

Barbara Gradišek¹, Uroš Ahčan², Boštjan Sluga³, Dragica Maja Smrke⁴

Kompartiment sindrom

Compartment Syndrome

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: akutni kompartiment sindrom, kronični kompartiment sindrom, mišične lože, motnje prekrvitve, tlak, zdravljenje, fasciotomija

Kompartiment sindrom opredelimo kot moteno delovanje organov ali tkiv, ki je posledica zmanjšane dotoka krvi zaradi povišanega tlaka znotraj kompartimenta. V osnovi lahko kompartiment sindrome delimo na primarne in sekundarne ter akutne in kronične. Akutni imajo običajno dramatično klinično sliko, pri kateri je nujna hitra prepoznavna in pravočasno ukrepanje. Vzroki akutnega kompartiment sindroma so večinoma travmatološki, žilni, iatrogeni ali mehko tkivni, kronični pa se običajno pojavlja pri profesionalnih športnikih zaradi pretirane uporabe okončine. Glavna patofiziološka procesa sta nezadostna prekrvitev in oksigenacija tkiv/organov znotraj zaprtega prostora. Posledice, ki jih ima zvišan tlak na tkivo, so brez posredovanja ireverzibilne. Prepoznavna akutnega kompartiment sindroma je odvisna predvsem od velikega kliničnega suma. Najznačilnejša sta bolečina, ki se ne odziva na zadostno količino protibolečinskih zdravil, in bolečina ob pritisku na kompartiment ali ob pasivni raztegnitvi mišice. Diagnozo potrdimo z merjenjem tlakov znotraj kompartimenta. Dogovorjena meja za kirurško ukrepanje je tlak [DELTA] – razlika med diastoličnim krvnim tlakom in tlakom v kompartimentu, ki je nižji ali enak 30 mmHg. Cilj zdravljenja je znižanje tlaka v kompartimentu, povrnitev krvnega obtoka in minimalizacija poškodb tkiva in izgube funkcije. Če lahko, najprej uporabimo konservativne pristope, drugače je edina metoda izbora kirurška sprostitev kompartimentov s fasciotomijo. Pri bolnikih z visokim tveganjem jo lahko naredimo tudi preventivno, da nastanek zapletov preprečimo. Nezdravljen, zvišan tlak znotraj kompartimenta vodi v obsežno mišično poškodbo, katere posledice so mioglobinurija, ledvična odpoved, metabolna acidoza, hiperkalemija in na koncu nastanek kontraktur ali izguba okončine.

¹ Barbara Gradišek, dr. med., Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana; barbara.gradisek@gmail.com

² Prof. dr. Uroš Ahčan, dr. med., Klinični oddelek za plastično in rekonstruktivno kirurgijo, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana

³ Asist. dr. Boštjan Sluga, dr. med., Klinični oddelek za travmatologijo, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana

⁴ Prof. dr. Dragica Maja Smrke, dr. med., Klinični oddelek za kirurške okužbe, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana

ABSTRACT

KEY WORDS: acute compartment syndrome, chronic compartment syndrome, muscle compartments, inadequate tissue perfusion, pressure, therapy, fasciotomy

Compartment syndrome is a condition in which increased pressure within the confined space of a compartment impairs blood flow and causes organ or tissue dysfunction. Compartment syndrome can be primary or secondary, acute or chronic. If acute, it has an urgent clinical presentation which requires prompt surgical intervention. Common causes of acute compartment syndrome are trauma, vascular, iatrogenic or soft tissue causes, while the chronic compartment syndrome usually occurs in professional athletes due to excessive exercise. Two main pathophysiologic mechanisms are inadequate tissue/organ perfusion and oxygenation inside a confined space. Without proper intervention, the tissue damage caused by increased pressure is irreversible. A high index of suspicion is required to make the diagnosis. The most important clues are disproportionate pain that is unresponsive to analgesics and pain caused by passive movement of an extremity. The diagnosis is confirmed with intracompartmental pressure measurement. Pressure, equal or lower than 30 mmHg [DELTA] (diastolic blood pressure – compartment pressure), requires surgical intervention. The goal of the treatment is to decrease tissue pressure, restore blood flow as well as minimize tissue damage and functional loss. If possible, conservative approaches can be used; otherwise, the only treatment is surgical fasciotomy. In high risk patients, fasciotomy can also be preventive. Untreated increased intracompartmental pressure leads to massive muscle damage resulting in metabolic acidosis, myoglobinuria, renal failure, hyperkalemia and contracture formation or loss of limb.

UVOD

Kompartiment sindrom (KS) opredelimo kot moteno delovanje organov ali tkiv, ki je posledica zmanjšane dotoka krvi zaradi povišanega tlaka znotraj kompartimenta (mišične lože) (1). Nevarnosti zvišanega tlaka znotraj kompartimenta je opazoval že Hipokrat, natančneje pa je KS leta 1881 opisal Volkmann, ki je opazil, da pretesni povoji na podlahti zmanjšajo pretok krvi do mišic in povzročajo ishemično nekrozo, opisal je tudi kontrakturo, ki je pogosta posledica (2).

Kompartimenti s fiksiranimi stenami v človeškem telesu ločujejo in ščitijo vitalne organe. Njihove stene predstavljajo mišične ovojnice (fascije) in vezivno tkivo (mišični kompartimenti, osrčnik, visceralni organi z ovojnicami) ali pa kost in vezivno tkivo (možgani, hrbtenjača, očesna votlina). Vezivno tkivo z visoko vsebnostjo kolage-

na je manj podajno kot koža in mišice ter zato določa prostornino kompartimenta (1). Stanja, kot so zvišan intrakranialni tlak, tenzijski pnevmotoraks, masivni hematotoraks in tamponada srca, imajo enake patofiziološke mehanizme nastanka, vendar pod pojmom KS večinoma obravnavamo poškodbe okončin in abdominalni, redko tudi torakalni KS (1).

ETIOLOGIJA

V osnovi lahko KS delimo na primarne – patološki proces ali poškodba znotraj kompartimenta – in sekundarne – patološki proces ali poškodba izven kompartimenta. Delimo jih tudi na akutne in kronične, pri čemer imajo akutni burno klinično sliko, ki zahteva urgentno ukrepanje, kronični pa pogosto ne potrebujejo nobenega zdravljenja (1, 2).

Glede na mesto delimo KS na (1):

- KS očesne votline, ki nastane po poškodbi očesne votline in predstavlja eno izmed nujnih stanj v oftalmologiji.
- Torakalni KS/sindrom tesnega mediastinuma, ki se pojavlja zelo redko, predvsem po operacijah na odprtem srcu. Zaradi pritiska osrčnika in prsnice po sternotomiji pride do motene diastolične funkcije in motene polnitve desnega prekata, kar vodi v tampo-nado srca in subendokardialno ishemijo. Za ponovno vzpostavitev hemodinamske stabilnosti je nujna urgentna sternotomija.
- Abdominalni KS je po akutnem KS okončin drugi najpogostejši in je posledica zvišanega tlaka znotraj trebušne votline (> 20 mmHg v povezavi z odpovedjo ali moteno funkcijo organa). Primarni je povezan s poškodbo ali patološkim procesom v trebušno-medenični regiji in pogosto zahteva zgodnjo kirurško intervencijo, sekundarni pa je posledica stanj, ki izvirajo izven trebušno-medenične regije. Opredeljujemo ga tudi po nujnosti kliničnega stanja (akutni, subakutni, kronični) in etiologiji (potravmatski, posledica sepse, opeklin, anevrizme trebušne aorte). Najpogosteje se pojavlja pri bolnikih v enotah intenzivne terapije.
- Akutni KS okončin lahko nastane zaradi povečane prostornine in posledično tlaka znotraj kompartmenta, ali pa zaradi zunanega pritiska, ki posredno zvišuje tlak v kompartmentu. Možna je tudi kombinacija obeh. Vsaka okončina ima več različnih kompartmentov, v katerih se lahko pojavi zvišan tlak.

Vzroki nastanka

Vzroki nastanka KS so lahko:

- travmatološki,
- iatrogeni,
- žilni ali
- mehko tkivni.

Od travmatoloških vzrokov se KS najpogosteje (v 75 %) pojavlja kot zaplet zlomov.

