

Matevž Topolovec<sup>1</sup>, Igor Frangež<sup>2</sup>, Andrej Hari<sup>3</sup>, Dragica Maja Smrke<sup>4</sup>

# Kronični poobremenitveni utesnitveni sindrom

*Chronic Exertional Compartment Syndrome*

---

## IZVLEČEK

---

**KLJUČNE BESEDE:** poobremenitveni utesnitveni sindrom, golen – mišična loža, zvišan tkivni tlak, fasciotomija

Kronični poobremenitveni utesnitveni sindrom se lahko pojavi na vseh mestih, kjer se nahajajo mišične lože. Najpogosteje ga najdemo v goleni (95 %), in sicer pri športnikih, pri katerih tek predstavlja večino napora. Diagnosticiramo ga s pomočjo anamneze, kliničnega statusa, radioloških preiskav in z meritvami tkivnega tlaka v prizadeti mišični loži. Če so normalne vrednosti tlaka presežene, je potrebno kirurško zdravljenje, tj. fasciotomija. Opisane so klinične značilnosti sindroma v primeru goleni, njegova diagnostika in zdravljenje.

---

## ABSTRACT

---

**KEY WORDS:** exertional compartment syndrome, shank – myofascial compartment, elevated tissue pressure, fasciotomy

Chronic exertional compartment syndrome can occur in all body parts in which compartments can be found. Most frequently, it emerges in the lower leg (95 %) in athletes, in whom running represents the greatest strain. The diagnosis consists of the patient's history, clinical status, radiological procedures and pressure measurements in connective tissues within the damaged compartment. When pressure exceeds normal values, fasciotomy is required. This article contains the descriptions of clinical characteristics in cases with affected lower leg, as well as their diagnostics and therapy.

---

<sup>1</sup> Matevž Topolovec, dr. med., Ortopedska bolnišnica Valdoltra, Jadranska cesta 31, 6280 Ankaran

<sup>2</sup> Asist. mag. Igor Frangež, dr. med., dr. dent. med., Klinični oddelek za travmatologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška 7, 1525 Ljubljana

<sup>3</sup> Andrej Hari, dr. med., Klinični oddelek za travmatologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška 7, 1525 Ljubljana; andrej.hari@gmail.com

<sup>4</sup> Prof. dr. Dragica Maja Smrke, dr. med., Klinični oddelek za travmatologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška 7, 1525 Ljubljana

## UVOD

Utesnitveni sindrom je stanje, pri katerem povečan tlak znotraj omejenega prostora (mišične lože) ogroža pretok krvi in posledično funkcijo tkiva v tem prostoru (1). Poobremenitveni utesnitveni sindrom se lahko pojavi pri telesni vadbi v kronični ali akutni obliki. Kronična oblika je mnogo pogostejša kot akutna, vendar hkrati manj poznana. Prvi, ki je objavil novico o kroničnem poobremenitvenem utesnitvenem sindromu, je bil Mavor leta 1956 (2). Predstavil je primer obojestranske bolečine na prednji strani goleni pri profesionalnem igralcu nogometa, ki se je pojavila pri telesni vadbi in bila uspešno kirurško zdravljena. V letu 1975 je Reneman objavil študijo 61 primerov kroničnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma. V 90 % primerov so bili bolniki vojaki in v vseh primerih je bila bolečina lokalizirana v prednji in stranski mišični loži goleni (3).

Pojavnost in pogostnost sindroma sta podcenjeni. Na eni strani zato, ker bolniki raje prilagodijo življenjski slog in prenehajo z aktivnostjo, kot da bi poiskali zdravniško pomoč. Na drugi strani je pogosto tudi nepoznavanje

sindroma in njegovih simptomov s strani splošnih zdravnikov (1).

Pojavnost kroničnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma v splošni populaciji ostaja neznanka. Obstaja sicer več študij bolnikov s kronično poobremenitveno bolečino v goleni, pri katerih se pogostnost poobremenitvenega utesnitvenega sindroma giblje med 14–33 % (2).

