

## PRIJELOMI ZAMORA U AKTIVNIH I REKREATIVNIH SPORTAŠA

### STRESS FRACTURES IN ACTIVE AND RECREATIONAL ATHLETES

Ivan Bojanić, Alan Ivković, Tomislav Smoljanović, Marko Pećina

Klinika za ortopediju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

#### SAŽETAK

Prijelomi zamora su djelomični ili potpuni prijelomi kostiju koji nastaju djelovanjem mnogobrojnih ponavljanih sila slabijih od sile koja je potrebna da slomi kost jednim djelovanjem i kao takvi predstavljaju sindrome prenaprezanja kostiju. Čest su problem sportske medicine, obuhvaćajući između 1,1 i 10% svih sportskih ozljeda. Brojni su čimbenici koji pogoduju nastanku prijeloma zamora, a najčešći uzrok, u 22 do 75% slučajeva, su pogreške u treningu, tj. „prerano, previše“. Za postavljanje dijagnoze prijeloma zamora, važno imati na umu mogućnost takvoga stanja. Klinička dijagnoza jest osnovni postupak koji se kasnije, prema potrebi, nadopunjuje i drugim dijagnostičkim metodama: radiografijom, scintigrafijom, kompjutoriziranom tomografijom i magnetskom rezonancijom. Za najveći broj prijeloma zamora dovoljno liječenje jest kratkotrajan prekid sportske aktivnosti u trajanju od 4 do 6 tjedana koji dovodi do nestanka boli te zatim slijedi postupan povratak sportu. Prijelomi zamora pojedinih lokalizacija, vrat i trup bedrene kosti, prednji dio srednje trećine tibije, navikularna kost stopala, baza pete metatarzalne kosti, itd., imaju veći broj komplikacija tijekom liječenja te zahtijevaju posebno, dugotrajnije liječenje, a katkad i kirurško. Konačno, kao i u svim sindromima prenaprezanja, prevencija je ključna riječ.

*Ključne riječi:* prijelomi zamora, kost, uzroci nastanka, dijagnoza, liječenje, sportaši

#### SUMMARY

Stress fractures, which are classified among overuse injuries of bone, may be defined as partial or complete bone fracture that results from repeated application of stress of less strength than the stress required to fracture bone in a single loading. They are common problem in sports medicine comprising between 1.1 to 10% of all athletic injuries. Causes are many, but training errors, i.e. „too soon, too much“, are the most frequently encountered cause of stress fractures, causing stress fractures in as many as 22 to 75% cases. To diagnose a stress fracture, it is essential to have the possibility of such a condition constantly in mind. Clinical examination represents basic diagnostic procedure followed later on by other diagnostic methods: radiography, scintigraphy, computed tomography and magnetic resonance imaging. For the most of stress fractures sufficient treatment is rest from offending athletic activity during 4 to 6 weeks leading to disappearance of pain and gradual return to sport activities. Stress fractures in some localizations, femoral neck (tension side), anterior cortex of the tibia, tarsal navicular, fifth metatarsal, etc., have higher number of complications during the treatment and require additional treatment, and in some cases even surgical intervention is appropriate. Finally, as in the most of the injuries belonging to the overuse group, prevention is the key word.

*Key words:* stress fracture, bone, origin causes, diagnosis, treatment, athletes

Primljeno 21. 02. 2005., prihvaćeno 07. 03 2005.

## UVOD

Prijelomi zamora su djelomični ili potpuni prijelomi kostiju koji nastaju djelovanjem mnogobrojnih ponavljanih sila slabijih od sile koja je potrebna da slomi kost jednim djelovanjem i kao takvi predstavljaju sindrome prenaprezanja kostiju.

Prvi klinički opis prijeloma zamora pripisuje se pruskom vojnom liječniku Breithauptu.

Davne 1855. godine on je opisao kliničku sliku i simptome prijeloma zamora metatarzalne kosti u vojnika i nazvao taj prijelom – marš-fraktura. Sadašnje spoznaje o prijelomima zamora i koštanom odgovoru na opterećenje unaprijeđene su mnogobrojnim istraživanjima koja su proučavala incidenciju prijeloma zamora kod vojnog osoblja i sportaša te su prijelomi zamora opisani na gotovo svim kostima ljudskog tijela.

Do prijeloma zbog zamora dolazi kada pretjerane, ponavljane sile prouzrokuju nesklad između koštane resorpcije i koštane izgradnje. Prijelomi zamora najčešće se pojavljuju na kostima donjih ekstremiteta koje su statički opterećene, zatim na pars interarticularis slabinskih kralježaka, ali isto tako i na kostima gornjih ekstremiteta. Uzroci prijeloma zamora najvjerojatnije su lokalizacijski specifični i ovise o koštanoj gustoći i obliku, smjeru djelovanja opterećenja, vaskularnoj opskrbi kosti, okolnim mišićnim hvatištima, usmjerenju skeleta i vrsti sportske aktivnosti. Nastanku prijeloma zamora uz mehaničke čimbenike dodatno mogu pridonijeti sistemni čimbenici, npr. poremećaji prehrane, hormona, kolagena i koštano metabolizma.