Najpogostejši je pri zlomih golenice, distalne koželjnice pri odraslih in suprakondilarnih zlomih nadlaktice pri otrocih. Pri politravmatiziranih bolnikih so lahko poškodovani tudi glutealna regija, stegno in stopalo (1, 3). Pogostejši je pri zaprtih zlomih, vendar se lahko pojavlja tudi pri odprtih zlomih ali penetrantnih poškodbah, saj odprta rana ne zagotavlja nujno zadostne dekompresije vseh kompartmentov. Potencialno najnevarnejši so zdrobljeni, dislocirani zlomi proksimalne golenice ali proksimalne nadlakti, kjer večja količina mišičja in čvrstejše mišične ovojnice v kombinaciji z večjim območjem za potencialno krvavitev in visokimi prenosi energije predstavljajo večje tveganje za razvoj KS (1). Vzrok KS na okončinah niso vedno zlomi. Čeprav redko, je taka klinična slika lahko tudi posledica zvinov ali izpahov – npr. zvin gležnja pri igranju nogometa (4).

Od žilnih vzrokov lahko npr. poškodba poplitealnih arterij in ven ob sočasnem zlomu na goleni pogosto povzroči akutni KS. Če sta poškodovani tako arterija kot vena, potrebuje fasciotomijo več kot 50 % bolnikov. V 21 % pride do KS tudi pri posegih, kot so embolektomija, tromboliza ali obvodna operacija. V teh primerih gre za poishemični KS, ki je posledica revaskularizacijskega posega po dolgotrajni ishemiji. Ponovna prekrvitev tkiv povzroči otekanje tkiva in zvišanje tlaka v kompartmentu. KS je lahko tudi posledica iliofemoralne tromboze (2). Do poškodbe poplitealne arterije pride tudi kar pri tretjini bolnikov z izpahom kolena, tudi če pred strokovno oskrbo pride do spontane repozicije sklepa. Ker poplitealna arterija nima kolateralnih vej, ki bi zagotavljale alternativno preskrbo goleni in stopala, moramo biti pri takem tipu poškodbe posebej pozorni na prisotnost ali odsotnost stopalnih pulzov in v primeru sumljive klinične slike narediti preventivno fasciotomijo (5).

Od iatrogenih vzrokov je eden najpogostejših vzrokov nepravilno intravensko ali

intraarterijsko injiciranje učinkovin. Tveganje predstavlja pretesno povijanje ali mavčenje poškodovanih okončin, intramedularna osteosinteza ali pa bolnikovo neupoštevanje navodil, naj prizadeto okončino dvigne nad nivo srca. Do kompresije okončin lahko pride tudi pri dolgotrajnih operacijah ali zaradi pooperativne sedacije ali pa zaradi položaja okončine v trakciji ali litotomijemskem položaju (1, 2). Perioperativno tveganje predstavlja nepazljivo injiciranje infuzijskih tekočin pod tlakom. Skupino ljudi z večjim tveganjem predstavljajo bolniki na trajni antikoagulantni terapiji ali bolniki s hemofilijo. Pri njih je večja verjetnost za nastanek spontane krvavitve v mišico ali za krvavitev po poškodbi, opisan pa je tudi nastanek KS zaradi obilne krvavitve po zamenjavi velikih sklepov (2).

Od mehkotkivnih vzrokov se otekanje mehkih tkiv lahko pojavlja po neposrednem hudem udarcu v mišico ali *crush* poškodbi, predvsem pri bolnikih s koagulopatijami, na antikoagulantnem zdravljenju ali z znanimi motnjami strjevanja krvi. Pri kontu-

zijskih poškodbah nadaljnja aktivnost poškodovanih mišic povzroči vedno večjo krvavitev in naraščanje tlaka v kompartmentu (2). Tudi globoke opekline lahko zaradi sekundarne konstrikcije tkiva, esharja, edema in velikih premikov tekočin povzročijo zvišan tlak v kompartmentu (1). Pri intraarterijskem vbrizgavanju barbituratov ali intravenoznem vbrizgavanju diazepama lahko pride do žilnih poškodb, pri stuporju zaradi zlorabe alkohola ali drog pa tudi do netravnatske rabdmiolize, ki zaradi pritiska teže telesa samega na okončino privede do kompresije žile in mišične skupine. KS je lahko tudi posledica ugriza kač ali drugih strupenih živali (2). Najpogostejši vzroki so prikazani v tabeli 1.

Kronični kompartment sindrom

Kronični KS se pogosto pojavlja pri profesionalnih športnikih in je posledica ponavljajočega se napora ali pretirane uporabe mišičnih skupin. Med mišično aktivnostjo se zviša tlak znotraj prizadetega kompartmenta in okončina postane otekla in boleča, kar

Tabela 1. Najpogostejši vzroki kompartment sindroma.

| | |
|---------------|---|
| Travmatološki | <ul style="list-style-type: none"> • zlom golenice • distalni zlomi koželjnice in/ali podlahtnice • suprakondilarni zlomi nadlahtnice • zlomi stegenice in petnice |
| Iatrogeni | <ul style="list-style-type: none"> • intravenozno ali intraarterijsko injiciranje učinkovin • pnevmatična manšeta • hemofilija • antikoagulacijsko zdravljenje • ekstravazacija tekočin po artroskopskem posegu • podaljšan čas operacije |
| Žilni | <ul style="list-style-type: none"> • poškodbe arterij in/ali ven • revaskularizacijski posegi • <i>phlegmasia caerulea dolens</i> (oblika globoke venske tromboze) • intraaortna balonska črpalka • izolirana prekrvitev okončine |
| Mehkotkivni | <ul style="list-style-type: none"> • <i>crush</i> poškodbe brez zlomov • opekline • edem ali intramuskularni hematomi • stupor, povzročen z zlorabo alkohola in/ali drog • kačji ugriz |

preprečuje nadaljnjo aktivnost. Simptomi minejo nekaj minut po počitku in običajno bolniki nimajo nobenih posledic. Težava se pojavi, kadar stanje postane resnejše in zvišani tlaki povzročijo relativno mišično ishemijo. Najpogosteje se pojavlja pri tekačih, baletnih plesalcih in nogometaših (6).

ANATOMIJA

Nadlaket

Na nadlahti se nahajata dva kompartmenta – anteriorni (fleksija) in posteriorni (ekstenzija). Omejujeta ju medialni in lateralni intermuskularni septum. V anteriornem kompartmentu se nahajata dolga in kratka glava mišice *biceps brachii*, mišica *brachialis*, mediani, ulnarni in muskulokutani živec ter brahialna arterija in njene pripadajoče vene. V posteriornem kompartmentu so dolga, lateralna in medialna glava mišice *triceps brachii*, radialni živec ter arteriji *radialis collateralis* in *medialis collateralis* s pripadajočimi venami (7). Slika 1 prikazuje shemo prečnega prereza nadlahti.

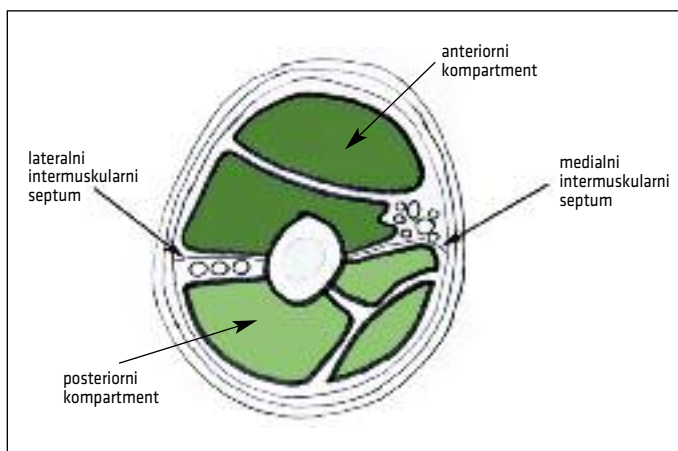
Podlaket

Na podlahti najdemo tri kompartmente – volarnega, dorzalnega in lateralnega. Volarni kompartment se nahaja anteriorno od lateralnega intermuskularnega septuma,

