

Florian Pfab<sup>1</sup>, Christian Haser<sup>2</sup>, James O'Brien<sup>3</sup>

# Prävention und Therapie von Muskelverletzungen

Stand der Evidenz

## *Prevention and treatment of muscle injuries*

Current state of evidence

**Zusammenfassung:** Muskelverletzungen sind der häufigste Grund für eine Vorstellung beim Sportmediziner und für einen Ausfall im Profisport. Die Anzahl hochwertiger wissenschaftlicher Studien zu Prävention bzw. Therapie von Muskelverletzungen ist zwar immer noch gering, hat in den letzten Jahren jedoch stetig zugenommen. Diese Übersicht stellt gängige präventive und therapeutische Verfahren und deren Evidenz kurz dar. Hinsichtlich Prävention von Muskelverletzungen sind spezielle präventive Trainingsprogramme und im Speziellen das exzentrische Krafttraining evidenzbasierte Methoden. Durch Beeinflussung entsprechender Risikofaktoren für Muskelverletzungen stellen Eisbäder, Dry Needling und Kompressionstherapie potenzielle Optionen als Ergänzung dar. Zur Evaluation der derzeit empfohlenen Sofortmaßnahmen Schonung, Entlastung, Kühlung, Kompressionsverband und Hochlagerung gibt es keine hochwertigen klinischen Studien. Bezüglich des therapeutischen Effekts gibt es moderate Hinweise für einen Effekt von häufigerem Dehnen und exzentrischem Krafttraining.

*Schlüsselwörter: Muskelverletzungen, Prävention, Behandlung*

### Zitierweise

Pfab F, Haser C, O'Brien J: Prävention und Therapie von Muskelverletzungen. Stand der Evidenz. OUP 2017; 2: 087–090 DOI 10.3238/oup.2017.0087–0090

**Summary:** Although muscle injuries are the most common reason for presentation to a sports medical specialist and the most common time-loss injury in professional sports, scientific evidence for prevention or treatment of muscle injuries is still scarce. This short review summarizes common treatment and preventive methods, along with the corresponding scientific evidence. Evidence-based strategies for preventing muscle injuries include injury prevention exercise programs, and in particular the nordic hamstring exercise. Further options aimed at addressing injury risk factors include ice baths, dry needling and wearing compression garments.

There are currently no high-quality clinical trials to support the commonly employed PRICE (Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation) approach to managing acute muscle injuries. A moderate treatment effect has been observed for frequent stretching as well as eccentric training.

*Keywords: muscle injuries, prevention, treatment*

### Citation

Pfab F, Haser C, O'Brien J: Prevention and treatment of muscle injuries. Current state of evidence. OUP 2017; 2: 087–090 DOI 10.3238/oup.2017.0087–0090

## Einleitung

Muskelverletzungen sind die häufigsten Verletzungen im Breiten- sowie Profisport und sind in einem Drittel der Fälle der Grund für eine Vorstellung beim Sportmediziner [1, 6, 33]. Im europäischen Profifußball sind Muskelverletzungen für ein Drittel aller verletzungsbedingten Ausfallstage verantwortlich und zudem der

häufigste Grund, am Training bzw. Spielbetrieb nicht teilnehmen zu können [14, 15]. Sie verursachen dort ein Drittel der gesamten verletzungsbedingten Ausfälle. Im gesamten professionellen wie auch Breitensport stellen Muskelverletzungen somit ein substanzielles Problem für Sportler und Vereine dar [15].

Am häufigsten ist die ischiokrurale Muskulatur betroffen [1, 19]. Muskelver-

letzungen sind assoziiert mit Sportarten, die schnelle Be- und Entschleunigung, Sprünge, Dreh- und Kickbewegungen enthalten und bedingen sowohl eine entsprechende Verletzungspause, sowie eine reduzierte Leistungsfähigkeit bei Rückkehr ins Training [15]. Präventionsprogramme gewinnen deshalb im Hochleistungssport immer mehr an Bedeutung [35–37].