U ovom članku bit će prikazana epidemiologija, predisponirajući čimbenici, patofiziologija, dijagnostika te mogućnosti liječenja prijeloma zamora.

## EPIDEMIOLOGIJA

Prijelom zamora čest su problem sportske medicine, obuhvaćajući između 1,1 i 10% svih sportskih ozljeda, dok u populaciji trkača imaju udio i do 15% svih ozljeda (podaci se mogu razlikovati ovisno o medicinskoj ustanovi) (3,8,22,25,26). Ukupna incidencija prijeloma zamora u sportu procijenjena je na 2-4% u muškaraca i 7% u žena (20).

### *Dob*

Životna dob bolesnika kreće se između 19 i 30 godina. No, s obzirom na današnju tendenciju sve ranijeg uključivanja djece i adolescenata u vrhunske sportske aktivnosti, povećava se i broj otkrivenih prijeloma zamora u toj dobi. Unatoč tome, prijelomi zamora u djece sportaša manje su česti nego u odraslih ljudi (10).

Hulkko i Orava su, analizirajući 368 bolesnika s prijelomima zamora, pronašli među njima 9% bolesnika mlađih od 15 godina, a čak 32% u dobi između 16 i 19 godina života (16). Osim toga, bitno je istaknuti da je i raspodjela lokalizacija prijeloma zamora u djece

sportaša drugačija nego u odraslih. Tako je najveći broj prijeloma zamora u djece sportaša lokaliziran na tibiji i to u 51% slučajeva. Potom slijede fibula s 20%, pars interarticularis 15%, femur 3%, metatarzalne kosti 2% i navikularna kost stopala 2% (16). Opisani su i epifizni prijelomi zamora, i to na humerusu, olekranonu, distalnom radijusu, distalnom femuru te proksimalnoj tibiji, ali se oni u usporedbi s apofiznim sindromima prenaprezanja (Osgood-Schlatterova bolest, Severova bolest, itd.) pojavljuju znatno rjeđe (18).

### *Spol*

Različite studije pokazale su da žene imaju veću incidenciju prijeloma zamora od muškaraca (13,14). Tako u identičnim vojničkim uvjetima i treninzima žene imaju 3 do 12 puta češće prijelome zamora (7,21).

Taj povećani rizik, koji se kreće od 1,5 do 3,5 puta, također je primijećen i u sportskoj populaciji (9). Razlog tomu su biomehaničke razlike među spolovima te trijas sportašica (poremećaj uzimanja hrane, poremećaj menstruacije te osteoporoza) (1,19). Tako su mnogobrojne studije pokazale da su prijelomi zamora u žena s amenorejom ili oligomenorejom učestaliji nego u žena s urednim menstrualnim ciklusom (12).

Osim toga, znatne razlike među spolovima utvrđene su i kod lokalizacija prijeloma zamora. Tibija je najučestalija zajednička lokalizacija prijeloma zamora i u muškaraca i u žena koji sudjeluju u skakačkim i trkačkim sportovima.

Ukratko, istraživanja pokazuju da žene imaju više metatarzalnih i zdjelčnih prijeloma zamora, a manje fibularnih prijeloma od muškaraca.

### *Rasa*

U istraživanju provedenom metodom anketnog upitnika, prevalencija prijeloma zamora bila je mnogo niža među sportašima crne rase nego sportašima bijele rase (7), što su potvrdila i istraživanja u vojnika (21). Pretpostavka je da je manji rizik prijeloma zamora kod crne rase možda povezan s njihovim većim denzitetom kostiju ili različitim biomehaničkim osobinama koje mogu biti zaštita od nastanka prijeloma zamora.

### *Vrsta aktivnosti*

Lokalizacija i učestalost prijeloma zamora u sportaša umnogome ovise o njegovoj sportskoj aktivnosti. Dokazano je da se neke lokalizacije prijeloma zamora pojavljuju češće u nekih sportaša, npr. prijelom zamora rebara kod golfera i veslača, navikularne kosti stopala kod sprintera i skakača, itd. (Tablica 1).