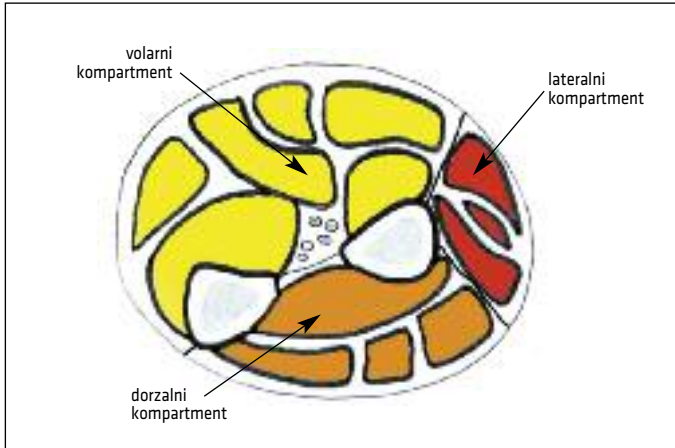
koželjnice, medkostne opne, podlahtnice in medialnega intermuskularnega septuma. Od lateralnega kompartmenta ga ločujejo radialni živec ter radialna arterija in veni. V volarnem kompartmentu se nahajajo povrhnje mišice *flexor carpi radialis*, *palmaris longus*, *flexor carpi ulnaris*, *flexor digitorum superficialis* in *pronator teres* ter globoke mišice *flexor digitorum profundus*, *flexor pollicis longus* in *pronator quadratus*. V različnih nivojih se nahajajo tudi mediani in ulnarni živec, globoka veja radialnega živca, radialna arterija in veni, ulnarna arterija in veni ter anteriorni interosalni živec, arterija in veni.

Dorzalni kompartment se nahaja posteriorno od lateralnega intermuskularnega septuma, koželjnice, medkostne opne, podlahtnice in medialnega intermuskularnega septuma. Vsebuje povrhnjo skupino, ki vključuje mišice *extensor digitorum communis*, *extensor carpi ulnaris* in *extensor digiti minimi*, ter globoko skupino, ki vključuje mišice *abductor pollicis longus*, *extensor pollicis brevis* in *longus*, *extensor indicis* in *supinator*. Poleg tega se v njem nahajajo tudi posteriorni interosalni živec, arterija in vene.

Lateralni kompartment leži superiorno od lateralnega intermuskularnega septuma in ga od volarnega loči povrhnji radialni



Slika 1. Shema prečnega prereza nadlahti s kompartmenti.



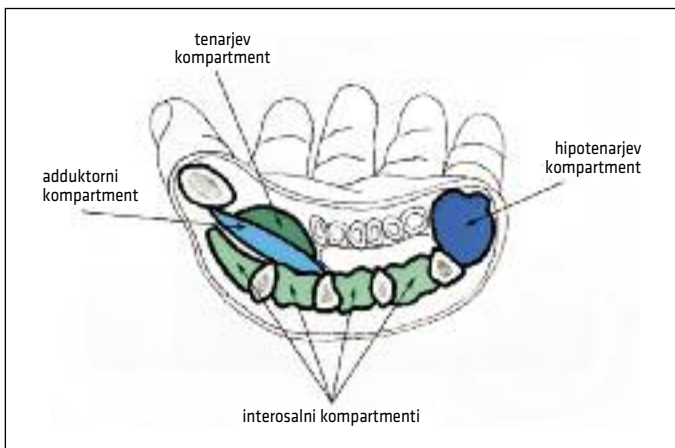
Slika 2. Shema prečnega prereza podlahti s kompartmenti.

živec ter radialna arterija in veni. Vsebuje mišice *brachioradialis*, *extensor carpi radialis longus* in *brevis*, ne pa pomembnih vej živcev ali arterij (7). Slika 2 prikazuje shemo prečnega prereza podlahti.

Roka

Na roki se nahaja tenarjev, hipotenarjev, adduktorni, štirje dorzalni in trije volarni interosalni kompartmenti in karpalni kanal. V tenarjevem kompartmentu se nahajajo mišice *flexor pollicis brevis*, *abductor pollicis brevis* in *opponens pollicis*, obdane pa so

s tenarjevo mišično ovojnico. Oživčuje jih veja medianega živca in nekatere veje ulnarnega živca. V hipotenarjevem kompartmentu, ki ga obdaja hipotenarjeva fascija, se nahajajo mišice *abductor digiti minimi*, *flexor digiti minimi brevis* in *opponens digiti minimi*, motorično inervacijo pa zagotavlja ulnarni živec. Adduktorni kompartment je lociran med volarnimi interosalnimi mišicami in lumbrikalnimi mišicami na radialni strani roke. Mišica *adductor pollicis* je obdana z volarno in dorzalno mišično ovojnico in oživčena prek ulnarnega živca.



Slika 3. Shema prečnega prereza kompartmentov na roki.

Interosalnih kompartmentov je sedem – štiri dorzalni in trije volarni. Karpalni kanal palmarno omejuje transversalni karpalni ligament, koščici *trapezius* in *scaphoideus* radialno ter koščici *pisiformis* in *hamatum* ulnarno. Dno karpalnega kanala sestavljajo volarni ekstrinzični radiokarpalni ligamenti. Skozi kanal potekajo tetive mišic *flexor digitorum superficialis* in *profundus*, *flexor pollicis longus* in *medius* živec. Pri različnih posameznikih se pogosto pojavljajo tudi anatomske variacije glede števila kompartmentov (7, 8). Odnose med posameznimi kompartmenti na roki prikazuje slika 3.

Stegno

Na stegnu najdemo tri anatomske predele – anteriornega, posteriornega in medialnega. Meje anteriornega kompartmenta sta medialni in lateralni intermuskularni septum, vsebuje pa mišice *quadriceps femoris* (*rectus femoris*, *vastus medialis*, *vastus intermedius*, *vastus lateralis*), *sartorius* in femoralni živec.

Meje posteriornega kompartmenta sta lateralni intermuskularni septum in medialno slabo razvit posteriorni intermuskularni septum. Vsebuje mišice *biceps femoris*, *semitendinosus*, *semimembranosus* in ishiadični živec.

Meje medialnega kompartmenta sta posteriorni in medialni intermuskularni septum. Vsebuje mišice *adductor longus*, *adductor brevis*, *adductor magnus*, *pectineus*, *gracilis* in obturatorni živec (7). Slika 4 prikazuje shemo prečnega prereza stegna.

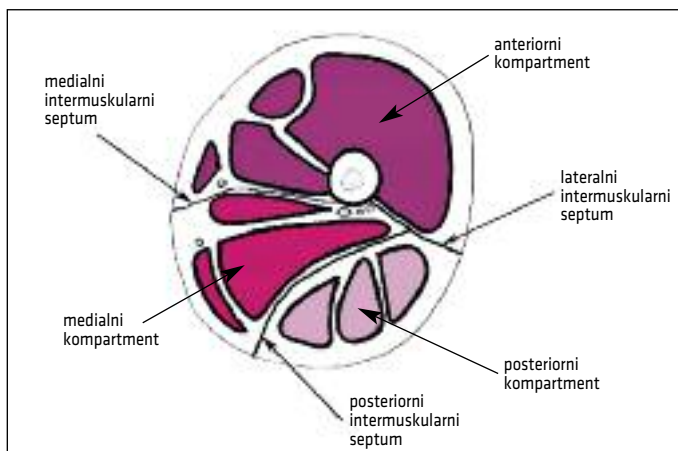
Golen

Na goleni so štiri anatomske predele – anteriorni (ekstenzija prstov in gležnja), lateralni (plantarna fleksija in everzija stopala), povrhnji posteriorni (fleksija kolena in gležnja) in globoki posteriorni (fleksija prstov in inverzija stopala).

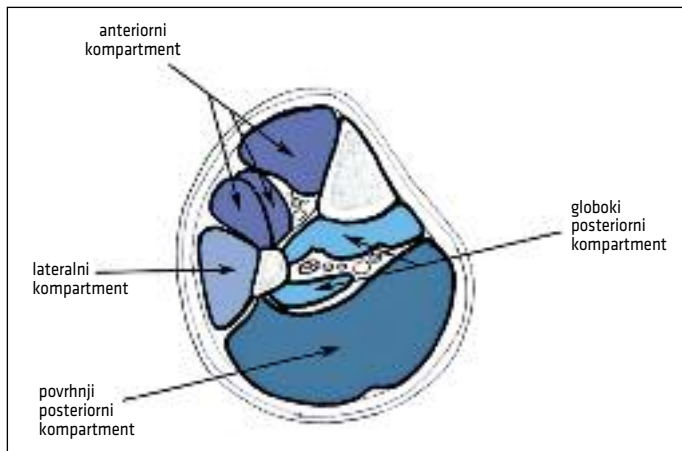
Meje anteriornega kompartmenta so golenica medialno, anteriorni intermuskularni septum lateralno in medkostna opna posteriorno. V njem se nahajajo mišice *tibialis anterior*, *extensor hallucis longus*, *extensor digitorum longus*, *peroneus tertius*, globoka veja peronealnega živca in arterija tibialis anterior s pripadajočimi venami.