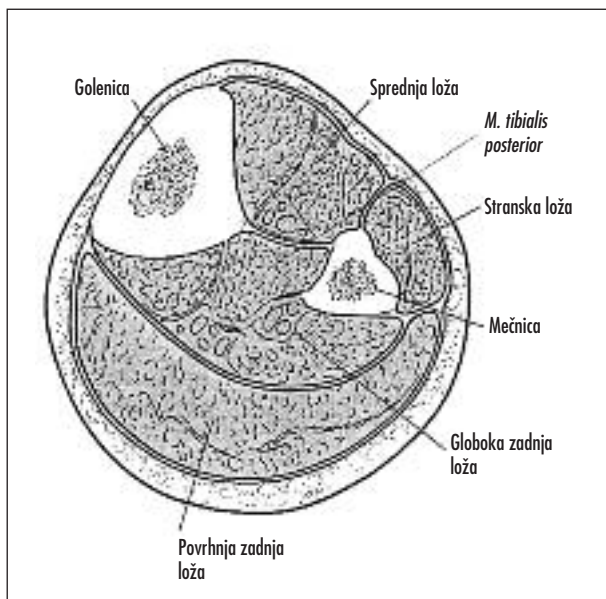
Sindrom se večinoma (95 %) pojavlja v predelu goleni, vendar zasledimo zapise o njegovi pojavnosti tudi na drugih delih telesa (stegno, roka, podlaket) (1, 4–6). Pojavi se lahko na vseh mestih, kjer se nahajajo mišične lože (7).

V preglednem članku bomo predstavili klinične značilnosti sindroma ter podrobneje razpravljali o negotovostih pri postavljanju diagnoze in zdravljenju. Osredotočili se bomo na področje goleni.

## ANATOMIJA

Golen delimo v štiri jasno ločene mišične lože:

- prednjo (lat. *anterior*),
- stransko (lat. *lateralis*),
- povrhnjo zadnjo (lat. *superficialis posterior*) in
- globoko zadnjo (lat. *profunda posterior*) (slika 1).



Slika 1. Prečni prerez goleni s prikazom štirih glavnih mišičnih lož in ločeno ložo mišice *tibialis posterior*.

Dodatno je bilo dokazano, da se mišica *tibialis posterior* nahaja v svoji loži, zato jo lahko obravnavamo kot peto ložo goleni (8).

Sprednja loža vsebuje mišice *tibialis anterior*, *extensor hallucis longus*, *extensor digitorum longus* in *peroneus tertius*. Živčno-žilne strukture v tej loži predstavljajo arterija *tibialis anterior* in vena ter globoka veja živca *peroneus communis*. Stranska loža vsebuje mišici *peroneus longus* in *peroneus brevis* ter živec *peroneus communis*. Povrhna zadnja loža vsebuje mišice *soleus*, *plantaris* in *gastrocnemius* ter živec *suralis*. V globoki zadnji loži leži mišice *flexor digitorum longus*, *flexor hallucis longus* in *popliteus*. Živčno-žilne strukture pa predstavljajo arterija *tibialis posterior* in vena ter živec *tibialis*. V peti loži se nahaja samo mišica *tibialis posterior*.

## ETIOLOGIJA

Etiologija kroničnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma je večinoma neznan (1, 9). Do povečanja tlaka znotraj lože lahko pride zaradi povečanja prostornine vsebine lože ali kot posledica zmanjšanja njene velikosti (10, 11).

Pri telesni vadbi se za približno 20% poveča volumen mišičnega tkiva (1, 10, 12). Dodatno se lahko zaradi mikropoškodb, ki nastanejo pri teku na trdih površinah, sproščajo proteinsko vezani ioni, ki povečajo onkotski tlak in izzovejo edem (11, 13). Povečanje prostornine do določene mere razbremenijo mišične ovojnice oziroma njihove elastične lastnosti (1).

Pri obravnavi poobremenitvenega utesnitvenega sindroma se občasno opazi zadebelitev mišičnih ovojnic, vendar do danes še ni bilo pojasnjeno, ali zadebelitev ovojnic nastopa kot vzrok ali kot posledica poobremenitvenega utesnitvenega sindroma (1).

Pri opredeljevanju dejavnikov tveganja za njegov nastanek je malo znanega. Kot dejavnik tveganja se obravnava predhodna, tudi minimalna poškodba goleni (14). Do večine poškodb pride že leta pred nastopom simptomov, kot najpogostejši tip poškodbe pa se navaja udarnina mišic (9). Poškodba mišic naj bi vodila v zadebelitev mišičnih ovojnic, ki so nesposobne izravnati prostorninsko poveča-

nje mišic med telesno vadbo. Dodatno naj bi mišična poškodba ovirala venski in limfatični odtok, to pa naj bi povzročalo povečanje tlaka znotraj omejenega prostora (9).

