

e-ISSN: 2345-0592

Online issue

Indexed in *Index Copernicus*

Medical Sciences

Official website:
www.medicosciences.com



Acute shine compartment syndrome: epidemiology, etiology, pathophysiology, anatomy, diagnostics, treatment, complications and outputs: literature review

Vytautas Matiulevič¹

¹Vilnius University, Faculty of Medicine, Vilnius, Lithuania,

Abstract

Background. Compartment syndrome is an acute condition that requires urgent care. Patients with traumatic leg injuries need to be considerably monitored since complications associated with late diagnosis and treatment lead to irreversible consequences.

Aim of the study. Summarize the latest studies and provide information on the relevance, clinical signs, diagnostic and treatment features of compartment syndrome.

Materials and methods. The review of the literature was conducted using the PubMed, ScienceDirect, and ClinicalKey databases. The literature research was conducted using predetermined keywords: acute compartment syndrome, fasciotomy, diagnosis and treatment of compartment syndrome, acute extremity compartment syndrome. Exclusion criteria were applied to articles related to crush syndrome. More than 20 publications were analyzed.

Results. Most of the clinical signs of compartment syndrome are nonspecific. Fasciotomy should be performed after suspicion of compartment syndrome and measuring the differential pressure < 30 mm Hg.

Conclusions. The most common cause of calf compartment syndrome is tibial fractures. Patient complaints are nonspecific. Pain, non-manageable with NSAIDs, and muscle tension are usually present. Diagnosis is based on patient complaints, physical examination, and measurement of differential pressure. Fasciotomy is recommended when the differential pressure is < 30 mm Hg. This is the only effective treatment for compartment syndrome. There are 2 calf fasciotomy techniques: single incision and two incisions. The surgeon chooses the technique based on his experience and the condition of the patient as the results are similar. Untreated, patients develop soft tissue necrosis, resulting in muscle weakness, pain, nerve damage, cosmetic defects, and venous insufficiency.

Keywords: acute compartment syndrome, fasciotomy, diagnosis, treatment.

Ūminio blauzdos raumenų guolio (compartment) sindromo epidemiologija, etiologija, patofiziologija, anatomija, diagnostika, gydymas, komplikacijos ir išeitys: literatūros apžvalga

Vytautas Matiulevič¹

¹Vilniaus universiteto Medicinos fakultetas, Vilnius, Lietuva,

Santrauka

Įvadas. Blauzdos raumenų guolio (*compartment*) sindromas yra ūminė, skubios pagalbos reikalaujanti būklė. Pacientus, patyrusius trauminius blauzdos sužalojimus, būtina stebėti ir laiku įtarti *compartment* sindromą, nes komplikacijos, susijusios su pavėluotu diagnozavimu ir gydymu, turi negrįžtamų pasekmių.

Tikslas. Remiantis naujausia mokslinė literatūra, apibendrinti ir pateikti informaciją apie ūminio blauzdos raumenų guolio sindromo aktualumą, klinikinius požymius, diagnostikos bei gydymo ypatumus.

Metodai. Literatūros apžvalga buvo atlikta naudojant PubMed, ScienceDirect ir ClinicalKey duomenų bazes. Analizuoti moksliniai straipsniai pagal raktinius žodžius ir jų kombinacijas: ūminis raumenų guolio sindromas, fasciotomija, ūminio raumenų guolio sindromo diagnostika ir gydymas, ūminis galūnių raumenų guolio sindromas. Atmetimo kriterijus buvo taikomas straipsniams susijusiems su "crush" sindromu. Išnagrinėta daugiau nei 20 publikacijų.

Rezultatai. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad dauguma klinikinių raumenų guolio sindromo požymių yra nespecifiniai. Įtarus blauzdos ūminio raumenų guolio sindromą, būtina išmatuoti diferencinį slėgį ΔP raumenų guolyje. Nustačius $\Delta P < 30$ mm Hg ir esant klinikiniams požymiams būtina kuo skubiau atlikti fasciotomiją.