Meji lateralnega kompartmenta predstavljata anteriorni in posteriorni intermuskularni septum. Vsebuje mišice *peroneus longus* in *peroneus brevis* ter povrhnji peronealni živec.

Meje povrhnjega posteriornega kompartmenta so posteriorni intermuskularni septum posterolateralno, tranzveralni inter-



Slika 4. Shema prečnega prereza stegna s kompartmenti.



Slika 5. Shema prečnega prereza goleni s kompartmenti.

muskularni septum anteriorno in globoka mišična ovojnica goleni posteriorno. V njem se nahajata mišici *gastrocnemius*, *soleus*, kita mišice *plantaris* in suralni živec.

Meje globokega posteriornega kompartmenta so anteriorno golenica, medkostna opna in mečnica, posteriorno pa transverzalni intermuskularni septum. Vsebuje mišice *flexor hallucis longus*, *flexor digitorum longus*, *tibialis posterior*, tibialni živec, arterijo *tibialis posterior* in pripadajoče vene ter peronealno arterijo in pripadajoče vene (7). Slika 5 predstavlja shemo prečnega prereza goleni.

Stopalo

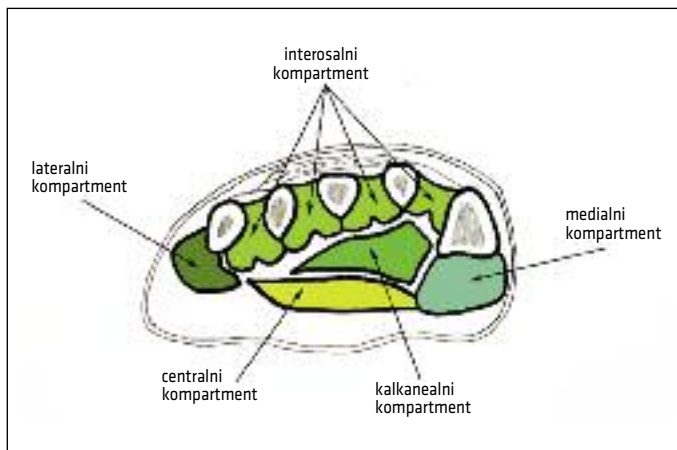
Anatomija kompartmentov v stopalu ima več različnih opisov, vendar je najpogosteje uporabljan koncept, ki sta ga opisala Manoli in Weber, ki opisuje devet kompartmentov v stopalu, od katerih jih je pet omejenih na sprednji del stopala, trije potekajo skozi celotno stopalo, eden pa je omejen na zadnji del stopala (9).

Medialni, povrhnji in lateralni kompartment potekajo čez celotno dolžino. Meji medialnega kompartmenta sta mišična ovojnica mišice *abductor hallucis* in medialni intermuskularni septum. Znotraj sta mišici *abductor hallucis* in *flexor hallucis bre-*

vis. Povrhnji kompartment omejujejo plantarna mišična ovojnica in medialni ter lateralni intermuskularni septum. V njem so mišice *flexor digitorum brevis*, distalna tetiva *flexor digitorum* in štiri lumbrikalne mišice. Lateralni kompartment omejujeta lateralno mišična ovojnica mišice *abductor digiti minimi* in medialno intermuskularni septum. Znotraj sta mišici *abductor digiti minimi* in *flexor digiti minimi*.

Adduktorni kompartment je omejen na sprednji del stopala in vsebuje mišico *adductor hallucis*. Štirje posamezni interosalni kompartmenti so prav tako omejeni na sprednji del in njihove meje predstavljajo globoka mišična ovojnica adduktornega kompartmenta ali povrhnji kompartment spodaj, metatarzalne kosti medialno in lateralno ter interosalna mišična ovojnica zgoraj.

Kalkanealni kompartment je edini omejen v zadnjem delu stopala in njegove meje so na površini mišične ovojnice med intermuskularnimi septumi, medialno in lateralno intermuskularni septumi in v globini kosti *talus* in *calcaneus*. Znotraj se nahaja mišica *quadratus plantae* (7). Slika 6 predstavlja shemo prečnega prereza stopala.



Slika 6. Shema prečnega prereza stopala s kompartmenti.

PATOFIZIOLOGIJA

Glavni patofiziološki proces je nezadostna prekrvitev in oksigenacija tkiv/organov znotraj zaprtega prostora. Lokalni pretok krvi je premo sorazmeren z arterio-vensko razliko tlakov in obratno sorazmeren z žilnim uporom.

Dve splošno sprejeti teoriji sta: ishemično-reperfuzijski sindrom in teorija arterijsko-venskega gradienta. Kljub temu da sta teoriji komplementarni, je splošno bolj sprejeta teorija arterijsko-venskega gradienta.

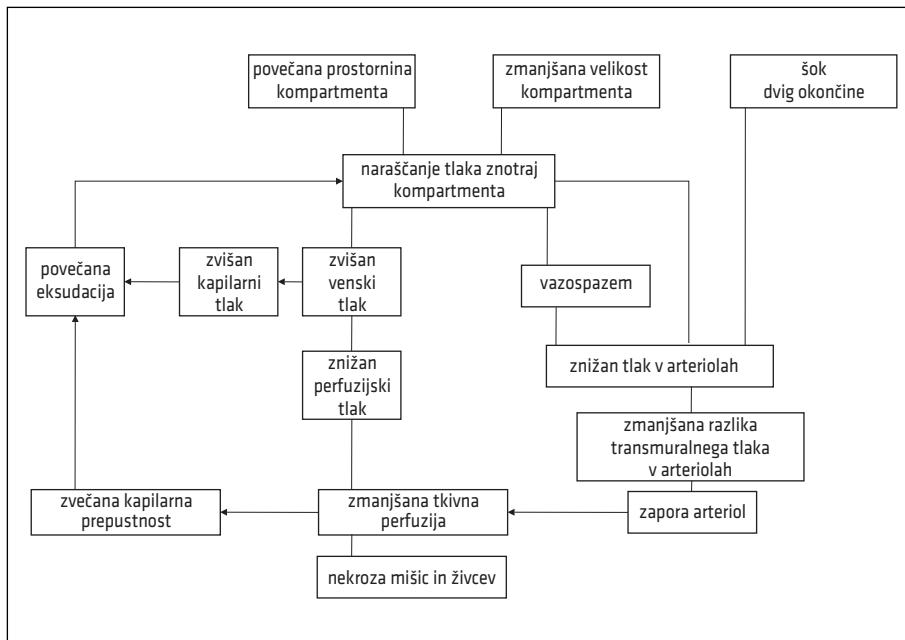
Prekrvitev tkiv v kompartmentu ovira dvig tlaka intersticijske tekočine nad nivo kapilarne tlaka. Kapilarna tlaka na arterijski in venski strani sta približno 30 in 10 mmHg. Odvisno od normalnega intersticijskega tlaka v organu in njegovega potenciala za avtoregulacijo, je tlak v kompartmentu, ki povzroči moteno delovanje organa, med 15 in 25 mmHg. V večini kompartmentov tlak, višji od 30 mmHg, kritično okvari prekrvitev organa. Funkcionalni izpadi živčevja se začnejo pojavljati pri 40 mmHg, pri vrednosti 50 mmHg pa motorično in senzorično živec povsem odpove. Pretok skozi kompartment se popolnoma ustavi, ko tlak v kompartmentu doseže vrednost diastoličnega tlaka. Pri bolnikih s povi-

šanim krvnim tlakom so kritični tlaki običajno višji za 20 mmHg. Ko je prekrvitev kompartmenta prizadeta, se začne pozitivna povratna zanka hipoksije, anaerobnega metabolizma, edema, nadaljnega dviga tlaka in zmanjšanega kapilarne pretoka. Proces je brez primerne posredovanja ireverzibilen (1).