Kadar je povečanje prostornine prekomerno oziroma je omejena njegova izravnava, tlak znotraj lože naraste čez fiziološko dopustne vrednosti in povzroča klinične simptome.

## MEHANIZEM NASTANKA

Lože so omejene s kostmi in z mišičnimi ovojnicami, zato imajo sorazmerno stalno prostornino. Vsakršno dogajanje v loži, ki vodi v povečanje tlaka znotraj nje, ima za posledico zmanjšano prekrvitev tkiva in posledično tkivno presnovno motnjo (7). Patofiziološke razlage dogajanja pri kroničnem poobremenitvenem utesnitvenem sindromu so osnovane na spoznanjih iz akutnega utesnitvenega sindroma in temeljijo na principu ishemično povzročene bolečine ter poškodbe (2, 11).

Zaradi povečanega tkivnega tlaka znotraj lože, ki presega venski tlak, se venule zaprejo. Če se ob tem ohrani tok krvi skozi kapilare, se v določenem trenutku venski tlak dvigne nad tkivni tlak in venska drenaža je ponovno vzpostavljena. Posledično se zmanjša arteriovenska razlika v tlaku, to pa vodi v zmanjšanje arterijskega pritoka (7, 10, 11).

Toda ta teorija vendarle ni splošno sprejeta. Amendola s pomočjo magnetnoresonančnih pretočnih študij ni uspel dokazati ishemične spremembe pri bolnikih s kroničnim poobremenitvenim utesnitvenim sindromom (15). Podobno je bil neuspešen tudi Balduini z uporabo spektroskopije <sup>31</sup>P-NMR. Pokazal je, da naj bi do ishemiije prišlo samo pri zelo visokih vrednostih tlaka znotraj lože ( $\geq 160$  mm Hg). Iz tega je domneval, da bolečina ni ishemične narave, temveč naj bi bila posledica draženja senzoričnih živcev v postkostnici in mišičnih ovojnicah zaradi previsokega tlaka znotraj lože (16).

Kot možen vzrok za nastanek bolečine je treba omeniti tudi sproščanje vazoaktivnih snovi (histamin, serotonin itn.), in sicer kot posledico minimalno zmanjšane pretoka krvi (7).

## DIAGNOZA

Ugotavljanje pravilne diagnoze se vedno prične z dobro anamnezo in ustreznim lokalnim statusom. Bolniki so večinoma tekači ali športniki, pri katerih tek predstavlja večino fizičnega napora. Pritožujejo se nad topo, krčevito bolečino, ki se pojavi v prvih 30 minutah treninga in bistveno zmanjšuje njihove atletske sposobnosti. Bolečina je ponavadi lokalizirana nad prizadeto ložo in se lahko širi v predel gležnja in stopala. Ob počitku ponavadi v nekaj minutah popusti (1, 2, 17). Kar 75–95 % bolnikov navaja simptome obojestransko (1, 10).

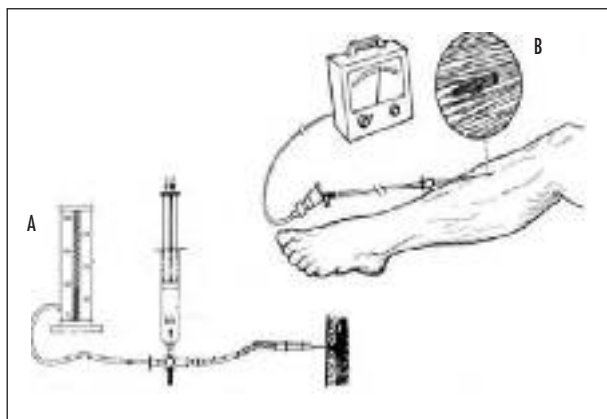
Lokalni status mirujočega bolnika brez simptomov je neznačilen (2). Pri pregledu lahko opazimo mišično atrofijo, pri globoki palpaciji pa povečano občutljivost in natezno napetost prizadete lože (11). Po izpostavitvi bolnika telesni vadbi (npr. teku) se pojavijo značilni simptomi, pri lokalnem statusu pa lahko dodatno opazimo nevrološke spremembe, kot so padajoče stopalo, parestezije in zmanjšanje mišične moči (2, 17). Že pasivno raztezanje prizadetih mišic izzove bolečino. Periferni pulzi ponavadi niso prizadeti (11). Protokoli telesne vadbe za odkritje tipičnih simptomov se med ustanovami razlikujejo. Bolniki za prikaz simptomov ponavadi tečejo po tekočem traku 10–15 min (1, 9). Laboratorijski izvidi so v mejah normale. Pozorni moramo biti predvsem na vrednosti kreatinina in mioglobina, ki lahko v razvijajočem se akutnem poobremenitvenem utesni-

tvenem sindromu presežejo mejne vrednosti in okvarijo ledvično delovanje (17).