Išvados. Dažniausia priežastis, dėl kurios išsivysto blauzdos raumenų guolio sindromas – blauzdikaulio lūžiai. Pacientų skundai yra nespecifiniai ir dažniausiai pasireiškia analgetikais nenumalšinamu skausmu ir raumenų tempimu. Diagnostika remiasi paciento skundais, fiziniu ištyrimu ir galūnės diferencinio slėgio matavimu. Nustačius diferencinį slėgį < 30 mm Hg, rekomenduojama atlikti fasciotomiją. Tai vienintelis efektyvus raumenų guolio sindromo gydymas. Taikomos 2 blauzdos fasciotomijų technikos: vieno pjūvio ir dviejų pjūvių. Operuojantis gydytojas pasirenka techniką pagal savo patirtį ir paciento būklę, nes rezultatai yra panašūs. Negydant šios būklės pacientams išsivysto minkštųjų audinių nekrozė, dėl ko atsiranda raumenų silpnumas, skausmas, nervų pažeidimas, kosmetiniai defektai ir venų nepakankamumas.

Raktažodžiai: ūminis raumenų guolio sindromas, fasciotomija, diagnostika, gydymas.

Įvadas

Kiekvienas gydytojas yra girdėjęs apie raumenų guolio (*compartment*) sindromą, nes tai yra ūminė būklė, reikalaujanti skubaus gydymo. *Compartment* sindromas pirmą kartą aprašytas prieš 130 metų ir yra žinomas visiems ortopedams-traumatologams, tačiau diagnostika yra komplikauta ir neturi visuotinai priimtų kriterijų, todėl diagnozės pagrindimas ir gydymo taktika priklauso nuo kiekvieno gydytojo, tad akivaizdu, kad sindromo aktualumas išlieka ir net didėja. Ūminis raumenų guolio sindromas – tai sutrikimas, kai dėl padidėjusio audinių slėgio uždaroje anatomicinėje erdvėje (raumenų guolyje) sutrinka joje esančių audinių kraujotaka, dėl ko sutrinka nervų ir raumenų funkcija ir vystosi minkštųjų audinių išemija ir nekrozė [1, 2]. *Compartment* sindromą gali sukelti skirtingi veiksniai, tačiau pagrindinė sindromo atsiradimo priežastis yra kaulų lūžiai [3]. Įvykus trauminiam sužalojimui kraujas patenka į raumenų guolį, todėl jame padidėja spaudimas. Kadangi raumenų fascija – neelastinis audinys, besikaupiant skysčiui raumenų guolyje didėja spaudimas ir sutrinka minkštųjų audinių mikrocirkuliacija, todėl vystosi išemija ir nekrozė [4]. Diagnozė nustatoma atsižvelgiant į klinikinius požymius, kurie dažniausiai būna nespecifiniai ir slėgio matavimu raumenų guolyje. Vienintelis veiksmingas *compartment* sindromo gydymas yra kuo skubesnė fasciotomija per visą raumens guolio ilgį. Taip sumažinamas slėgis raumenų guolyje ir sudaromos sąlygos normaliai audinių perfuzijai vykti [5].

Epidemiologija

Tikslus raumenų guolio sindromo paplitimas nėra žinomas. Tai susiję su komplikauta diagnostika ir gydymo gairių trūkumu. Lūžiai yra dažniausia *compartment* sindromo išsivystymo priežastis, kuri sudaro net iki 69% visų atvejų.

Blauzdikaulio lūžiai sudaro apie 12% visų raumenų guolio sindromo atvejų [6]. Būklė reikalauja skubios chirurginės intervencijos, nes atidėtas gydymas gali sukelti negrįžtamų pokyčių galūnėje. Negydant šios būklės, pacientams gali išsivystyti galūnių funkcijos sutrikimas dėl raumenų ir nervų pažeidimo, galūnių praradimas ir retais atvejais mirtis [7].