LOKALIZACIJA PRIJELOMA ZAMORA	SPORTAŠI ILI SPORTSKA AKTIVNOST
korakoidni nastavak skapule	gađanje glinenovih golubova
humerus	bacačke aktivnosti, igre reketom
ulna – olekranon	bacanje koplja, bacanje lopte
ulna – trup	sportovi s reketom
radijus	gimnastika
rebro (I)	košarka, balet
rebra (IV-IX)	veslanje, golf
pars interarticularis	gimnastika, plesanje, dizanje utega, skokovi u vodu
sakrum	dugoprugaši, maratonci
grana pubične kosti	dugoprugaši, maratonci
femur – vrat	dugoprugaši, gimnastičari
femur – trup	dugoprugaši i srednjepugaši, preponaši
tibija	trčanje
fibula	trčanje, gimnastika, umjetničko klizanje
navikularna kost stopala	sprinteri, preponaši, košarkaši, skakači uvis/udalj
metatarzalne kosti – općenito	trčanje, plasanje, gimnastika
metatarzalne kosti – druga	balet
metatarzalne kosti – peta	košarka, nogomet, ragbi, bacanje (koplje, kladivo)
sezamske kosti nožnog palca	trčanje, ples, gimnastika, košarka

Tablica 1. Sportaši i/ili sportske aktivnosti kod kojih se češće pojavljuju neke lokalizacije prijeloma zamora.

Table 1. Sports and activities commonly associated with various stress fractures sites.

(Preneseno iz From:Bojanić I.; Pećina H.I.; Pećina M. Prijelomi zamora. Arh Hig Rada Toksikol 2001; 52: 471-482.)

## PREDISPONIRAJUĆI ČIMBENICI

Uzroci nastanka prijeloma zamora mogu biti prilično očiti, npr. naglo povećanje kvantiteta treninga, istrošena sportska obuća ili očita biomehanička nepravilnost. S druge strane, uzroci mogu biti mnogo suptilniji, primjerice trčanje po nepravilnu terenu, neravnoteža snage mišića, nejednakost dužine nogu. Uzrok se mora tražiti kod svakog sindroma prenaprezanja, a predisponirajući čimbenici se moraju detaljno proučiti u svakog pojedinog sportaša. Uzroci sindroma prenaprezanja tradicionalno su podijeljeni na intrinzičke čimbenike, koji pripadaju samom pojedincu i ne mogu se lako promijeniti, i na ekstrinzičke čimbenike, na koje se lako utječe i može ih se mijenjati.

### Intrinzički čimbenici

#### Biomehanički čimbenici

Istraživanja su pokazala da neka anatomska odstupanja na donjim ekstremitetima, npr. genu varum, tibia vara, pes varus, pes planovalgus te pes cavus, koja mijenjaju prijenos opterećenja, pridonose nastanku prijeloma zamora (24). Varus usmjerenje je učestalije u sportaša s prijelomima zamora, pogotovo s prijelomima zamora femura i tarzalnih kostiju. Pes cavus se češće

nalazi u sportaša s prijelomima zamora metatarzalnih kostiju i femura, dok spuštenu stopala s izrazitom pronacijom znatno pridonose razvoju prijeloma zamora tibije, fibule i tarzalnih kostiju. Razlika u duljini nogu također može pridonijeti razvoju prijeloma zamora. Tako se npr. prijelomi zamora femura, tibije i metatarzalnih kostiju obično pojavljuju na duljoj nozi, dok su prijelomi zamora fibule češći na kraćoj nozi.

### Mišići

Stanje mišića i njihov tonus, odnosno snaga, u izravnom je odnosu s nastankom prijeloma zamora. Ako se naglo poveća fizička aktivnost, povećat će se i tonus mišića, a to dovodi do snažnih sila stresa na kost koje mogu uzrokovati nastanak prijeloma zamora. U suprotnosti s ovim, slabost mišića može pridonijeti razvoju prijeloma zamora uzrokujući porast ili redistribuciju sila stresa na kost. Izmoreni mišići imaju smanjenu kontraktibilnost i njihova je sposobnost da apsorbiraju udare smanjena uzrokujući novu raspodjelu sila stresa, kompresije i smika na kost. Pojačana napetost mišića i smanjena fleksibilnost mišića i tetiva također se smatra jednim od glavnih uzroka kroničnih sila stresa na kost i upravo je to navedeno razlogom zašto su vježbe istezanja i jačanja mišića izrazito važne.

### Ekstrinzički čimbenici

#### Pogreške u treningu

Pogreške u treningu najčešći su uzrok prijeloma zamora i to je uzrok u 22 do 75% slučajeva prema rezultatima istraživanja (3,9,14). Te su pogreške opisane kao „mileage mania“ (pretjerana kilometraža), iznimno intenzivni treninzi, ili pretjerane promjene u kvalitativnim

i kvantitativnim pogledima treninga. Istraživanja među vojnim novacima i sportašima pokazala su da ubacivanje adekvatno dugog odmora tijekom razdoblja napornih aktivnosti znatno smanjuje rizik nastanka prijeloma zamora osiguravajući vrijeme potrebno za oporavak mikrooštećenja kosti i smanjujući opterećenje na kost.