<sup>1</sup> Zentrum für Prävention und Sportmedizin, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München

<sup>2</sup> FC Ingolstadt 04, Ingolstadt

<sup>3</sup> FC Red Bull Salzburg, Salzburg, Österreich

Intrinsische Risikofaktoren für Muskelverletzungen sind vorhergehende Muskelverletzung, höheres Alter, erhöhte muskuläre Spannung, muskuläre Dysbalancen, reduzierte Beweglichkeit bzw. Dehnbarkeit, Müdigkeit, erhöhter Body-Mass-Index und vorhergehende Osteitis pubis bzw. Knieverletzungen [34, 38, 48]. Durch Reduzierung der muskulären Dehnfähigkeit und Flexibilität indirekt mit Muskelverletzungen assoziiert ist das Vorhandensein myofaszialer Triggerpunkte [21]. Diese stellen hyperreagible Zonen innerhalb eines „taut band“ des Skelettmuskels oder der Faszie dar und verursachen auf Druck typischerweise Schmerzausstrahlung, lokale Spannung und autonome Veränderungen [8, 45]. Risikofaktoren für die Entwicklung myofaszialer Triggerpunkte stellen Trauma und muskuläre Überbeanspruchung dar [8]. Extrinsische Risikofaktoren stellen z.B. ein erhöhtes Ausmaß an Belastung und verkürzte Regeneration dar; im Profisport scheinen Muskelverletzungen auch mit der Anzahl bzw. der Intensität von Wettkämpfen zu korrelieren [6, 19].

In dieser Übersicht werden gängige Optionen zu Prävention und Therapie von Muskelverletzungen evidenzbasiert kurz dargestellt:

## Präventive Methoden

### Akupunktur

Eine zunehmend interessante therapeutische Möglichkeit innerhalb der Sportmedizin stellt die Akupunktur dar. Während z.B. zum chronischen Schmerz oder zu Sprunggelenkdorsionen bereits eine Vielzahl von Studien vorliegen und systematische Übersichtsarbeiten eine punktspezifische Wirksamkeit der Akupunktur zeigen [49], gibt es bisher noch keine größeren placebokontrollierten Studien zur Prävention oder Therapie von muskulären Verletzungen durch Akupunktur. Kleinere experimentelle Studien liefern lediglich Hinweise für einen möglicherweise präventiven Effekt von Akupunktur bzgl. Muskelverletzungen: So zeigten Studien an Sportstudenten eine Reduzierung der Boden-Kontaktzeit beim Sprung, Verkürzung der Dauer eines experimentell induzierten Muskelkaters, sowie Erhöhung der Maximalkraft in der isokinetischen Kraftmessung durch Akupunktur im Vergleich zu Placebo [23, 22, 4].

### Aufwärmprogramme

Einige größere randomisierte kontrollierte Studien untersuchten die Effekte von verletzungspräventiven Übungsprogrammen. Das Präventionsprogramm FIFA 11+ ist ein ca. 20-minütiges Aufwärmprogramm zur Verletzungsprophylaxe mit Fokus auf Rumpfstabilisation, exzentrisches, pylometrisches und propriozeptives Training sowie Laufübungen. Es sollte mindestens 2-mal pro Woche absolviert werden; vor einem Spiel jeweils nur die Laufübungen.

In einer systematischen Übersichtsarbeit, die u.a. 7 randomisierte kontrollierte Studien (n = 3733) und 4 Kohorten (n = 1106) inkludierte, zeigten Barneo et al. [5] einen signifikanten Rückgang von Verletzungen (zwischen 30 und 70 %) bei Durchführung des Aufwärmprogramms FIFA 11+ (www.FIFA.com). Spieler mit hoher Compliance (1,5x pro Woche) zeigten eine Verletzungsrisikoreduktion um 35 % sowie signifikant verbesserte neuromuskuläre und motorische Fähigkeiten. Entsprechende Compliance scheint ein Schlüsselfaktor zur erfolgreichen Reduzierung von Verletzungen durch entsprechende athletische Präventionsprogramme zu sein: Mannschaften mit guter Compliance zeigten weniger Verletzungen [44].