Etiologija

Compartment sindromas gali išsivystyti dėl padidėjusio arba sumažėjusio raumenų guolio turinio. Raumenų guolio turinys gali padidėti dėl kraujosruvos (minkštųjų audinių trauma, lūžiai, raumenų plyšimas, krešėjimo sutrikimai), edemos arba skysčio susikaupimo. Tuo tarpu sumažėti dėl išorinio spaudimo arba veržiančio gipso. Dažniausia priežastis, dėl kurios išsivysto apatinių galūnių raumenų guolio sindromas – blauzdikaulio lūžiai. *Compartment* sindromo išsivystymo rizika priklauso nuo kelių aspektų:

1. Amžiaus – didžiausią riziką raumenų guolio sindromo išsivystymui turi vyrai iki 29 metų;
2. Lūžio pobūdžio – didžiausią riziką raumenų guolio sindromo išsivystymui kelia segmentiniai blauzdikaulio lūžiai, medialinio kelio lūžiai su disklokacija ir bikondiliniai blauzdikaulio plokščiakalnio lūžiai.
3. Sužalojimo mechanizmo – didžiausią riziką raumenų guolio sindromo išsivystymui turi amerikietiško ir klasikinio futbolo žaidėjai, blauzdikaulio sužalojimai, patirti traumos metu ir proksimalinės dalies blauzdikaulio arba šėivikaulio balistinius sužalojimus patyrę asmenys [1, 8].

Patofiziologija

Sindromo išsivystymo patofiziologinis mechanizmas yra ganėtinai platus ir sudėtingas. Padidėjus spaudimui raumenų guolyje >10 mm Hg,

padidėja spaudimas veniniuose kapiliaruose ir sumažėja perfuzija, todėl raumenų guolyje vystosi veninė hipertenzija. Arterinis kraujas į raumenų guolį patenka, tačiau dėl veninės hipertenzijos ištekėti negali. Dėl slėgių skirtumo ir veninės stazės kraujo plazma difunduoja iš kapiliarų į tarpląstelinį skystį, todėl slėgis raumenų guolyje padidėja dar labiau. Sumažėjus perfuzijai prasideda miocitų irimas ir jų baltymai skyla į osmotiškai aktyvias daleles. Padidėjus osmosinių dalelių skaičiui raumenų guolyje vandens molekulės pagal osmozės gradientą (iš mažesnės koncentracijos į didesnę) difunduoja iš arterinio kraujo į tarpląstelinį tarpą. Šios priežastys sutrikdo normalią medžiagų apykaitą ir laikui bėgant ląstelėse vystosi hipoksija ir nekrozė. Nustatyta, kad audinių nekrozė prasideda kai slėgis raumenų guolyje padidėja >30 mm Hg, išeminis ląstelių pažeidimas įvyksta po 4 valandų, o nekrozė nuo 4 iki 8 valandų [6, 9, 10].

Anatomija

Blauzdą sudaro 4 raumenų guoliai: priekinis, šoninis, užpakalinis paviršinis ir užpakalinis gilusis [11]. Į priekinio raumenų guolio sudėtį įeiną: *musculus tibialis anterior*, *m. extensor digitorum longus*, *m. extensor hallucis longus*, *m. peroneus tertius*, *nervus peroneus profundus* ir *arteria et vena tibialis anterior*. Šoninį raumenų guolį sudaro *m. peroneus longus*, *m. peroneus brevis* ir *n. peroneus superficialis*. Užpakalinį paviršinį raumenų guolį sudaro *m. soleus*, *m. gastrocnemius*, *m. plantaris* ir *n. suralis*. Užpakalinį gilųjį raumenų guolį sudaro *m. flexor digitorum longus*, *m. tibialis posterior*, *m. flexor hallucis longus*, *m. popliteus*, *a. et v. tibialis posterior*, *n. tibialis posterior* ir *a. et v. fibularis* [2, 7, 11, 12]. Svarbu gerai mokėti anatomiją ir įsivaizduoti raumenų guolyje esančių audinių topografiją, nes atliekant fasciotomiją per visą raumenų ilgį galima pažeisti kraujagysles ir

nervus, dėl ko pacientui gali sutrikti galūnės funkcija.