### Podloga

Vrsta podloge za trčanje (tartan, asfalt, trava, itd.), tj., kvaliteta podloge igrališta (parket, beton, asfalt, itd.) iznimno je važna za nastanak prijeloma zamora (9). Trčanje na tvrdim podlogama može biti povezano s povećanim rizikom prijeloma zamora zbog mehaničkog udara prenesenog na kost. Proučavanjem dviju skupina trkača koji su imali prijelome zamora, pronađeno je da je njih 50% trčalo na tvrdoj podlozi (34). Trčanje na neravnoj podlozi može povećati rizik prijeloma zamora uzrokujući pojačani zamor mišića i preraspodjelu opterećenja na kost. Trčanje duž jednog kraja ceste, tj. na nakošenoj podlozi, vodi takozvanom sindromu kratke-duge noge, koji može uzrokovati nastanak prijeloma zamora tibije.

### Obuća

Sportska obuća je dizajnirana da smanji udar o podlogu i osigura stabilnost kontrolirajući kretnje stopala i gležnja. Pokazalo se da je starost tenisica bolji pokazatelj kvalitete apsorpcije udara nego cijena tenisica te da nošenje tenisica starijih od 6 mjeseci, povećava rizik prijeloma zamora. Međutim, nije pronađena povezanost između cijene tenisica i rizika prijeloma zamora. No, i nove tenisice mogu voditi k razvoju prijeloma zamora jer pretjerano omekšavanje potplate tenisica, koje smanjuje povratnu tjelesnu propriocepciju (usmjerenje plantarne površine stopala), može prouzročiti oštećenje pri trčanju. Taj osjetni poremećaj opisan je kao pseudoneuropatsko stanje.

### PATOFIZIOLOGIJA

Kost je prilagodljivo tkivo, sposobno za popravak, regeneraciju, i remodeliranje u odgovoru na okolišne, pogotovo mehaničke, utjecaje. Kosti su izložene i stresu (tj. nošenju) i istezanju (tj. deformaciji) prilikom vježbi s tjelesnom težinom i remodeliraju se kao direktan odgovor na primjenjene sile. Ako je kost izložena ponavljajućim cikličkim opterećenjima, u određenom su trenutku reparativni mehanizmi nadvladani, mikrooštećenja se počinju nakupljati i proces kulminira prijelomom zamora. Dvije suprotstavljene, ali ne uzajamno isključive teorije mogu objasniti razvoj prijeloma zamora (29). Jedna teorija drži da za vrijeme početnog rasta vježbajuće aktivnosti osteoblastična aktivnost zaostaje za osteoklastičnom aktivnosti nekoliko tjedana, rezultirajući razdobljem u kojem je kost sklonija za oštećenja. Torzijske i savijajuće sile opterećenja zbog ponavljajućih napora rezultiraju mikrofrakturama koje se konsolidiraju u prijelome

zamora. Druga teorija ističe snažan i ponavljajući stres na kost u području mišićnih insercija za kost, rezultirajući žarišnim savijajućim opterećenjima koja su iznad sposobnosti kosti da ih podnese.

### DIJAGNOZA

Kako za druge sindromime prenaprezanja, tako je i za postavljanje dijagnoze prijeloma zamora, važno imati na umu mogućnost takvoga stanja. Dakle, klinička dijagnoza jest osnovni postupak koji se kasnije, prema potrebi, nadopunjuje i drugim dijagnostičkim metodama.

### Klinička dijagnoza

Vodeći simptom prijeloma zamora je bol (3,10,22,23,25,29,31). Najčešće, bolesnik opisuje postupan početak bolova u području prijeloma koji se pojavljuju za vrijeme aktivnosti, a nestaju s odmorom. Ako se aktivnost nastavi, bol se pojavljuje još i ranije, i to pojačanim intenzitetom za vrijeme te aktivnosti, a traje dulje nakon aktivnosti. Kasnije bol bude toliko jaka da se aktivnost mora prekinuti. Konačno, bol može biti prisutna stalno unatoč prekidu aktivnosti i potpunom odmoru. Potpuna anamneza treba sadržavati pregled vježbi i programa treninga, pogotovo sve novije promjene u vrsti ili razini aktivnosti, kao i promjene površine, opreme (pogotovo tenisice) te tehnike. Trebaju se prikupiti i podatci o prethodnim sličnim oštećenjima te drugim mišićno-koštanim ozljedama. Dodatno, treba procijeniti bolesnikovo opće zdravstveno stanje, lijekove, prehranu, zanimanje te osobne navike. Od svih bolesnica treba uzeti detaljnu menstrualnu anamnezu. Osnovno obilježje prijeloma zamora jest lokalizirana bolnost na palpaciju mjesta prijeloma. To je najlakše pobuditi kod kostiju koje su lako dostupne palpaciji, kao što su metatarzalne kosti ili fibula. Za kosti koje su dublje smještene, poput zdjelice ili vrata i trupa femura, bol se može pobuditi nježnim izvođenjem opsega kretnje ili specifičnim dijagnostičkim testom, primjerice „fulcrum test“ koji je od pomoći pri dijagnosticiranju prijeloma zamora u subtrohanteričkom području femura. Katkad se tijekom kliničkog pregleda može također otkriti oteklina i crvenilo, a na mjestu prijeloma obično nema deformiteta. Perkusija zahvaćene kosti distalno od mjesta prijeloma uzrokuje bol. Mišićna