### Manipulative Therapie

Cibulka et al. [11] konnten keinen positiven Effekt der Manipulation von Ileo-Sakralgelenken bzgl. Maximalkraft Knieextension zeigen.

### Dry Needling

Dry Needling ist ein spezieller Akupunkturstil, bei dem eine Akupunkturnadel in einen myofaszialen Triggerpunkt gestochen wird (Abb. 1). Dies führt zum Hervorrufen einer „Twitch Response“ (unfreiwilliger Rückenmarkreflex, bei dem die Muskelfasern des „taut band“ kontrahieren). Dry Needling ist als effektive Art beschrieben, Triggerpunkte zu eliminieren [10] und zeigte in einer Meta-Analyse [24] einen spezifischen Effekt bzgl. Schmerzreduktion beim myofaszialen Schmerzsyndrom (direkt nach sowie 4 Wochen nach Behandlung).

In einer experimentellen Studie an 30 hochklassigen Fußballern [21] zeigte sich im Vergleich zu Kontrollgruppen ein

ne signifikante Verbesserung des Risikofaktors für Muskelverletzungen, „Dehnfähigkeit“ und Maximalkraft (jeweils direkt und 4 Wochen nach Behandlung).

### Eiskammer

Laut einer kürzlich erschienenen kleinen Meta-Analyse [12, 13] (4 RCT, n = 64) gibt es derzeit nur unzureichende Hinweise für einen spezifischen Effekt von Kältekammerexposition (< -100 °C; 2–4 Minuten Dauer) bzgl. subjektiver muskulärer Müdigkeit und Regeneration.

### Exzentrisches Krafttraining

Goode et al. [17] zeigten in einer kürzlich erschienenen Meta-Analyse, dass exzentrisches Krafttraining („Nordic Hamstring Exercise“, Abb. 2) bei guter Compliance Verletzungen an der ischiokruralen Muskulatur vorzubeugen scheint. Eine erst danach publizierte randomisierte kontrollierte Studie an 579 Amateurfußballern aus den Niederlanden bestätigte diese Aussage [47]. 25-mal exzentrisches Krafttraining der ischiokruralen Muskulatur innerhalb von 13 Wochen führte im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Intervention zu einem signifikant erniedrigtem Auftreten von Muskelverletzungen; es bestand allerdings kein Unterschied hinsichtlich Verletzungsschwere. Trotz der wachsenden Evidenz für eine spezifische präventive Wirksamkeit des exzentrischen Krafttrainings in Bezug auf Muskelverletzungen ist der Einsatz im Profifußball überraschend gering [3].

### Kältebad

Im Vergleich zu passiver Regeneration führt laut Meta-Analyse von Bieuzen et al. [7] ein Kältebad (< 15 °C) innerhalb einer Stunde nach Belastung zu erniedrigtem Muskelkatergefühl, Serum-Creatininkinase- und erhöhten Maximalkraft- sowie Sprungkraftwerten. Im Vergleich zu Kompression weisen Sportler nach entsprechender Kältebadtherapie nach der Belastung erniedrigte Creatininkinasewerte im Serum auf. Die Effekte von Kältebad und Stretching sind vergleichbar. Interessanterweise unterscheiden sich die Effekte von 6 min, 12 min und 18 min Kältebad nicht signifikant voneinander.

## Kinesiotaping

Morris et al. [31] untersuchten den Effekt von Kinesiotape bei muskuloskelettalen Beschwerden in einer systematischen Übersichtsarbeit (8 RCTs, n = 253): Es zeigte sich eine moderate Evidenz für keine Überlegenheit im Vergleich mit Placebo oder klassischem Tape bzw. Bandage.

## Kompressionstherapie

Eine Meta-Analyse [16] (32 RCTs, n = 494) untersuchte den Effekt von Kompressionssocken bei Läufern: Während der Einfluss hinsichtlich Gesamtleistungsfähigkeit nur marginal war, reduzierte sich das Muskelkatergefühl durch Tragen von Kompressionssocken deutlich. Moderate Effekte zeigten sich hinsichtlich Erschöpfungsgefühl, Laufökonomie, Serum-Laktatwerte, Maximalkraft, Körpertemperatur und Markern für muskulären Schaden bzw. Entzündung.