Diagnostika

Raumenų guolio sindromas buvo aprašytas prieš 130 metų, tačiau diagnostika vis tiek išlieka komplikauta. *Compartment* sindromo diagnostika visada yra prieštaringa ir pagrįsta klinikiniu paciento įvertinimu bei slėgio matavimu raumenų guolyje [13]. Pagrindiniai simptomai, leidžiantys įtarti raumenų guolio sindromą, yra:

- patinę ir įtempti raumenys;
- išeminio pobūdžio, neproporcingas esamam sužalojimui, stiprėjantis skausmas, nenumalšinamas tinkamai nuskausminus;
- raumenų silpnumas;
- pulso nebuvimas (kartais, esant pažengusiam *compartment* sindromui pulsas gali išlikti);
- galūnės blyškumas;
- sensorinis nervų, praeinančių per raumenų guolį inervacijos srityje, deficitas [1, 7, 12, 14-16].

Atliekant fizinį ištyrimą būtina įvertinti odos pažeidimą, spalvą ir galūnės motorinę funkciją. Svarbu palpuoti raumenų guolį ir vertinti raumenų tempimą bei sensorinę funkciją, atliekant dviejų takų diskriminacijos testą [17,18].

Raumenų guolio sindromas gali būti diagnozuojamas remiantis aptiktais klinikiniais požymiais ir slėgio matavimu raumenų guolyje. Diagnostika tampa apsunkinta, kai pacientas yra nesąmoningas ir negali išreikšti skundų. Įtarti besivystantį *compartment* sindromą sunku įvykus trauminiam sužalojimui, dėl kurio pacientas yra nuskausminamas regionine anestezija arba įvedamas epidūrinis nuskausminimo kateteris [9]. Visos šios priežastys užmaskuoja paciento jaučiamą

skausmą, sensorinį ir motorinį galūnės deficitą ir apsunkina diagnostiką.

Norint išvengti nereikalingų fasciotomijų ir tiksliai patvirtinti raumenų guolio sindromą, rekomenduojama išmatuoti diferencinį slėgį ΔP (ΔP = diastolinis kraujo spaudimas – absoliutus slėgis raumenų guolyje). Išmatavus $\Delta P < 30$ mm Hg, reikėtų skubiai atlikti fasciotomiją [7, 10, 12]. Anksčiau buvo matuojamas tik absoliutus slėgis raumenų guolyje, ir jeigu jis viršydavo 30 mm Hg ribą, buvo indikuotina atlikti fasciotomiją. Tačiau yra įrodymų, kad, matuojant absoliutų slėgį raumenų guolyje, galima suklysti diagnozuojant *compartment* sindromą ir be reikalo atlikti chirurginę intervenciją [9].

Gydymas

Blauzda yra dažniausia su lūžiais susijusi ūminio raumenų guolio sindromo vieta. Dažniausiai pažeidžiami priekinis ir šoninis raumenų guoliai, tačiau atlikti klinikiniai tyrimai įrodo, kad, nepriklausomai nuo pažeistų raumenų guolių skaičiaus, turi būti atlaisvinti visi galūnėje esantys guoliai [9].

Įtarus *compartment* sindromą, gydymas turi būti pradėtas nedelsiant. Kuo skubiau galūnė turi būti pakelta (taip pagerinama audinių perfuzija) ir atlaisvinta nuo spaudžiančių tvarsčių arba gipso, kad išoriniai faktoriai nedidintų spaudimo raumenų guolyje. Įtarus raumenų guolio sindromą ir išliekant neaiškiai klinicinei diagnozei, norint sumažinti sergamumą ir komplikacijų dažnį, rekomenduojama atlikti profilaktinę fasciotomiją [13]. Aprašytos 2 operacinės blauzdos raumenų guolio sindromo gydymo technikos: vieno pjūvio (parafibuliarinė arba lateralinė) ir dviejų pjūvių (medialinė ir anterolateralinė). Gydymo rezultatai yra panašūs, todėl technikos pasirinkimas priklauso nuo operuojančio gydytojo patirties ir paciento būklės [12, 18].