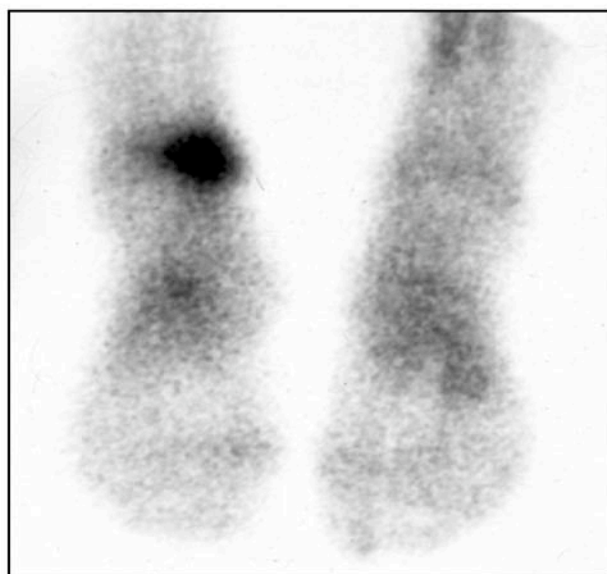
Slika 1. Radiogram (AP projekcija) prikazuje prijelom zamora fibule (strelica).

Figure 1. Radiogram (AP view) demonstrating stress fracture of the fibula (arrow).

atrofija, slabost i ograničenje kretnji obično nisu prisutni. Primjena opterećenja na zahvaćeno područje pomaže reprodukciji bolesnikovitih simptoma, primjerice „hop-test“. Aktivnosti kao što su hodanje, hodanje na prstima, ili trčanje na mjestu mogu reproducirati bolesnikove smetnje u liječnikovoj ordinaciji. Pasivno istezanje također može izazvati bol u zahvaćenom području. U tom slučaju, prijelom zamora je vjerovatnije uzrokovan povlačenjem mišića nego statičkim opterećenjem. Kao dio kliničkog pregleda, liječnik bi trebao procijeniti sportaševu fleksibilnost, potom odrediti usmjerenje i duljinu donjih ekstremiteta, status stopala te motoričku funkciju.

### Radiografija

Standardne rendgenske snimke mogu dobro prikazati promjene samo u 50 do 70% slučajeva prijeloma zamora (3,22,32). Također pokazalo se da je od pojave boli do trenutka kad promjene postaju vidljive na standardnim rendgenskim snimkama potrebno od 2 tjedna do čak tri mjeseca, ovisno o lokalizaciji prijeloma. Za određene lokalizacije, npr. tarzalne kosti, femur, ili pak kralježnicu, često nije moguće primijetiti nikakve promjene unatoč dugotrajnom praćenju bolesnika. Prvi su primjetni radiološki znakovi prijeloma zamora u kortikalnoj periostalna reakcija (kod prijeloma dijafize) te medularna sklerozacija i endostalno zadebljanje (kod prijeloma metafize). Navedene se promjene ne prepoznaju tako lako, tj. mogu se identificirati s većom vjerojatnošću samo na tangencionalnim snimkama ili tomogramima. Početne radiološke promjene prijeloma zamora spongiozne kosti, koje nazivamo trabekularni prijelomi, obilježene su teško primjetnim mrljama, nalik na pahulje nove



Slika 2. Scintigrafija kosti (AP projekcija) pokazuje žarišno nakupljanje u desnome medijalnemu maleolusu.

Figure 2. Bone scan (AP view) demonstrates focal uptake in the right medial malleolus



Slika 3. CT sken pokazuje prijelom zamora navikularne kosti stopala (strelica).