Eine weitere Meta-Analyse (12 RCTs, n = 205) von Hill et al. untersuchte den Effekt von Kompressionstherapie nach Belastung bei Freizeitsportlern: Sowohl Muskelkater, Maximalkraft, Kraftausdauer und Creatinkinase zeigten sich durch Kompression im Vergleich zu Kontrollen ohne Therapie erniedrigt.

## Neuromuskuläre elektrische Stimulation

Malone et al. evaluierten in ihrer Meta-Analyse [28] (13 RCTs, n = 189) die regenerativen Effekte von niedrigintensiver neuromuskulärer elektrischer Stimulation innerhalb durchschnittlich 30 Minuten nach Belastung hinsichtlich Parameter von Regeneration. Es zeigten sich Hinweise für eine Erniedrigung des Gefühls von Muskelmüdigkeit. Im Vergleich zu aktiver und passiver Regeneration zeigte sich jedoch keine Besserung.

## Therapeutische Methoden

### Sofortmaßnahmen

Die Sofortmaßnahmen Schonung, Entlastung, Kühlung, Kompressionsverband und Hochlagerung sind in der Akutbehandlung bei Muskelverletzungen weitläufig Behandlungsstandard. Trotzdem existieren hierzu derzeit keine hochwertigen kontrollierten klinischen



**Abbildung 1** Dry Needling: Auslösen einer Zuckungsreaktion (Twitch response) eines myofaszialen Triggerpunkts mit der Akupunkturnadel

Studien. Aufgrund der pathophysiologischen Vorgänge initial nach Auftreten von Muskelverletzungen – mit frischer Einblutung und Entzündungsformation – erscheinen sie analog zur Behandlung von akuten Traumen anderer Weichteile empfehlenswert.

### Dehnen

Malliaropoulos et al. [27] verglichen bei 80 griechischen Sportlern mit Verletzungen der ischiokruralen Muskulatur statisches Dehnen über 30 Sekunden 4-mal pro Tag versus 1-mal pro Tag ab dem 3. Tag nach Verletzung. Häufigeres Dehnen führte zu schnellerer vollständig kräftiger Kniestreckung und einer kürzeren Rehabilitationszeit bis zur sportlichen Tätigkeit.

### Exzentrisches Krafttraining

Askling et al. [2] verglichen die Effekte von exzentrischem Krafttraining (L-Protokoll) plus Physiotherapie mit konzentrischem Krafttraining (C-Protokoll) plus Physiotherapie in der Rehabilitation von Muskelverletzungen bei Leichtathleten. Die Zeit bis zur Rückkehr zum Sport zeigte sich in der Gruppe mit exzentrischem Krafttraining verringert, bzgl. Wiederverletzungsrisiko zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

### Hämodialysiertes Kälberblut

Experimentelle Daten zeigen eine mögliche Erhöhung der mitochondria-

len Sauerstoffkapazität im humanen Skelettmuskel durch Exposition mit hochkonzentriertem hämodialysiertem Kälberblut (Actovegin) [46]. Bei intravenöser Gabe zeigte sich in einer kleinen experimentellen Studie kein leistungssteigernder Effekt [25]. Eine randomisierte kontrollierte Mini-Studie (n = 8) zeigte im Vergleich zu keiner Intervention eine verkürzte Rückkehr zum Sport nach Actovegin-Infiltrationen bei akuten Muskelverletzungen [26]. Größere hochwertige klinische Studien fehlen.

### Manuelle Behandlungstechniken/ Massage

Laut den Meta-Analysen von Mason et al. [29] sowie Sherry et al. [43] gibt es derzeit zur Therapie von muskulären Verletzungen mittels physiotherapeutischen Techniken keine validen wissenschaftlichen Daten. Zu den verschiedenen physiotherapeutischen Techniken gibt es nur wenige randomisierte kontrollierten Studien, die wiederum hinsichtlich Fallzahl und Kontrolle sehr limitiert und somit nicht aussagekräftig sind.