Dviejų pjūvių technika

Medialinis pjūvis – šiuo pjūviu atveriami užpakalinis paviršinis ir gilusis raumenų guoliai. Pjūvis daromas 1–2 cm už blauzdikaulio posteromedialinio krašto. Padarius pjūvį per žemai, galima pažeisti stambias *a. tibialis posterior* šakas [19, 20].

Anterolateralinis pjūvis – šiuo pjūviu atveriami priekinis ir šoninis raumenų guoliai. Pjūvis daromas 2–3 cm į šoną nuo blauzdikaulio keteros. Padarius pjūvį, žaizdos kraštai patraukiami į priekį ir atgal atitinkamai, atskleidžiant priekinio ir šoninio guolio fascijas. Prieš atpalaiduojant šoninio guolio fasciją, reikia identifikuoti *n. peroneus superficialis* ir įsitikinti, kad jis nebus pažeistas.

Vieno pjūvio technika

Parafibuliarinis pjūvis – pjūvis daromas nuo šėvikaulio kaklo ir šėvikaulio kulkšnies. Priekinis ir šoninis raumenų guoliai atlaisvinami kaip ir prie dviejų pjūvių anterolateralinės fasciotomijos. Užpakalinis žaizdos kraštas patraukiamas atgal ir lengvai atidalinamas užpakalinis paviršinis raumenų guolis, o vėliau ir užpakalinis gilusis [5, 7, 9, 19-21].

Atlikus chirurginę raumenų guolių dekompresiją, žaizdos negalima siūti. Įvairių autorių duomenimis, atvirą žaizdą reikia uždengti drėgnais tvarsčiais arba taikyti neigiamo slėgio žaizdų terapiją (NPWT). NPWT pašalina perteklinį skysti raumenų guolyje, sumažina slėgį ir edemą, pagerina vietinę kraujotaką ir žaizdų gijimą. Žaizdos debridementas atliekamas praėjus 2–3 paroms po fasciotomijos, o galutinis žaizdos uždarymas – po 4–5 parų [1, 9].

Tikimės, kad tobulėjant diagnostikos technologijoms greitai galėsime nustatyti diagnozę anksčiau ir taip sudaryti galimybę išbandyti gydymą nechirurginiais ar mažiau invaziniais metodais. Ateityje, apatinių galūnių raumenų guolio sindromo gydymą gali papildyti: protarpinė slėgio pompa

(sumažina audinių patinimą, edemą ir spaudimą raumenų guolyje); audinių ultrafiltracija (pašalina intersticinį skystį); hiperbarinis deguonis (skatinanta ląstelių aerobinį kvėpavimą), vaistai, sulaikantys laisvuosius radikalus (sumažina audinių pažeidimo mastą); vaistai, stabilizuojantys ląstelių membranas (apriboja ląstelių žūtį) [16].

Komplikacijos ir išeitys

Komplikacijos susijusios ne tik su sindromo patofiziologija ir jos mechanizmų sukeltais minkštųjų audinių pažeidimais, bet ir su operacija. Pacientams po *compartment* sindromo dažniausiai atsiranda raumenų silpnumas, nervų pažeidimas, skausmas, infekcija, kosmetinės problemos ir lėtinis venų nepakankamumas. Svarbu paminėti ir tai, kad prie komplikacijų priskiriamas ir poreikis atlikti pakartotinę operaciją dėl atidėto žaizdos uždarymo ir odos persodinimo [12, 22].