Figure 3. CT scan shows navicular tarsal stress fracture (arrow).

kosti, koji se pojavljuju između 10. i 21. dana od početka simptoma (Slika 1) (3). Kasnije se mrlje transformiraju u šira, oblaku nalik područja mineralizirane kosti i tada se unutar kosti pojavi područje žarišne linearne sklerozacije usmjerene okomito na trabekule, što je najkarakterističniji znak prijeloma zamora spongiozne kosti. Standardna radiološka obrada uvijek je potrebna prilikom početne procjene kako bi se eliminirali drugi mogući uzroci lokalizirane koštane boli, kao što je potpuni prijelom kosti, infekcija ili pak malignitet. Posebne se projekcije rabe u pojedinim slučajevima, npr. kose projekcije lumbalne kralježnice i sl. Važno je zapamtiti da su prijelomi zamora dinamične prirode, te da je i radiološki prikaz također kontinuiran. Međutim, unatoč negativnim rendgenskim snimkama, dijagnozu prijeloma zamora treba razmatrati ako su prodromalni znakovi te simptomi i klinički indeks sumnje i dalje visoki (22,26,32).

### Scintigrafija

Troetapna scintigrafija kosti visoko je osjetljiva, ali joj nedostaje specifičnost i anatomska rezolucija. Zbog više specifičnosti rendgenskih snimki, scintigrafija kosti je preporučena samo ako rendgenske snimke izgledaju negativne unatoč razumnoj sumnji da je prijelom zamora uzrok. Sukladno ovome, troetapna scintigrafija kosti tehnecijem 99m difosfatom danas je zlatni standard za dijagnozu prijeloma zamora (11). Scintigrafija kosti može pokazati promjene unutar 6 do 72 sata nakon pojave početnih simptoma prijeloma zamora. Tipičan scintigrafski nalaz prijeloma zamora karakteriziran je ovalnim ili vretenastim, oštro ograničenim žarištem pojačanog nakupljanja koji zahvaća jedan korteks ili povremeno punu širinu kosti (Slika 2). Kod prijeloma zamora sve su tri etape pozitivne (11). Neki drugi *mekotivni sindromi*

prenaprežanja bit će pozitivni samo u prve dvije etape, te tako omogućiti diferencijaciju koštane patologije i patologije koja zahvaća meka tkiva. Asimptomatska nakupljanja radionuklida samo upućuje na pregradnju kosti uzrokovanu fizičkim stresom. Kako scintigrafski nalaz ostaje pozitivan nekoliko mjeseci, klinički i radiološki nalazi odlučujući su pri praćenju liječenja prijeloma zamora.

#### *Kompjutorizirana tomografija*

Kompjutoriziranu tomografiju (CT) valja primijeniti nakon što je scintigrafski nalaz pozitivan kako bi se potpuno razjasnio patološki proces.

CT je vrlo koristan za diferenciranje stanja koja mogu oponašati prijelom zamora kosti; a to su različiti maligniteti, osteomijelitis s Brodijevim apscesom, itd. Osim toga, na tomogramima se mogu pokazati prijelomi zamora koji nisu vidljivi na običnim rendgeskim snimkama, a mogu se iskoristiti i za procjenu cijeljenja kad obične rendgenske snimke neadekvatno prikazuju prijelom.

Tako je CT od najveće pomoći pri identificiranju prijeloma zamora sakruma, zdjelice i kralježnice te u identificiranju i određivanju načina liječenja prijeloma zamora navikularne kosti stopala (Slika 3) (6).

Nedostatak CT-a je ograničenje skeniranja na aksijalnu ravninu, što ne dopušta pogled na transferzalno usmjerene prijelome, pa se u tim slučajevima može primijeniti spiralni CT da se smanje ta ograničenja.

#### *Magnetska rezonancija*

Magnetska rezonancija (MR) je vrlo korisna u identificiranju prijeloma zamora (17,32). Visoko je specifična za dijagnozu prijeloma zamora kosti i obično otkriva nepravilnosti nekoliko tjedana prije razvoja radiografskih promjena. Osjetljivost MR usporediva je sa scintigrafijom kosti prigodom otkrivanja koštanih nepravilnosti. Osim što ima višu specifičnost od scintigrafije kosti u razlikovanju koštane problematike od meko-tkivnih ozljeda, MR prikaz je koristan u stupnjevanju određenih prijeloma zamora i stoga, u predviđanju vremena oporavka. Dodatno, MR prikazom izbjegava se izlaganje ionizirajućem zračenju te je potebno manje vremena za pretragu nego kod troetapne scintigrafije. Novija poboljšanja u dostupnosti MR, uključujući povećanje dostupnosti relativno jeftinih skenera za ekstremitete, vjerojatno će proširiti buduću uporabu MR u otkrivanju koštanih nepravilnosti, te bi moglo nadvladati konvencionalnu radiografiju kao primarno dijagnostičko sredstvo za otkrivanje koštanih ozljeda zamora.