### NSAIDs (Meclofenamat und Diclofenac)

Beim therapeutischen Einsatz von Meclofenamat (50 mg/die) bzw. Diclofenac (25 mg/die) zeigte sich in einer randomisierten kontrollierten Studie kein signifikant besserer Effekt von nichtsteroidalen Antiphlogistika im Vergleich zu Placebo hinsichtlich der

Parameter Schmerz, Schwellung und isokinetische Krafttests bei Sportlern mit Hamstring-Verletzungen [41].

#### Platelet Rich Plasma (PRP)

Moraes et al. [30] untersuchten die therapeutischen Effekte von Injektionen mit Platelet Rich Plasma bei Sehnenverletzungen: Sie konnten keinen spezifischen Effekt von PRP im Vergleich zu Placebo nachweisen. In einer Meta-Analyse von Brossi et al. [9], die neben humanen Studien auch equine Studien inkludierte, zeigten sich bei den Pferden signifikante spezifische therapeutische Effekte bei muskuloskelettalen Beschwerden, die sich allerdings in den eingeschlossenen Studien an Menschen nicht bestätigten.

In einer doppelblinden randomisierten Studie an 80 Sportlern mit ausschließlich akuten Verletzungen der ischiokruralen Muskulatur zeigte sich durch 2 intraläsionale Injektionen von jeweils 3 Milliliter PRP innerhalb von 2 Wochen nach Verletzung im Vergleich zu Kochsalz hinsichtlich früherer Rückkehrzeit zum Sport oder Re-Verletzungsrisiko auch ein Jahr nach Durchführung der Therapie kein besserer Effekt [39, 40].

Hamilton et al. [20] verglichen in einer doppelblinden randomisierten kontrollierten Studie an 90 professionellen Sportlern mit akuten Verletzungen der ischiokruralen Muskulatur den Effekt einer einmaligen intraläsionalen Injektion von Platelet Rich Plasma mit Platelet Poor Plasma (jeweils 3 ml intraläsional) innerhalb von 5 Tagen nach Auftreten der Muskelverletzung. Beide Therapien zeigten keinen Unterschied hinsichtlich Rückkehr zum Sport. Weitere ungeblindete randomisierte kontrollierte Studien kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen [18, 32]



**Abbildung 2** Nordic Hamstring exercise

#### Training

In einer kleinen randomisierten kontrollierten Studie verglichen Sherry et al. [42] 2 Rehabilitationsprotokolle zur Behandlung von ischiokruralen Muskelverletzungen miteinander: Agilitäts- und Rumpfstabilisationstraining („progressive agility and trunk stabilization“) gegen Dehnen und Krafttraining („stretching and strengthening group“): Die Zeit bis zur Rückkehr zum Sport unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Das Wiederverletzungsrisiko war in der Gruppe mit Agilitäts- und Rumpfstabilisationstraining sowohl innerhalb von 2 Wochen als auch innerhalb 1 Jahr nach Rückkehr zum Sport signifikant niedriger.

#### Schlussfolgerung

Nach derzeitigem Stand sind hinsichtlich Prävention von Muskelverletzun-

gen nur spezielle Aufwärmprogramme und im Speziellen exzentrisches Krafttraining evidenzbasierte Methoden. Indirekt – d.h. durch Reduzierung entsprechender Risikofaktoren, die mit Muskelverletzungen assoziiert sind – stellen Kältebäder, Tragen von Kompressionssocken und Dry Needling potenzielle Optionen als Ergänzung dar. Bzgl. des therapeutischen Effekts gibt es derzeit moderate Hinweise für einen Effekt von häufigerem Dehnen und exzentrischem Krafttraining. OUP

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Florian Pfab  
Zentrum für Prävention  
und Sportmedizin  
Klinikum rechts der Isar  
Technische Universität München  
Georg-Brauchle-Ring 56 (Campus C)  
80992 München  
pfab@sport.med.tum.de