Daugelyje straipsnių dokumentuojamas ankstyvosios fasciotomijos privalumas lyginant su vėlyvąja. Atlikus fasciotomiją iki 12 h nuo pirmųjų simptomų pradžios, 68% pacientų grįžta prie normalaus funkcionavimo. Praėjus 12 h nuo pirmųjų simptomų atsiradimo, prie normalaus funkcionavimo grįžta tik 8% pacientų. Taip pat nustatyta, kad pacientams, kuriems buvo atlikta vėlyva fasciotomija, komplikacijų dažnis padidėjo 10 kartų (nuo 4,5% iki 54%) [22, 23]. Viena iš tyrimų buvo nustatyta, kad sužeistiems kareiviams dėl atidėtos fasciotomijos mirtingumas padidėjo trigubai o amputacijų dažnis du kartus [24].

Išvados

1. Raumenų guolio sindromas – ūminė būklė, kuri reikalauja skubios diagnostikos ir gydymo.

2. *Compartment* sindromas dažniausiai išsivysto dėl trauminių galūnių sužalojimų, o ypač – lūžių.

3. Diagnostika remiasi nespecifiniais paciento skundais, klinikiniais požymiais ir diferencinio slėgio matavimu pažeistoje galūnėje.

4. Vienintelis efektyvus raumenų guolio sindromo gydymas yra kuo skubesnė fasciotomija.

5. Naudojamos 2 blauzdos raumenų guolių atlaisvinimo technikos, kurios pasižymi vienodu efektyvumu.

6. Pagrindinis faktorius, nuo kurio priklauso atokūs gydymo rezultatai – laikas. Trumpesnis laikas nuo pirmųjų simptomų atsiradimo iki fasciotomijos susijęs su geresniais gydymo rezultatais.

Literatūra

1. Andrew H. Schmidt. 'Acute Compartment Syndrome'. *Injury, Complications of intramedullary nailing - Evolution of treatment*, 48 (1 June 2017): S22–25. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.04.024>.

2. Torlincasi AM, Lopez RA, Waseem M. Acute Compartment Syndrome. 2021 Jul 19. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan–. PMID: 28846257.

3. McQueen, M. M., P. Gaston, and C. M. Court-Brown. 'Acute Compartment Syndrome. Who Is at Risk?' *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume* 82, no. 2 (March 2000): 200–203. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.82b2.9799>.

4. Frederick A. III Matsen. 'Compartmental Syndromes: An Unified Concept'. *Clinical Orthopaedics and Related Research*® 113 (December 1975): 8–14.

5. Mubarak, S. J., C. A. Owen, L. P. Garetto, and W. H. Akeson. 'Acute Compartment

Syndromes: Diagnosis and Treatment with the Aid of the Wick Catheter'. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume* 60, no. 8 (December 1978): 1091–95.

6. Walls, Michael H. 'Compartment Syndrome: An Orthopedic Emergency'. *Journal of Emergency Nursing* 43, no. 4 (1 July 2017): 303–7. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2016.11.004>.

7. Long, Brit, Alex Koyfman, and Michael Gottlieb. 'Evaluation and Management of Acute Compartment Syndrome in the Emergency Department'. *The Journal of Emergency Medicine* 56, no. 4 (1 April 2019): 386–97. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2018.12.021>.

8. Mortensen SJ, Orman S, Serino J, Mohamadi A, Nazarian A, von Keudell A. Factors Associated with Development of Traumatic Acute Compartment Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Bone Jt Surg.* 2021 May;9(3):263-271. doi: 10.22038/abjs.2020.46684.2284. PMID: 34239953; PMCID: PMC8221439.

9. Keudell, Arvind G. von, Michael J. Weaver, Paul T. Appleton, Donald S. Bae, George S. M. Dyer, Marilyn Heng, Jesse B. Jupiter, and Mark S. Vrahas. 'Diagnosis and Treatment of Acute Extremity Compartment Syndrome'. *Lancet (London, England)* 386, no. 10000 (26 September 2015): 1299–1310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00277-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00277-9).

10. Hansen EL, Pedersen L, Lindberg-Larsen M. [Acute compartment syndrome]. *Ugeskr Laeger.* 2021 Jul 5;183(27):V11200817. Danish. PMID: 34219642.