#### DIFERENCIJALNA DIJAGNOZA

Dva vodeća razloga neuspješnog dijagnosticiranja prijeloma zamora jesu njihovo zanemarivanje kao

moguće dijagnoze te prihvatanje negativnih nalaza na rendgenskim snimkama koje su snimljene prerano ili neprikladno prikazuju područje. Diferencijalna dijagnoza prijeloma zamora jako je široka i u nju valja ubrojati stres reakciju, periostitis, istegnuće mišića, infekciju, neoplazmu, burzitis, sindrom fascijalnog prostora potkoljenice te neke kanalikularne sindrome. U djece i adolescenata od najveće je važnosti razlučiti prijelome zamora od osteogenih sarkoma i Ewingova tumora. Praćenje rendgenom, ponovljeno nakon 2 do 3 tjedna, obično rješava problem dijagnoze. Looserove zone transformacije treba diferencirati od prijeloma zamora. To su nepotpuni prijelomi zamora koji cijele s kalusom, a koji se viđaju kod osteomalacije. Na rendgenskim slikama, vidi se ako tanka, prozirna traka koja je široka oko 2 mm i koja se proteže okomito na površinu kosti šireći se s unutarnje strane korteksa. Drugo stanje koje se mora izdiferencirati od prijeloma zamora, jest Milkmanov sindrom, generalizirana bolest kostiju obilježena mnogim prozirnim prugama apsorpcije u dugim i plosnatim kostima. Diferencijalna se dijagnoza prijeloma zamora i sindroma prenaprežanja mekih tkiva može osloniti samo na kliničke nalaze i radiološku dijagnozu; već je tu nužna scintigrafija, a ponekad čak i MR. Osteoid osteom se vrlo često zamijeni s prijelomom zamora zbog svoje prezentacije s bolom te zbog diskretnog žarišnog područja pojačanog nakupljanja radionuklida tijekom scintigrafije kosti. No, dvije su karakteristike osteoid osteoma odlučne za postavljanje točne dijagnoze, a to su prisutnost noćne boli i smanjenje boli nakon uzimanja acetilsalicilne kiseline.

#### LJJEČENJE

Osnova liječenja prijeloma zamora jest prekid sportske aktivnosti koja uzrokuje pojavu boli, koncept znan kao „relativni odmor“. Naime, apsolutno je potrebno prekinuti krug prenaprežanja da bi se omogućilo cijeljenje kosti (3,10,23,31). No, postoji i skupina prijeloma zamora, nazvana prijelomi zamora visokog rizika, koja uz relativni odmor zahtijeva i neke dodatne postupke (4). U tu skupinu ubrajamo prijelome zamora vrata femura (tenzijska strana), patela, prednji korteks tibije, medijalni maleol, talus, navikularna stopala, peta metatarzalna kost i sezamske kosti palca stopala (6).

Trajanje liječenja ovisi o zahvaćenoj kosti, bolesniku te i o određenom sportu. Za većinu bolesnika s prijelomom zamora, razdoblje relativnog odmora traje između 4 i 12 tjedana.

Bliska suradnja liječnika i bolesnika, kao i njegove okoline, ponajprije trenera, od presudne je važnosti za uspjeh liječenja. Katkada, kada se bol pojavljuje tijekom svakodnevnih aktivnosti, primjerice prilikom hoda, potrebno je potpuno ili djelomično smanjiti opterećenje korištenjem štaka prilikom hodanja. Vježbanje je vrlo važno u sprječavanju gubitka kondicije oboljelih sportaša. Opća kondicija može se održati vježbanjem

drugih dijelova tijela te alternativnim treningom, kao što je trčanje u vodi, plivanje, bicikl, itd.

Bitno je istaknuti da alternativna aktivnost ne smije uzrokovati bol ili osjetljivost. Nakon što sportaš nema bolove 2 do 3 tjedna i podnosi puno tjelesno opterećenje, postupno se može vratiti svom sportu. Pritome sportaš ne smije imati bolnu osjetljivost na palpaciju mjesta prijeloma. Nadalje, sportaša valja upozoriti da učestalost, intenzitet i trajanje treninga pri povratku sportskim aktivnostima moraju biti znatno ispod razine koja je prije stvorila simptome. Općenito, volumen ili intenzitet treninga ne smije se povećati iznad 10% tjedno, jer se tako izbjegava ponovna pojava prijeloma zamora. Bolesnike pritome treba redovito kontrolirati, a ako se pojavi bilo kakva bol tijekom sportske aktivnosti ili bolna osjetljivost nakon nje, treba smanjiti ili modificirati njihovu aktivnost tijekom dva tjedna (6).