#### Literatur

- Ahmad CS, Dick RW, Snell E et al.: Major and Minor League Baseball Hamstring Injuries: Epidemiologic Findings From the Major League Baseball Injury Surveillance System. *Am J Sports Med.* 2014; 2: 1464–70
- Asking CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstenson A: Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* 2014; 48: 532–9
- Bahr R, Thorborg K, Ekstrand J: Evidence-based hamstring injury prevention is not adopted by the majority of football teams: the Nordic Hamstring survey. *Br J Sports Med.* 2015; 49: 1466–71
- Banzer W, Hubscher M, Pfab F, Ziesing A, Vogt L: [Acute effects of needle acupuncture on power performance during stretch-shortening cycle]. *Forsch Komplementmed.* 2007; 14: 81–5
- Barengo NC, Meneses-Echavez JF, Ramirez-Velez R, Cohen DD, Tovar G, Bautista JE: The impact of the FIFA 11+ training program on injury prevention in football players: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2014; 11: 1986–2000
- Bengtsson H, Ekstrand J, Hagglund M: Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 743–7

7. Bieuzen F, Bleakley CM, Costello JT: Contrast water therapy and exercise induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2013; 8: e62356
8. Bron C, Dommerholt JD: Etiology of myofascial trigger points. *Curr Pain Headache Rep*. 2012; 16: 439–44
9. Brossi PM, Moreira JJ, Machado TS, Bacarin RY: Platelet-rich plasma in orthopedic therapy: a comparative systematic review of clinical and experimental data in equine and human musculoskeletal lesions. *BMC Vet Res*. 2015; 11: 98
10. Brukner P, Khan K, Brukner P: Brukner & Khan's clinical sports medicine. 4th ed. Sydney, New York: McGraw-Hill; 2012, xlvii, 1296
11. Cibulka MT, Rose SJ, Delitto A, Sinacore DR: Hamstring muscle strain treated by mobilizing the sacroiliac joint. *Phys Ther*. 1986; 66: 1220–3
12. Costello JT, Baker PR, Minett GM, Bieuzen F, Stewart IB, Bleakley C: Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; (9): CD010789
13. Costello JT, Baker PR, Minett GM, Bieuzen F, Stewart IB, Bleakley C: Cochrane review: Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *J Evid Based Med*. 2016;
14. Ekstrand J, Hagglund M, Kristenson K, Magnusson H, Walden M: Fewer ligament injuries but no preventive effect on muscle injuries and severe injuries: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med*. 2013; 47: 732–7
15. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M: Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*. 2011; 39: 1226–32
16. Engel FA, Holmberg HC, Sperlich B: Is There Evidence that Runners can Benefit from Wearing Compression Clothing? *Sports Med*. 2016; 46: 1939–52
17. Goode AP, Reiman MP, Harris L et al.: Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015; 49: 349–56
18. Guillodo Y, Madouas G, Simon T, Le Dauphin H, Saraux A: Platelet-rich plasma (PRP) treatment of sports-related severe acute hamstring injuries. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2015; 5: 284–8
19. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J: Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *Am J Sports Med*. 2013; 41: 327–35
20. Hamilton B, Tol JL, Almusa E et al.: Platelet-rich plasma does not enhance return to play in hamstring injuries: a randomized controlled trial. *Br J Sports Med*. 2015; 49: 943–50
21. Hacer C, Stoggl T, Kriner M et al.: Effect of Dry Needling on Thigh Muscle Strength and Hip Flexion in Elite Soccer Players. *Med Sci Sports Exerc*. 2016
22. Hubscher M, Vogt L, Bernhorster M, Rosenhagen A, Banzer W: Effects of acupuncture on symptoms and muscle function in delayed-onset muscle soreness. *J Altern Complement Med*. 2008; 14: 1011–6
23. Hubscher M, Vogt L, Ziebart T, Banzer W: Immediate effects of acupuncture on strength performance: a randomized, controlled crossover trial. *Eur J Appl Physiol*. 2010; 110: 353–8