Pri postavitvi pravilne diagnoze uporabljamo tudi slikovne tehnike: rentgen, magnetno resonanco, posnetek kosti s tehnecijevim pirofosfatom in dopplerski ultrazvok. Z njimi večinoma izključimo druge verjetne diagnoze. Navadno rentgensko slikanje, ki ga ponavadi uporabimo kot prvo diagnostično metodo, nam služi za izključitev diagnoz, kot so stresni zlomi in kronično prisoten medialni tibialni stres sindrom (angl. *medial tibial stress syndrome*, MTSS).

Najpomembnejša metoda, s katero diagnosticiramo poobremenitveni utesnitveni sindrom, pa je merjenje tlaka znotraj lože (1–3, 10, 11, 17). Za to merjenje so bile razvite različne metode in naprave, vse s svojimi dobrimi in slabimi lastnostmi (2, 10). Na splošno lahko katetrške sisteme delimo v dve skupini: tekočinske, kamor spadata *wick*- in *slit*-kateter, in netekočinske katetre s pretvorniškimi oz. elektronskim tipalom (slika 2) (18, 19). Najpogosteje uporabljena je tehnika s *slit*-katetrom. Pri uvajanju tipala katetra se predhodno lokalno anestetizirajo koža, podkožje ter mišična ovojnica. Prodiranje globoko v mišico se je treba izogibati, kajti le-ta lahko vpliva na meritev tlaka (9).

Objektivna merila za diagnozo poobremenitvenega utesnitvenega sindroma goleni je postavil Pedowitz po študiji tlaka znotraj lože pri 131 bolnikih s prisotno kronično poobremenitveno bolečino v goleni (20).



Slika 2. Shematični prikaz meritev tkivnega tlaka. A – merilni sistem na tekočinski osnovi, B – merilni sistem na elektronski osnovi.

Za postavitev diagnoze mora biti izpolnjeno eno od naslednjih meril:

- tlak znotraj lože pred naporom  $\geq 15$  mm Hg;
- tlak znotraj lože 1 min po naporu  $\geq 30$  mm Hg;
- tlak znotraj lože 5 min po naporu  $\geq 20$  mm Hg.

Pri merjenju tlaka znotraj lože je treba vedeti, da lahko vrednosti nihajo glede na položaj kolena in gležnja. Zato se priporoča merjenje tlaka v naprej dogovorjenih položajih omenjenih sklepov. Stopalo naj bo  $20^\circ$  v plantarni fleksiji, koleno pa  $10\text{--}30^\circ$  v fleksiji (2, 22). Čeprav meritve tlaka predstavljajo dokaj varno in zanesljivo metodo, je le-ta še vedno invazivna. V eni izmed magnetnoresonančnih študij je Verleisdonk s statistično značilnostjo dokazal obteženo signalno intenzivnost T2 v prednji loži bolnikov s kroničnim poobremenitvenim utesnitvenim sindromom. Učinek je po fasciotomiji izginil (23). Čeprav je za diagnozo kroničnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma potrebno še veliko študij za določitev praznih vrednosti, bi lahko magnetna resonanca predstavljala neinvazivno možnost za ugotavljanje povišanih vrednosti tkivnega tlaka (2).

## DIFERENCIALNA DIAGNOZA

Diferencialna diagnoza bolečine v nogi zajema različno patologijo. Med najpogostejšimi so:

- globoka venska tromboza,
- akutni poobremenitveni utesnitveni sindrom,
- MTSS,
- stresni zlomi golenice in mečnice,
- poškodbe mišične ovojnice,
- periferna žilna bolezen in
- ledvena utesnitev medvretenčne ploščice.