11. Frink, Michael, Frank Hildebrand, Christian Krettek, Jurgen Brand, and Stefan Hankemeier. 'Compartment Syndrome of the Lower Leg and Foot'. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 468, no. 4 (April 2010): 940–50. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-0891-x>.

12. Kiel J, Kaiser K. Tibial Anterior Compartment Syndrome. [Updated 2021 Jul 25]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK518970/>

13. Guo J, Yin Y, Jin L, Zhang R, Hou Z, Zhang Y. Acute compartment syndrome: Cause, diagnosis, and new viewpoint. *Medicine (Baltimore).* 2019 Jul;98(27):e16260. doi: 10.1097/MD.00000000000016260. PMID: 31277147; PMCID: PMC6635163.

14. Khan IA, Mahabadi N, D'Abarno A, et al. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Leg Lateral Compartment. [Updated 2021 Aug 11]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519526/>

15. Lezak B, Summers S. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Leg Anterior Compartment. [Updated 2021 Aug 11]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539725/>

16. McMillan TE, Gardner WT, Schmidt AH, Johnstone AJ. Diagnosing acute compartment syndrome-where have we got to? *Int Orthop.* 2019 Nov;43(11):2429-2435. doi: 10.1007/s00264-019-04386-y. Epub 2019 Aug 29. PMID: 31468110; PMCID: PMC6848051.

17. Broadhurst PK, Robinson LR. Compartment syndrome: Neuromuscular complications and electrodiagnosis. *Muscle Nerve.* 2020 Sep;62(3):300-308. doi: 10.1002/mus.26807. Epub 2020 Jan 22. PMID: 31944307.

18. Santistevan JR. Acute Limb Ischemia: An Emergency Medicine Approach. *Emerg Med Clin North Am.* 2017 Nov;35(4):889-909. doi: 10.1016/j.emc.2017.07.006. Epub 2017 Aug 23. PMID: 28987435.

19. Ormiston RV, Marappaganeshan R. Fasciotomy. [Updated 2021 Jul 20]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556153/>
20. Bible, J.E., D.J. McClure, and H.R. Mir. 'Analysis of Single-Incision versus Dual-Incision Fasciotomy for Tibial Fractures with Acute Compartment Syndrome'. *Journal of Orthopaedic Trauma* 27, no. 11 (2013): 607–11. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318291f284>.
21. Mabvuure, Nigel Tapiwa, Marco Malahias, Sandip Hindocha, Wasim Khan, and Ali Juma. 'Acute Compartment Syndrome of the Limbs: Current Concepts and Management'. *The Open Orthopaedics Journal* 6 (30 November 2012): 535–43. <https://doi.org/10.2174/1874325001206010535>.
22. Kashuk, Jeffrey L., Ernest E. Moore, Sarah Pinski, Jeffrey L. Johnson, John B. Moore, Steven Morgan, Clay C. Cothren, and Wade Smith. 'Lower Extremity Compartment Syndrome in the Acute Care Surgery Paradigm: Safety Lessons Learned'. *Patient Safety in Surgery* 3, no. 1 (15 June 2009): 11. <https://doi.org/10.1186/1754-9493-3-11>.
23. Sheridan, G. W., and FA 3rd Matsen. 'Fasciotomy in the Treatment of the Acute Compartment Syndrome'. *JBJS* 58, no. 1 (January 1976): 112–15.
24. Ritenour AE, Dorlac WC, Fang R, Woods T, Jenkins DH, Flaherty SF, Wade CE, Holcomb JB. Complications after fasciotomy revision and delayed compartment release in combat patients. *J Trauma*. 2008 Feb;64(2 Suppl):S153-61; discussion S161-2. doi: 10.1097/TA.0b013e3181607750. PMID: 18376159.
25. Schneiderman BA, O'Toole RV. Compartment Syndrome in High-Energy Tibial Plateau Fractures. *Orthop Clin North Am*. 2022 Jan;53(1):43-50. doi: 10.1016/j.ocl.2021.09.001. Epub 2021 Oct 28. PMID: 34799021.