Senzorične spremembe v živcih, kot so parestezije in hipostezije, se pojavijo po 30 minutah ishemije, ireverzibilne poškodbe živcev pa po 12–48 urah popolne ishemije. Ireverzibilne funkcijske spremembe v mišicah se začnejo po 4–8 urah (2). V primeru, da se razvijeta nekroza ali okužba, je lahko potrebna amputacija uda (1).

Relativno ishemično stanje kompartmenta je lahko posledica povečane zahteve po kisiku zaradi športne aktivnosti, poškodbe, sepse, lahko pa prekrvitev omeji tudi periferna vazokonstrikcija kot posledica vazopresornih zdravil. Absolutna ali relativna ishemija lahko tako vodita do masivnega edema in KS zaradi učinka po ponovni prekrvitvi (1).

Poishemični oz. reperfuzijski KS je posledica bifazne ishemično-reperfuzijske poškodbe, kjer se poškodba tkiva, začeta v ishemični fazi, nadaljuje s ponovnim prilivom oksigenirane krvi. Poškodba tkiva je v tem



Slika 7. Dejavniki, ki omogočajo nastanek kompartment sindroma.

primeru posledica interakcij med kisikovimi prostimi radikali, endotelijskimi dejavniki in nevtrofilci, ki peroksidizirajo lipidno komponento celičnih membran in povzročijo povečano kapilarno prepustnost (2). Dejavnike, ki omogočajo nastanek KS, prikazuje slika 7.

KLINIČNA SLIKA IN DIAGNOZA

Akutni kompartment sindrom

Prepoznava akutnega KS je odvisna predvsem od velikega kliničnega suma. Komponente kliničnega pregleda so inspekcija, palpacija in pasivni razteg mišic v kompartmentu, ocena senzorične in motorične funkcije ter ocena krvnega pretoka v okončini (7).

Otekline predstavlja nespecifično najdbo, saj je pri inspekciji prisotna pri večini poškodovancev z zlomi, izpahi in udarninami brez sočasne prisotnosti utesnitve. Prav tako včasih ni možno opaziti otekline v anteriornem in globokem posteriornem kompartmentu na goleni in globokem volarnem kompartmentu podlahti. Prav tako je lah-

ko zavajajoča prisotnost odprtega zloma, saj lahko utesnitev spregledamo (7).

Najpomembnejša znaka sta bolečina, večja od pričakovane glede na mehanizem poškodbe, in bolečina ob pritisku na kompartment ali pasivni raztegnitvi mišice znotraj kompartmenta (bolnik okončino sam težko premika ali je sploh ne more premakniti). Tak tip bolečine najdemo predvsem pri bolnikih po revaskularizacijskih posegih, reponiranju izpahnjenelega sklepa ali naravnavi dislociranega zloma. Sicer ju je težko ločiti od akutne bolečine pri zlomu, vendar je bolečina pri KS tipično topa (ishemična) in se ne odziva na običajno uporabljane analgetike. Bolečina ob pritisku je lahko zavajajoča, saj je poškodovano mesto običajno boleče že samo po sebi, zato se bolj osredotočamo na bolečino ob pasivnem raztegu. Pojavi se že pri minimalnem gibanju roke in prstov, pri pasivni plantarni fleksiji prstov na nogi in stopala ali pri gibanju katerega drugega dela prizadete okončine. Po določenem času bolečina zaradi napredu-

joče okvare živca in nekroze mišičja izgine in v tem primeru tudi odsotnost bolečine ne izključuje diagnoze (1, 7).

Živci v kompartmentu so zelo občutljivi na zmanjšano vsebnost kisika, tako da se morebitne parestezije pojavljajo že zgodaj in so pomemben klinični kazalec. So posledice okvare celične membrane živcev, ki potekajo skozi kompartment, v področju senzorične inervacije se lahko pojavljajo hipostezija ali parestezija, ki postopno napredujejo v popolno anestezijo. Zmanjšana je tudi dvotočkovna senzorična diskriminacija istega področja. Pareza ali oslajbljeno delovanje posamezne mišične skupine kaže na prepozno postavljeno diagnozo KS, na proksimalno poškodbo motoričnega živca ali na prisotnost *crush* poškodbe (1, 7).

Za lažje prepoznavanje navajajo v literaturi načelo petih P-jev, vendar so ti precej nezanesljivi in jih moramo vedno upoštevati v kliničnem okvirju (1):

- bolečina (angl. *pain*),
- parestezije (angl. *paresthesia*),
- paraliza (angl. *paralysis*),
- bledica (angl. *palor*) in
- odsotnost pulza (angl. *pulselessness*).

Samo bolečina in morebitne parestezije sta simptoma, ki lahko nakazujeta reverzibilni KS, ostali so včasih pomotoma pripisani periferni arterijski insuficienci. Parestezije se pri napredovanju ishemije lahko nadaljujejo kot anestezija in popolna paraliza. Bledica sicer potrdi odsotnost

prekrvitve, vendar je nezanesljiva, saj so tudi pri KS prsti včasih še vedno topli in rožnati. Odsotnost pulza je značilna za arterijsko zaporo, drugače pa jo opazimo samo v zelo poznem stadiju. Pogosteje je kazalec arterijske poškodbe ali pozno postavljene diagnoze. Odsotnost pulza brez vidne poškodbe arterij in paraliza sta pozna znaka in sta ireverzibilno povezana z izgubo funkcije (1, 2).

Čeprav je kapilarna polnitev zmanjšana, so pri akutnem KS vedno prisotni tipni periferni pulzi, razen če gre za pridruženo poškodbo arterije. Če so vrednosti bolnikovega krvnega tlaka v mejah normale, je namreč malo verjetno, da bo pritisk v kompartmentu narastel dovolj, da bo popolnoma prekinil sistolični tlak v glavni arteriji, ki ga prehranjuje (1). V tabeli 2 so opisane razlike v klinični sliki pri diferencialni diagnozi. Slika 8 prikazuje KS roke.



Slika 8. Kompartment sindrom roke.

Tabela 2. Diferencialne diagnoze kompartment sindroma.

| | Kompartment sindrom | Arterijska zapora | Crush poškodba | Nevrapraksija |
|----------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------------|
| Tesen kompartment | + | - | -/+ | - |
| Bolečina ob raztegnitvi | + | + | ? | - |
| Parestezije ali anestezija | + | + | + | + |
| Pareza ali paraliza | + | + | + | + |
| Prisotnost pulza | + | - | + | + |

Merjenje tlakov v kompartmentu

V diagnostiki KS je od leta 1975 v uporabi merjenje pritiska v posameznem kompartmentu (1). Potrebujemo ga predvsem takrat, ko je klinična slika nejasna, ko je bolnik nezavesten, ne sodeluje ali je otrok (2).

Za merjenje se uporabljajo najrazličnejše naprave, preiskavo lahko opravimo ob bolnikovi postelji, v posamezne kompartmente vstavljamo sterilno iglo, ki je povezana z merilno napravo. Ker se KS lahko razvija več ur, je smiselno pri bolnikih, pri katerih obstaja utemeljen klinični sum, beležiti delovanje mišic, občutljivost in obseg okončine v določenih časovnih intervalih (10). Pomembno je, da kožo razkužimo z antiseptično raztopino in podkožje infiltriramo z lokalnim anestetikom. Izogibati se moramo kakršnemu koli injiciranju v mišico, saj lahko s tem umetno zvišamo tlak v kompartmentu.

Najvišje tlake običajno izmerimo v globokem posteriornem in anteriornem kompartmentu na goleni ter v okolici zloma, 5 cm od prelomljene kosti (2). Še vedno ni kliničnega dogovora o vrednostih tlaka, ki bi natančno potrdile diagnozo ali določale zdravljenje. Običajni tlaki znotraj kompartmenta so med 0 in 8 mmHg, simptomi in znaki KS pa se začnejo razvijati pri tlakih, višjih od 20 mmHg (1). Tlaki med 30 in 50 mmHg so že prepoznani kot kritični in lahko trajno okvarijo okončino (2).

Nekateri kirurgi uporabljajo mejo 30 mmHg, ki temelji na teoriji, da je kapi-

larni tlak nezadosten, da bi vzdrževal kapilarni pretok v mišicah, tlak v tkivu, višji od 30 mmHg, pa močno zmanjša podajnost mišičnih ovojníc (2). Ostali za mejo uporabljajo tlak [DELTA] – razliko med diastoličnim krvnim tlakom in tlakom v kompartmentu, ki je nižji ali enak 30 mmHg, saj naj bi se na ta način izognili veliko nepotrebnim fasciotomijam (1, 2).