V študiji, ki je zajela 150 bolnikov, ki se jim je bolečina v goleni pojavila ob naporu, so ugotovili naslednjo porazdelitev: 33 % je bilo diagnosticiranih kot kronični poobremenitveni utesnitveni sindrom, 25 % kot stresni zlomi, 14 % kot nateg mišice, 13 % MTSS in 10 % kot nevropatije (24). Akutni poobremenitveni utesnitveni sindrom se pojavlja sorazmerno redko in ob nepravočasnem zdravlje-

nju lahko predstavlja hujše posledice za posameznika (17). Opisanih je veliko primerov, kjer se pri znanem kroničnem poobremenitvenem utesnitvenem sindromu razvije akutna oblika (25). Zato je pomembno poznavanje posameznih kliničnih slik bolezenskih stanj, kajti pravočasna postavitev diagnoze narekuje ustrezno zdravljenje in s tem izogibe hujšim posledicam.

## ZDRAVLJENJE

Pri obravnavi kroničnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma je treba preveriti vse dejavnike, ki bi lahko bili povezani z njegovim nastankom. Po potrebi prilagodimo obuvanje, delovno površino, intenzivnost treninga in vrsto športa (26). Pri bolnikih, pri katerih tek predstavlja sredstvo za ohranjanje zmogljivosti, lahko nudi dobro izbiro kolesarjenje z manjšo možnostjo za povečanje tkivnega tlaka (2). Micheli je preiskoval različne načine konzervativnega zdravljenja, od počitka in uporabe ledu do električne stimulacije in raztezanja, ter zaključil, da je bil učinkovit le počitek (27). Možna nevarnost pri konzervativnem zdravljenju lahko predstavlja razvoj akutnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma (1).

Kot najučinkovitejša in v primeru akutnega poobremenitvenega utesnitvenega sindroma edina učinkovita metoda zdravljenja se izkaže kirurška tehnika. Pri fasciotomiji s prerezom mišičnih ovojnic sprostimo napetost oziroma tlak v notranjosti mišične lože in omogočimo ponovno vzpostavitev normalne prekrvitve v prizadetih tkivih. Mnenja, kje postaviti mejno vrednost za fasciotomijo, so deljena. Normalne vrednosti tkivnega tlaka znašajo  $0\text{--}15$  mm Hg. Vrednosti, pri katerih se odločimo za fasciotomijo, znašajo  $30\text{--}45$  mm Hg (7). Nekateri pri odločanju o fasciotomiji upoštevajo vrednosti sistemskega krvnega tlaka (28). Primer so vrednosti perfuzijskega tlaka ( $\Delta p$ ), tj. razlika med srednjim arterijskim tlakom in tlakom znotraj lože, ki znašajo manj kot 40 mm Hg ter predstavljajo indikacijo za fasciotomijo (17, 19). Fasciotomijo mora napraviti izkušen kirurg. Opisanih je veliko kirurških tehnik, vendar imajo vse enak namen: razcepiti mišično ovojnico in povečati prizadeto ložo. Mubarak

in Owen sta opisala fasciotomijo za prednjo in stransko mišično ložo preko enojnega anterolateralnega vreza (lat. *incisio*) (29). Dva centimetra nad mečnico spredaj napravimo 10 cm dolg vzdolžen rez. Ko si prikažemo medmišični septum, zarezemo mišično ovojnico prednje lože na polovici med septumom in grebenom golenice. Za podaljšanje odprtine v mišični ovojnici navzgor in navzdol uporabimo dolge tope reze. Nato napravimo vzdolžen rez v mišični ovojnici stranske lože. Potrebna je previdnost, da pri tem ne poškodujemo živca *peroneus superficialis*, ko ta izstopa iz stranske lože v področju spoja med spodnjo in srednjo tretjino noge. Zaradi tega Rorabeck utemeljuje fasciotomijo prednje in stranske golenske lože preko proksimalnega in distalnega 4 cm dolgega vreza, ki sta ločena s 15 cm dolgim kožnim mostom (30). Pri tem moramo odkriti in zavarovati živec *peroneus superficialis* na mestu, kjer prodira skozi globoko mišično ovojnico. Prav tako lahko s tehniko enojnega ali dvojnega vreza sprostimo zadnji golenski loži (2). Opisana je tudi tehnika za sprostitev vseh petih lož goleni z enojnim vrezom (8). Za sprostitev prednje in stranske lože uspešno uporabljajo tudi endoskopske tehnike, za katere so dokazali, da so varne in učinkovite (31). Čeprav fasciotomija predstavlja zdravljenje izbora, kljub temu nosi določeno tveganje. Zapleti se pojavljajo v 4,5–13 % (2, 12). Najpogostejše so okužbe, okvare žil in živcev, krvavitev, ukleščenje živca, oblikovanje seroma, globoka venska tromboza, limfokela in ponovitev simptomov (12). Pomemben del uspešnega zdravljenja predstavlja tudi rehabilitacija po operaciji. Bolnika je treba vzpodbuditi k čim hitrejši mobilizaciji, običajno drugi pooperativni dan z uporabo bergel (1). Zaradi neaktivnosti mišic se lahko mišične ovojnice zarastejo v prvotnem položaju. Le-to ob nepo-

