors träningsprogram med tio pass på 90 minuter vardera. Posturalt svaj mättes med Center of Gravity (CoG) och testades statiskt och dynamiskt på plattformen Posturomed. Ledvinklar (höft, knä och ankel) utvärderades med hjälp av helkroppss-3d-kinematisk utrustning under enbensstående på både stabilt och rörligt underlag.

CoG värden visade på en signifikant träningseffekt för SLT-gruppen på både stabilt och rörligt underlag. Analys av ledvinklar visade på signifikant träningseffekt för SLT i knä och höft, men inte i anklarna.

I enbensstående på stabilt underlag förbättrade vissa deltagare sin balans med justeringar i anklarna, andra genom justeringar i knä eller höft.

Författarna konkluderar att SLT förbättrar postural kontroll under både stabilt och rörligt underlag.

Vidare diskuterar författarna att det är allmänt accepterat att deflektion under omständigheter som studien tillhandahöll, huvudsakligen sker med små ankelrörelser och att de här nya fynden bör leda till ett ifrågasättande av detta.

De diskuterar även att anledningen till att Granacher et al. i studien "Slackline training for balance and strength promotion (2010)" (24) inte fann några överlåtelseeffekter kan vara på grund av att de använde CoP istället för CoG, vilket enligt Benvenuti et al. i studien "Reliability and validity of a posturographic protocol (1999)" (25) visat sig vara mer reliabelt än CoP.

#12 En månads intensiv SLT påverkan på balans- och orienteringsförmåga

Studien "Improvements in Orientation and Balancing Abilities in Response to One Month of Intensive Slackline-Training. A Randomized Controlled Feasibility Study" från 2017 (26) undersökte hur en månads SLT påverkade olika aspekter av balansprestanda och icke-visuellt-beroende spatial orientering. Studien emfaserar att de undersöker intensiv träning, men intensiteten tycks inte skilja sig nämnvärt från andra studier. Interventionen bestod av 3 st, 60 minuters träningstillfällen/v under fyra veckor att jämföra med till exempel 2.5-3st, 90 minuters träningstillfällen/v under 4 - 6 veckor (16, 23, 21). Femtio deltagare delegerades till antingen en SLT-grupp (ålder: 23.2 ± 2.5 år) eller en CNT (ålder: 24.4 ± 2.8 år). Balans utvärderades med Clinical balance test (CBT 90p). Spatialt orienteringstest utfördes gående och även i rullstol för att mer specifikt undersöka utveckling av det vestibulära systemet. Studien fann signifikanta förbättringar för SLT-gruppen på balanstesterna med stängda-ögon och i rullstolsförhållanden av orienteringstesten, inga signifikanta fynd observerades för balanstester med öppna ögon eller gående orienteringstest. Författarna konkluderar att resultaten indikerar att en månads intensiv SLT är ett nytt tillvägagångssätt för att förbättra kliniskt relevanta balansförmågor i förhållanden med stängda ögon, såväl som för att förbättra vestibulärt beroende spatial orientering. Författarna konkluderar att båda fynden troligen orsakas av en positiv påverkan på vestibulär funktion.

#13 Effekt på striatum i hjärnan hos seniorer

Den randomiserade pilotstudien "Striatal functional connectivity changes following specific balance training in elderly people: MRI results of a randomized controlled pilot study" från 2016 (27) undersökte hur SLT påverkade morfologiska och funktionella förändringar i hjärnan hos seniorer (ålder: 62.3 ± 5.4 år).

Tjugoåtta friska volontärer randomiserades in i antingen en SLT-grupp eller en CNT. SLT-gruppen fick 18 träningstillfällen på 30 minuter under 6v och kontrollgruppen fick istället tre stycken 90 minuters föreläsningar om vikten av fysisk aktivitet för fallprevention.

Morfologiska förändringar i hjärnan undersöktes och analyserades. Alla analyser applicerades på alla testpersoner och även till en subgrupp bestående av de deltagare som utvecklades i sin träning.

Signifikant träningseffekt för stå-prestanda på slackline efter att ha tränat vänster ben stående på slackline (pre: 4.5 ± 3.6 s; post: 26.0 ± 30.0 s, $p < 0.038$), såväl som för tandemstående på slackline (pre: 1.4 ± 0.6 s; post: 4.5 ± 4.0 s, $p = 0.003$) observerades.

MRI visade inga signifikanta skillnader mellan SLT-grupp och CNT, men vidare analys av subgruppen med testdeltagare som utvecklades i sin träning visade på en minskning av anslutningar mellan striatum och andra områden i hjärnan efter träningsperioden.

De preliminära resultaten antyder att förbättrad balansprestanda med SLT korrelerar med ökad effektivitet av striatum nätverket. Det har hypotiserats att anslutningsminskningar reflekterar ökad effektivitet i neurala system.

#14 Slackline som komplement till FIFA 11+ Programme

I studien "Could Slackline Training Complement the FIFA 11+ Programme Regarding Training of Neuromuscular Control?" från 2017 (28) undersöktes hur SLT kunde komplementera stabiliserande träningsmoment i FIFA 11+ program.

Tjugofem idrottsstudenter som tränade minst två gånger i veckan fick välja antingen en SLT-grupp (n=13, ålder 22.5 ± 2.7 år; vikt 64.4 ± 9.9 kg; längd: 70 ± 0.07 m) eller en FIFA 11+ stabiliseringsprogram grupp (F-STAB) (n=12; ålder 23.7 ± 1.8 år; vikt 61.9 ± 7.3 kg; längd 1.68 ± 0.06 m).

SLT-gruppen fick 12st, 20 minuters träningstillfällen under sex veckor, F-STAB-GRUPPEN fick 12st, 20 minuters träningstillfällen under 4 veckor.

Balans utvärderades genom the star excursion balance test (SEBT), enbensstående med stängda ögon och MFT S3-Check.

Båda grupper visade signifikant förbättring på stabilitets- och sensorimotor-parametrar av MFT S3 och SEBT, samt på hur länge de kunde balansera på ett ben med stängda ögon.

SLT-gruppen visade signifikant bättre resultat än F-STAB gruppen på MFT S3-Check, samt för SEBT-tester med dominant ben.

Resultat är liknande eller bättre för SLT-gruppen än F-STAB-gruppen. Författarna konkluderar att SLT är ett bra komplement till Fifa 11+ programme för förbättrad sensorimotorisk kontroll när följsamhet är låg.