Naredimo tudi preiskave krvi, kjer iščemo povišane označevalce mišične (mioglobina, laktata, kreatin kinaza) in ledvične okvare (1). Na sliki 9 je prikazana naprava za merjenje tlaka znotraj kompartmentov.

ZDRAVLJENJE AKUTNEGA KOMPARTMENT SINDROMA

Cilj zdravljenja je znižanje tlaka v kompartmentu, povrnitev krvnega obtoka in minimalizacija poškodb tkiva in izgube funkcije. Če lahko, najprej uporabimo konservativne pristope – odstranimo kakršen koli zunanji pritisk (mavec ipd.), ki lahko ogroža okončino, začasno lahko slednjo tudi dvignemo (2).

Če KS ne moremo preprečiti ali pa napreduje, je edina metoda izbora kirurška sprostitev kompartmentov s fasciotomijo. Pri bolnikih z zelo visokim tveganjem – izpahi, *crush* poškodba, reimplantacije itd. – jo lahko naredimo tudi preventivno, da nastanek KS vnaprej preprečimo (1).

Absolutne indikacije za fasciotomijo so (2):

- klinična slika akutnega KS,



Slika 9. Naprava za merjenje tlaka znotraj kompartmentov.

- tlak v kompartmentu, višji od 30 mmHg, pri bolniku s pridruženo klinično sliko in
- moten arterijski pretok v okončini več kot 4 ure.

Poleg klasične odprte tehnike, ki je tudi najbolj priporočena in najpogosteje uporabljana, imamo na voljo tudi subkutano in endoskopsko fasciotomijo. Subkutane fasciotomije niso tako anatomske natančne – lahko poškodujemo povrhnje živce – in ne zagotavljajo zadostne dekompresije pri akutni klinični sliki, zato se jim izogibamo. Endoskopske tehnike so uporabne pri zdravljenju kroničnega KS. Predvsem je pomembno, da v dovolj kratkem času natančno prekinemo tako kožo kot mišično ovojnico in se na ta način izognemo tako imenovanemu *rebound* fenomenu – poishemični oteklini po sprostitvi samo ene od ovojníc (7).

Nadlaket

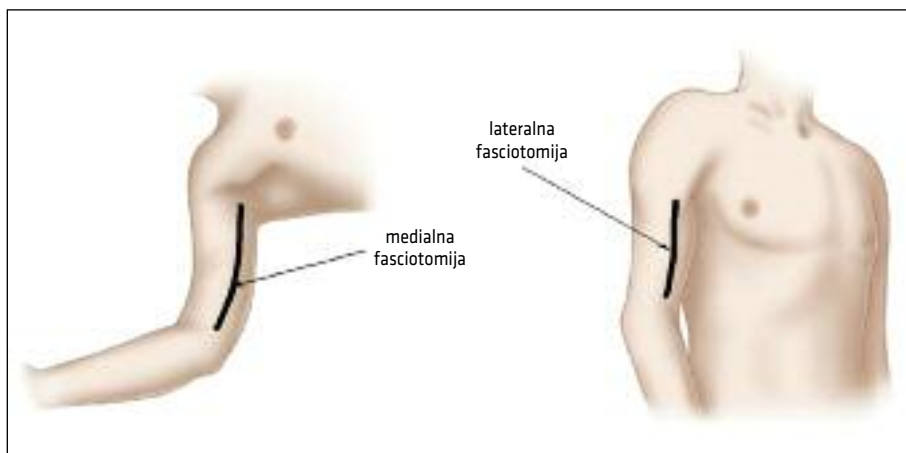
Pri metodi z enim rezom naredimo 15 cm kožni rez nad medialnim intermuskularnim septumom, pri čimer se previdno izognemo spodaj potekajočim živcem. Kožo in podkožno tkivo umaknemo anteriorno in posteriorno in nato mišično ovojnico nad anteriornim kompartmentom v dolžini kož-

nega reza odpremo na sredini med zgornjo mejo mišice *biceps brachii* in medialnim intermuskularnim septumom. Mišično ovojnico nad posteriornim kompartmentom odpremo na sredini med posteriorno mejo mišice *triceps brachii* in medialnim intermuskularnim septumom.

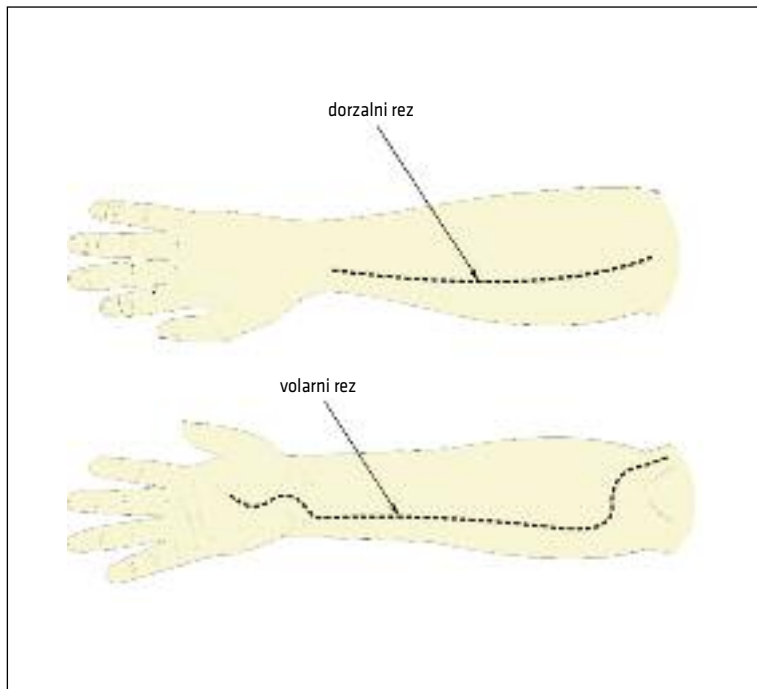
Pri metodi z dvema rezoma začnemo 15 cm kožni rez medialno od bicipitalnega sulkusa in ga nadaljujemo anteromedialno do akromiona in skozi mišično ovojnico, da sprostimo anteriorni kompartment. Drugi 15 cm dolg rez začnemo na konici olekronona in nadaljujemo posterolateralno skozi mišično ovojnico, da sprostimo posteriorni kompartment (7). Linije za fasciotomijo na nadlahti prikazuje slika 10.

Podlaket

Pri volarno-ulnarnem pristopu distalno od kubitalne gube začnemo prečni rez na radialni strani podlahti in jo nadaljujemo na ulnarne stran in nato zasukamo za 90°. Longitudinalno komponento reza razširimo navzdol na ulnarne stran, dokler ne doseže zapestja, kjer medialno zavije do sredine volarnega zapestja. Rez nato razširimo in ukrivimo čez tenarjevo skupino na dlani. Ko razpremo mišično ovojnico, na začetku prečnega reza sprostimo mišice lateralnega



Slika 10. Linije za fasciotomijo na nadlahti.



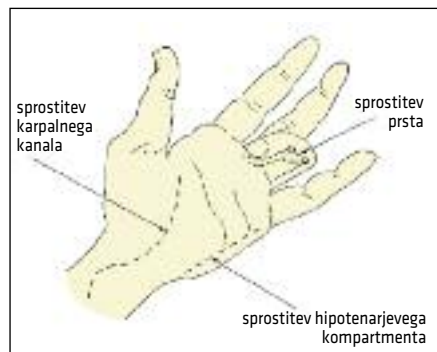
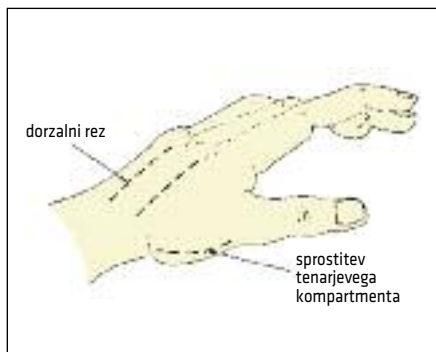
Slika 11. Linije za fasciotomijo na podlahti.

kompartmenta. Z odprtjem mišične ovojnice na longitudinalni in zapestni komponenti sprostimo povrhnje fleksorje in karpalni kanal. Ko razpremo mišici *flexor carpi ulnaris* in *flexor digitorum superficialis*, se prikažeta ulnarni živec in arterija na globokem fleksornem kompartmentu. Ko ju umaknemo lateralno, lahko longitudinalno prerežemo spodaj ležečo mišično ovojnico.