polno opravljeni fasciotomiji predstavlja enega izmed razlogov za neuspešen izid zdravljenja (11). Že 2–3 tedne po operaciji je dovoljen rahel tek in drugi načini srčno-žilnega treninga. Popolna obremenitev in vrnitev k prvotni športni dejavnosti je možna 6–8 tednov po operaciji (12).

V preteklosti so bolnikom s prednjim poobremenitvenim utesnitvenim sindromom običajno naredili fasciotomijo tako prednje kot stranske lože. Pred leti je bilo dokazano, da ob samostojno prizadeti prednji loži hkratna sprostitev obeh ni potrebna, saj samo podaljšuje rehabilitacijo za približno tri tedne (32).

## ZAKLJUČEK

Kronični poobremenitveni utesnitveni sindrom se večinoma pojavlja v goleni pri športnikih, pri katerih tek predstavlja večino napora. Etiologija in patofiziologija sindroma ostajata večinoma nepojasneni. Verjetno ima pri njegovem nastanku pomembno vlogo ishemija prizadetih mišic. Diagnosticiramo ga na podlagi anamneze, kliničnega statusa, radioloških preiskav (rentgen, magnetna resonanca, posnetek kosti s tehnecijevim pirofosfatom), ultrazvočnih metod, predvsem pa z meritvami tkivnega tlaka v prizadeti mišični loži. Vedno pomembnejše je neinvazivno postavljanje diagnoze s pomočjo magnetne resonance, vendar je potrebnih še več študij za dokaz njene uporabnosti. Kirurško zdravljenje je edina in logična metoda za zdravljenje sindroma. Fasciotomija mora opraviti izkušen kirurg. Na voljo je več tehnik operacije, vse pa težijo k istemu cilju: razcepiti mišično ovojnico in povečati oziroma razbremeniti prizadeto ložo. Pri bolnikih, kjer je bila operacija pravilno utemeljena in izpeljana ter uspešno vodena fizioterapija, lahko pričakujemo uspešnost zdravljenja tudi do 100 %.

## LITERATURA

1. Verleisdonk EJ. The exertional compartment syndrome: a review of the literature. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2002; (4) 5: 626–31.
2. Bong MR, Polatsch DB, Jazrawi LM, et al. Chronic exertional compartment syndrome: diagnosis and management. *Bull Hosp Jt Dis.* 2005; 62 (3–4): 77–84.
3. Reneman RS. The anterior and the lateral compartment syndrome of the leg due to intensive use of muscles. *Clin Orthop Relat Res.* 1975; 113: 69–80.