24. Kietrys DM, Palombaro KM, Azzaretto E et al.: Effectiveness of dry needling for upper-quarter myofascial pain: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013; 43: 620–34
25. Lee P, Nokes L, Smith PM: No effect of intravenous Actovegin(R) on peak aerobic capacity. *Int J Sports Med*. 2012; 33: 305–9
26. Lee P, Rattenberry A, Connelly S, Nokes L: Our experience on Actovegin, is it cutting edge? *Int J Sports Med*. 2011; 32: 237–41
27. Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E: The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36: 756–9
28. Malone JK, Blake C, Caulfield BM: Neuromuscular electrical stimulation during recovery from exercise: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 2014; 28: 2478–506
29. Mason DL, Dickens VA, Vail A: Rehabilitation for hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012; 12: CD004575
30. Moraes VY, Lenza M, Tamaoki MJ, Faloppa F, Belloti JC: Platelet-rich therapies for musculoskeletal soft tissue injuries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014; (4): CD010071
31. Morris D, Jones D, Ryan H, Ryan CG: The clinical effects of Kinesio(R) Tex taping: A systematic review. *Physiother Theory Pract*. 2013; 29: 259–70
32. MS AH, Mohamed Ali MR, Yusof A, George J, Lee LP: Platelet-rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2014; 42: 2410–8
33. Murphy JC, O'Malley E, Gissane C, Blake C: Incidence of injury in Gaelic football: a 4-year prospective study. *Am J Sports Med*. 2012; 40: 2113–20
34. Nilstad A, Andersen TE, Bahr R, Holme I, Steffen K: Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. *Am J Sports Med*. 2014; 42: 940–8
35. O'Brien J, Donaldson A, Finch CF: It will take more than an existing exercise programme to prevent injury. *Br J Sports Med*. 2016; 50: 264–5
36. O'Brien J, Finch CF: The implementation of musculoskeletal injury-prevention exercise programmes in team ball sports: a systematic review employing the RE-AIM framework. *Sports Med*. 2014; 44: 1305–18
37. O'Brien J, Young W, Finch CF: The delivery of injury prevention exercise programmes in professional youth soccer: Comparison to the FIFA 11. *J Sci Med Sport*. 2016.
38. Opar DA, Williams MD, Shield AJ: Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med*. 2012; 42: 209–26
39. Reurink G, Goudswaard GJ, Moen MH et al.: Platelet-rich plasma injections in acute muscle injury. *N Engl J Med*. 2014; 370: 2546–7
40. Reurink G, Goudswaard GJ, Moen MH et al.: Rationale, secondary outcome scores and 1-year follow-up of a randomized trial of platelet-rich plasma injections in acute hamstring muscle injury: the Dutch Hamstring Injection Therapy study. *Br J Sports Med*. 2015; 49: 1206–12
41. Reynolds JF, Noakes TD, Schwellnus MP, Windt A, Bowerbank P: Non-steroidal anti-inflammatory drugs fail to enhance healing of acute hamstring injuries treated with physiotherapy. *S Afr Med J*. 1995; 85: 517–22
42. Sherry MA, Best TM: A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004; 34: 116–25
43. Sherry MA, Johnston TS, Heiderscheit BC: Rehabilitation of acute hamstring strain injuries. *Clin Sports Med*. 2015; 34: 263–84
44. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O et al.: Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *Am J Sports Med*. 2015; 43: 2628–37
45. Simons DG: New views of myofascial trigger points: etiology and diagnosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89: 157–9
46. Sondergard SD, Dela F, Helge JW, Larsen S: Actovegin, a non-prohibited drug increases oxidative capacity in human skeletal muscle. *Eur J Sport Sci*. 2016; 16: 801–7
47. van der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJ: The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2015; 43: 1316–23
48. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT, Spriggins AJ: Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med*. 2001; 35: 435–9, discussion 40
49. Vickers AJ, Linde K: Acupuncture for chronic pain. *Jama* 2014; 311: 955–6