Običajno se ob sprostitvi volarnega in lateralnega kompartmenta normalizirajo tudi tlaki v dorzalnem. V nasprotnem primeru naredimo fasciotomijo dorzalnega kompartmenta z longitudinalnim rezom 2 cm lateralno in 2 cm distalno od lateralnega epikondila nadlahtnice do sredine hrbtni strani zapestja. Fasciotomijo za sprostitev mišic dorzalnega kompartmenta naredimo med mišicama *extensor carpi radialis brevis* in *extensor digitorum communis* (7). Linije za fasciotomijo na podlahti prikazuje slika 11.

Roka

Na dorzumu roke čez metakarpalni kosti kazalca in prstanca naredimo dva 4 cm longitudinalna reza. Na obeh straneh metakarpalnih kosti nato naredimo reze mišičnih ovojnic in na ta način sprostimo štiri interosalne mišice. Prvi palmarni interosalni in adduktorni kompartment sprostimo z rezom čez ulnarno stran metakarpalne kosti kazalca. Drugi in tretji palmarni interosalni kompartment sprostimo z rezom radialne strani metakarpalnih kosti prstanca in mezince. Nato naredimo longitudinalni rez po radialni strani prve metakarpalne kosti in tako sprostimo še tenarjev kompartment. Hipotenarjev kompartment sprostimo z rezom po ulnarni strani metakarpalne kosti mezince (7). Linije za fasciotomijo na volarni in dorzalni strani roke prikazuje slika 12, kirurški pristop do kompartmentov na volarni strani dlani slika 13a, na dorzalni strani dlani pa slika 13b.



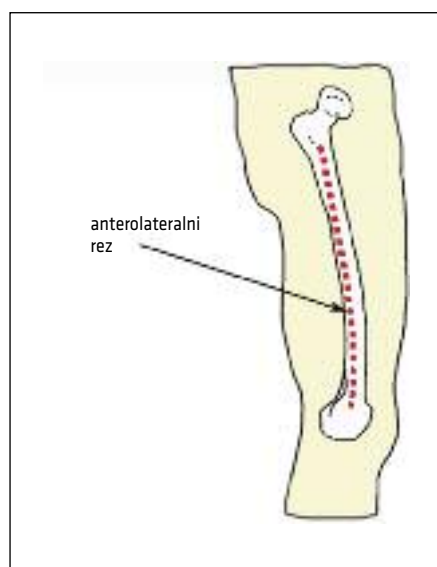
Slika 12. Linije za fasciotomijo na roki.



Slika 13. A. Kirurški pristop do kompartmentov na volarni strani dlani. B. Kirurški pristop do kompartmentov na dorzalni strani dlani.

Stegno

Anteriorni kompartment sprostimo s 30 cm dolgim anterolateralnim rezom kože, ki poteka od intetrohanterne linije lateralno do lateralnega kondila stegenice. Nato odpremo še mišično ovojnico (lat. *fascia lata*) nad mišico *vastus lateralis* po celotni dolžini kožnega reza. S tem zagotovimo zadostno dekompresijo mišic *rectus femoris* in *vastus lateralis*. Nato mobiliziramo mišico *vastus lateralis* navzgor in medialno in na ta način izpostavimo lateralni intermuskularni septum, na katerem naredimo rez v dolžini kožnega reza in na ta način poskrbimo za dekompresijo posteriornega kompartmenta. Tlaki v medialnem kompartmentu se pogosto znižajo do normalnih vrednosti po dekompresiji anteriornega in posteriornega kompartmenta. V nasprotnem primeru

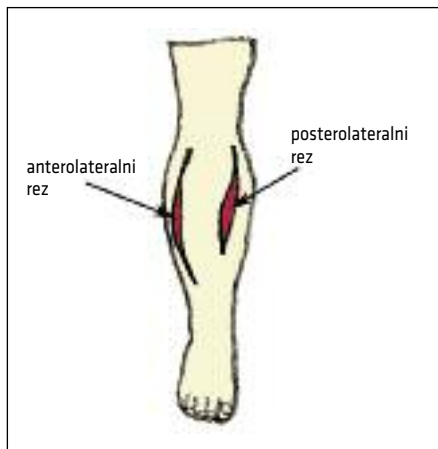


Slika 14. Linija za fasciotomijo na stegnu.

naredimo še eno kožni rez nad potekom vene *saphene magne* do medialnega kondila stegenice. Poiščemo in anterolateralno rotiramo mišico *sartorius* in medialni kompartment odpremo z longitudinalnim rezom mišične ovojnice v dolžini kožnega reza (7). Zapiranje kožne vrzeli običajno traja najmanj sedem dni, s počasnim približevanjem robov rane. V primeru obsežne izgube mehkih tkiv lahko uporabimo kožne presadke (11). Linijo za fasciotomijo na stegnu predstavlja slika 14.

Golen

Najpogosteje se za dekompresijo uporablja tehnika z dvema rezoma. Za sprostitev anteriornega in lateralnega kompartmenta najprej naredimo 25–30 cm dolg anterolateralni rez 2 cm anteriorno od mečnice. Nato



Slika 15. Linije za fasciotomijo na goleni.



Slika 16. Kirurški pristop do kompartmentov na goleni.

dvignemo kožo in podkožno tkivo anteriorno in lateralno, da popolnoma izpostavimo anteriorni in lateralni kompartment. Z manjšim tranzverzalnimi rezom izpostavimo anteriorni mišični septum in nato z rezom v dolžini kožnega reza odpremo mišično ovojnico nad anteriornim kompartmentom v sredini med anteriornim mišičnim septumom in anteriorno mejo golenice. Mišično ovojnico nad lateralnim kompartmentom odpremo v sredini med anteriornim mišičnim septumom in telesom mečnice, prav tako v dolžini kožnega reza. Posebno pozornost moramo nameniti prekinjanju mišične ovojnice v distalni tretjini lateralnega kompartmenta, saj v tem delu skozi njo prehaja povrhnji peronealni živec, ki ga lahko poškodujemo.

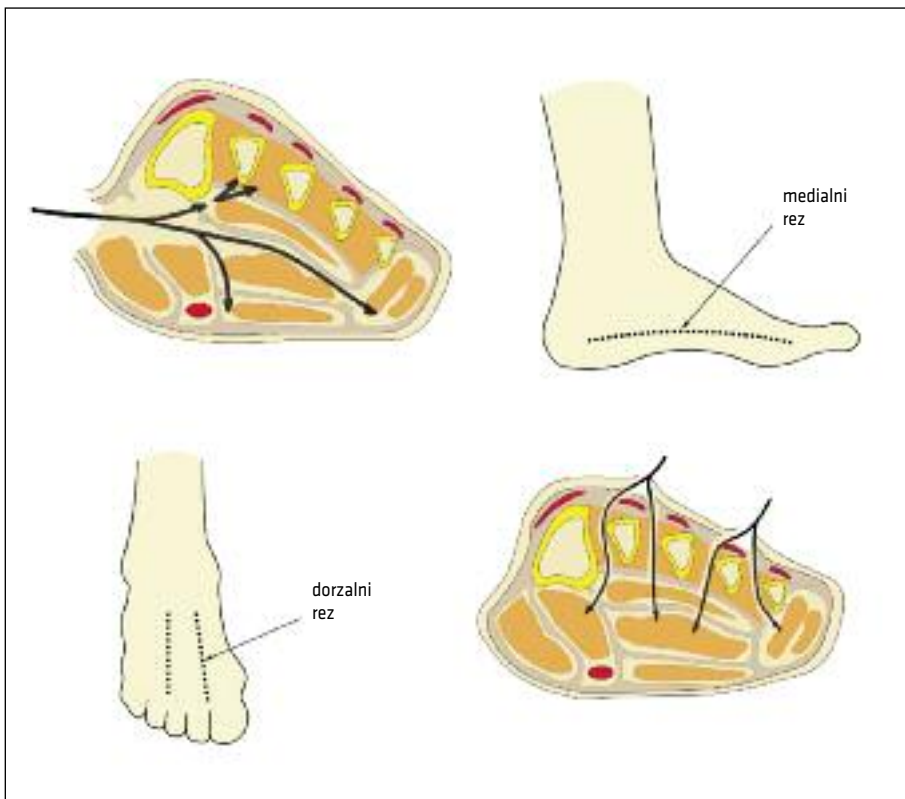
Za sprostitev povrhnjega posterioarnega kompartmenta naredimo 25–30 cm dolg rez 2 cm posteriorno od posteromedialnega roba golenice, od tibialnega tuberkla do približno 2 cm proksimalno od medialnega maleola. Posebej pozorni moramo biti, da ohranimo veno *sapheno magno* in živec v podkožnem tkivu. Nato z rezom v dolžini kožnega reza prekinemo mišično ovojnico nad kompartmentom 2 cm posteriorno od posteromedialnega roba golenice.