4. Styf J, Lysell E. Chronic compartment syndrome in the erector spinae muscle. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987; 12 (7): 680-2.
5. Söderberg TA. Bilateral chronic compartment syndrome in the forearm and the hand. *J Bone Joint Surg Br*. 1996; 78 (5): 780-2.
6. Raether PM, Lutter LD. Recurrent compartment syndrome in the posterior thigh: report of a case. *Am J Sports Med*. 1982; 10 (1): 40-3.
7. Richard P. Compartment Syndrome: Extremity. *Emedicine* [internet]. 2002 [citirano 2010 Jan 31]. Dosegljivo na: <http://emedicine.medscape.com/article/828456-overview>
8. Davey JR, Rorabeck CH, Fowler PJ. The tibialis posterior muscle compartment: an unrecognized cause of exertional compartment syndrome. *Am J Sports Med*. 1984; 12 (5): 391-7.
9. Edmondsson D, Toolanen G, Sojka P. Chronic compartment syndrome also affects nonathletic subjects: a prospective study of 63 cases with exercise-induced lower leg pain. *Acta Orthop*. 2007; 78 (1): 136-42.
10. Rajesh KR. Compartment Syndrome: Orthoteers [internet]. 2000 [citirano 2010 Jan 31]. Dosegljivo na: [http://www.orthoteers.org/\(S\(e0p4imiop0eijeup241tc45\)\)/mainpage.aspx?section=27&article=315](http://www.orthoteers.org/(S(e0p4imiop0eijeup241tc45))/mainpage.aspx?section=27&article=315)
11. Patel RV, Haddad FS. Compartment syndromes. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2005; 66 (10): 583-6.
12. Farr D, Selesnick H. Chronic exertional compartment syndrome in a collegiate soccer player: a case report and literature review. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2008; 37 (7): 374-7.
13. Miozzari HH, Gerard R, Stern R, et al. Acute, exertional medial compartment syndrome of the foot in a high-level athlete: a case report. *Am J Sports Med*. 2008; 36 (5): 983-6.
14. Tubb CC, Vermillion D. Chronic exertional compartment syndrome after minor injury to the lower extremity. *Mil Med*. 2001; 166 (4): 366-8.
15. Amendola A, Rorabeck CH, Vellett D, et al. The use of magnetic resonance imaging in exertional compartment syndromes. *Am J Sports Med*. 1990; 18 (1): 29-34.
16. Balduini FC, Shenton DW, O'Connor KH, et al. Chronic exertional compartment syndrome: correlation of compartment pressure and muscle ischemia utilizing 31P-NMR spectroscopy. *Clin Sports Med*. 1993; 12 (1): 151-65.
17. Stollsteimer GT, Shelton WR. Acute atraumatic compartment syndrome in an athlete: a case report. *J Athl Train*. 1997; 32 (3): 248-50.
18. Mubarak SJ, Hargens AR, Owen CA, et al. The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. A new research and clinical tool. *J Bone Joint Surg Am*. 1976; 58 (7): 1016-20.
19. Rorabeck CH, Castle GS, Hardie R, et al. Compartmental pressure measurements: an experimental investigation using the slit catheter. *J Trauma*. 1981; 21 (6): 446-9.
20. Pedowitz RA, Hargens AR, Mubarak SJ, et al. Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg. *Am J Sports Med*. 1990; 18 (1): 35-40.
21. Mollica MB, Duyshart SC. Analysis of pre- and postexercise compartment pressures in the medial compartment of the foot. *Am J Sports Med*. 2002; 30 (2): 268-71.
22. Tsintzas D, Ghosh S, Maffulli N, et al. The effect of ankle position on intracompartmental pressures of the leg. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2009; 43 (1): 42-8.
23. Verleisdonk EJ, van Gils A, van der Werken C. The diagnostic value of MRI scans for the diagnosis of chronic exertional compartment syndrome of the lower leg. *Skeletal Radiol*. 2001; 30 (6): 321-5.
24. Clanton TO, Solcher BW. Chronic leg pain in the athlete. *Clin Sports Med*. 1994; 13 (4): 743-59.
25. Adesina OO, Beall DP, Madden GW, et al. Leg pain in a young soccer player: the diagnosis of acute exertional compartment syndrome. *J Okla State Med Assoc*. 2009; 102 (3): 82-4.
26. Graff C. Compartment Syndrome: Running Online [internet]. 1999 [citirano 2010 Jan 31]. Dosegljivo na: <http://www.runningonline.com/zine/Injuries/17.sht>
27. Micheli LJ, Solomon R, Solomon J, et al. Surgical treatment for chronic lower-leg compartment syndrome in young female athletes. *Am J Sports Med*. 1999; 27 (2): 197-201.
28. Anderson KD. Missed diagnosis of acute exertional compartment syndrome, occurring after a short run. *Am J Emerg Med*. 2005; 23 (2): 215-6.
29. Mubarak SJ, Owen CA. Double-incision fasciotomy of the leg for decompression in compartment syndromes. *J Bone Joint Surg Am*. 1977; 59 (2): 184-7.
30. Rorabeck CH, Bourne RB, Fowler PJ. The surgical treatment of exertional compartment syndrome in athletes. *J Bone Joint Surg Am*. 1983; 65 (9): 1245-51.
31. Leversedge FJ, Casey PJ, Seiler JG 3rd, et al. Endoscopically assisted fasciotomy: description of technique and in vitro assessment of lower-leg compartment decompression. *Am J Sports Med*. 2002; 30 (2): 272-8.
32. Schepisis AA, Gill SS, Foster TA. Fasciotomy for exertional anterior compartment syndrome: is lateral compartment release necessary? *Am J Sports Med*. 1999; 27 (4): 430-5.