Globoki posteriorni kompartment je v zgornji tretjini prekrit z mišicama *gastrocnemius* in *soleus*, zato ju moramo najprej umakniti, nato pa lahko v dolžini kožnega reza sprostimo kompartment (7). Linije za fasciotomijo na goleni predstavlja slika 15, slika 16 pa kirurški pristop.

Stopalo

Ovisno od mehanizma poškodbe in potrebe po številu sproščenih kompartmentov uporabljamo metodo z dvema ali tremi rezi. Za sprostitev vseh devetih kompartmentov se uporablja tri reze.

Prvi rez naredimo medialno čez peto, paralelno in 3 cm nad plantarno površino. Rez se nadaljuje do mišične ovojnice medialnega kompartmenta, ki je longitudinalno



Slika 17. Linije za fasciotomijo in pristop do kompartmentov na stopalu.



Slika 18. Prikaz namestitve negativnega tlaka.

odprt z rezom 1 cm superiorno od njenega spodnjega roba. Preostali centimeter traku mišične ovojnice pustimo kot označevalec za globlje reze. Mišico *abductor hallucis* umaknemo navzgor in odpremo lateralno mišično ovojnico medialnega kompartmenta. Prerežemo tudi mišično ovojnico nad trakom in se pri tem izogibamo lateralnemu plantarnemu živcu in arteriji. Rez podaljšamo, da sprostimo kalkanealni kompartment. Pod trakom naredimo drugi globoki rez in s tem dobimo dostop do lateralnega kompartmenta, ki ga sprostimo z rezom inferomedialnega dela njegove mišične ovojnice. Sprednji del stopala sprostimo z dvema rezoma na dorzumu stopala čez telo druge in četrte metatarzalne kosti. Podkožno tkivo dvignemo medialno in lateralno skozi vsak rez, da razgalimo vse štiri interesalne kompartmente, ki jih nato longitudinalno odpremo. Umaknemo tudi dorzalno in plantarno interesalno mišico med prvo in drugo metatarzalno kostjo, da s tem dosežemo še adduktorni kompartment. Nazadnje longitudinalno sprostimo še njegovo mišično ovojnico (7). Linije za fasciotomijo in pristop do kompartmentov prikazuje slika 17.

Optimalna izbira zaprtja ran po fasciotomiji ni natančno določena, vendar se priporoča zgodnje sekundarno zapiranje vrzeli tretji do četrti dan po operaciji, ob stalnem spremljanju tlakov znotraj kompartmenta. Že takoj po fasciotomiji lahko na rano apliciramo V.A.C. (angl. *vacuum assisted closure*) in s pomočjo negativnega tlaka olajšamo celjenje, nato pa rano zapremo z odloženim šivom ali uporabimo kožne presadke (2, 3, 7). Slika 18 prikazuje metodo namestitve negativnega tlaka.

ZDRAVLJENJE KRONIČNEGA KOMPARTIMENT SINDROMA

Kronični KS načeloma ne potrebuje zdravljenja ali pa ga najprej skušamo zdraviti konzervativno z razbremenitvijo in s počitkom prizadete okončine. Sploh pri športnikih lahko najprej poskusimo s spremembo

programa treningov, raztezanjem, menjavo obutve ali injekcijami ksilokaina na mesto največje občutljivosti. Če ti ukrepi ne pomagajo, pride v poštev fasciotomija za sprostitev prizadetih področij, vendar so rezi v tem primeru manjši kot pri akutnih stanjih (6).

ZAPLETI IN PROGNOZA

Nezdravljen, zvišan tlak znotraj kompartmentov vodi v obsežno mišično poškodbo, katere posledice so mioglobinurija, ledvična odpoved, metabolna acidoza, hiperkalemija in na koncu nastanek kontraktur ali izguba okončin (2). Veliko zapletov je povezanih s samo fasciotomijo – lahko pride do poškodbe živcev, okužb, pooperativnih hematov, ponovitve klinične slike zaradi nepopolne sprostitve kompartmentov, kozmetično nesprejemljivih brazgotin, anestetičnih občutkov, adhezij na mišičnih ovojnicah, otekanja, limfokel ali krvavitve (6). Dolgoročno se lahko razvijejo tudi kontrakture, nevrološki primanjkljaj, kronični regionalni bolečinski sindrom in gangrene prstov zaradi poškodovanega arterijskega obtoka (3). Predvsem pogosta je Volkmannova kontraktura, ki je posledica nadomestitve poškodovanega mišičnega tkiva z vezivom, kar privede do kontraktur in motenega delovanja živcev znotraj posameznega kompartmenta (8).

Katastrofalni klinični rezultati so neizogibni, če s fasciotomijo odlašamo več kot 12 ur, pri dekompresiji znotraj 6 ur po diagnozi pa so rezultati odlični in bolniki večinoma popolnoma okrevalo. Kronični KS ima običajno odlično prognozo, vendar pa se pri kirurškem zdravljenju lahko pojavijo enaki zapleti kot pri akutnem (2, 6).

ZAKLJUČEK

KS je resno klinično stanje, ki se pogosto pojavlja pri poškodbah okončin zaradi zvišanega tlaka znotraj posameznih mišičnih kompartmentov. Potrebna je zgodnja diagnostika, ki običajno temelji predvsem na klinični sliki, ter hitro in pravilno kirurško

ukrepanje. Pri slednjem je zelo pomembno natančno poznavanje anatomije posameznih kompartmentov ter tehnik fasciotomije. Za razliko od stanj, pri katerih ukrepamo hitro in imajo dobro prognozo, ima nezdravljen KS usodne posledice, ki lahko privedejo

do izgube okončine ali celo bolnikove smrti. Ko klinična slika po uspešnem zdravljenju izzveni, pride v poštev rekonstruktivna kirurgija, kjer poiščemo najbolj optimalno rešitev za premostitev tkivnih ali kožnih vrzeli.

LITERATURA

1. Balogh ZJ, Butcher NE. Compartment syndromes from head to toe. *Crit Care Med.* 2010; 38 (9 Suppl): S445–51.
2. Gourgiotis S, Villias C, Germanos S, et al. Acute limb compartment syndrome: a review. *J J Surg Educ.* 2007; 64 (3): 178–86.
3. Kalyani BS, Fisher BE, Roberts CS, et al. Compartment syndrome of the forearm: a systematic review. *J Hand Surg Am.* 2011; 36 (3): 535–43.
4. Cortina J, Amat C, Selga J, et al. Isolated medial foot compartment syndrome after ankle sprain. *Foot Ankle Surg.* 2014; 20 (1): 1–2.
5. Steele HL, Singh A. Vascular injury after occult knee dislocation presenting as compartment syndrome. *J Emerg Med.* 2012; 42 (3): 271–4.
6. Moushine E, Garofalo R, Moretti B, et al. Two minimal incision fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome of the lower leg. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006; 14: 193–7.
7. Dente CJ, Wyrzykowski AD, Feliciano DV. Fasciotomy. *Curr Probl Surg.* 2009; 46 (10): 779–839.
8. Leversedge FJ, Moore TJ, Peterson BC, et al. Compartment syndrome of the upper extremity. *J Hand Surg Am.* 2011; 36 (3): 544–59.
9. Manoli A, Weber TG. Fasciotomy of the foot: an anatomical study with special reference to release of the calcaneal compartment. *Foot Ankle.* 1990; 10: 267–75.
10. Power RA, Greengross P. Acute lower leg compartment syndrome. *Br J Sports Med.* 1991; 25 (4): 218–20.
11. Ojike NI, Roberts CS, Giannoudis PV. Compartment syndrome of the thigh: a systematic review. *Injury.* 2010; 41 (2): 133–6.

Prispelo 26. 5. 2014