U rijetkim okolnostima, kirurško liječenje može biti indicirano, i to ako se radi o prijelomu zamora visokog rizika, ako je prijelom zamora napredovao do potpunog prijeloma, ili ako je za prijelom zamora dokazano nesraštavanje.

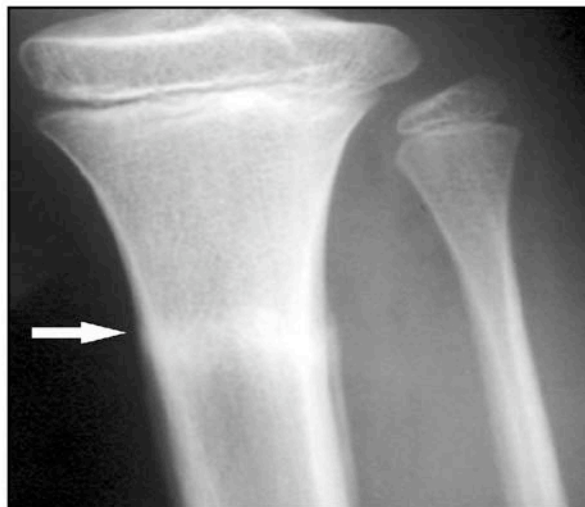
#### PREGLED NAJUČESTALIJIH PRIJELOMA ZAMORA

Različite kosti imaju različita mehanička i biološka obilježja koja utječu na njihovo cijeljenje i liječenje. U ovom će poglavlju biti opisani samo najučestaliji prijelomi zamora, ali liječnik mora biti svjestan da su u daljnjem tekstu spomenuti opći principi primjenjivi na sve prijelome zamora.

#### Tibija

Trup tibije je najučestalija lokalizacija prijeloma zamora (3,14,22,23). Na nesreću, bol u potkoljenici je učestala među sportašima i posljedica je različitih uzroka uključujući periostitis tibije (tj. trkačku potkoljenicu) i sindrom fascijalnog prostora potkoljenice (potencijalno ozbiljno stanje). Pažljiva je anamneza nužna za razlikovanje ovih entiteta. Bol koja se pojavljuje rano tijekom vježbanja i smanjuje se s trajanjem aktivnosti, upućuje na periostitis. Bol pospješena vježbanjem, koja se pogoršava s kontinuiranom aktivnošću, može nagoviještati prijelom zamora. Prijelomi zamora lokalizirani na posteromedijalnom trupu tibije (kompresijska strana kosti) najučestaliji su u sportovima koji uključuju trčanje, kao što su trčanje na duge staze, nogomet, košarka, balet (3,14,22,23). Osnovni simptom je bol koja se pojavljuje tijekom aktivnosti i nestaje s odmorom. S vremenom može postati prisutna i tijekom svakodnevnih aktivnosti ili čak i noću. Klinički pregled otkriva bolnu osjetljivost na palpaciju i perkusiju mjesta prijeloma, dok se u kasnijem stadiju može palpirati i kalus. Katkad je prisutna i oteklina mekih tkiva. Radiološka potvrda dijagnoze moguća je tek 2 do 5 tjedana nakon pojave

bolova, kada se kalus, kao i prijelomna pukotina mogu uočiti (obično se traže i kose snimke) (Slika 4). Osim



Slika 4. Radiogram (AP projekcija) tibije prikazuje prijelom zamora proksimalnog metafizno – dijafiznog spoja (strelica).

Figure 4. Radiogram (AP view) of the tibia demonstrating stress fracture at the proximal metaphyseal – diaphyseal junction (arrow).

za ranu dijagnozu, scintigrafija kosti pomaže i prilikom diferenciranja prijeloma zamora od sindroma m. tibialis posteriora, periostitisa tibije i kroničnog sindroma fascijalnih prostora potkoljenice. Liječenje se sastoji od odmora, tijekom kojeg je ponekad potrebno razdoblje rasterećenja s pomoću štaka zbog smanjena bolova. Većina prijeloma zamora tibije cijeli unutar 6 do 8 tjedana, s prosječnim vremenom do potpunog povratka sportu od 8 do 12 tjedana. Atipični prijelomi zamora prednjeg korteksa srednje trećine tibije (tenzijska strana kosti) pojavljuju se gotovo uvijek u sportaša koji izvode ponavljajuće skokove i preskokove. Taj tip prijeloma zamora opisan je u košarkaša, trkača, skakača s motkom, skakača uvis, odbojkaša, rukometaša, umjetničkih klizača i plesača baleta (12,30). Ti prijelomi zamora imaju produljeno vrijeme cijeljenja, stoga se liječenje najčešće započinje mirovanjem s imobilizacijom ili bez nje tijekom najmanje 3 do 6 mjeseci. Ako nakon toga razdoblja nema dokaza za cijeljenje prijeloma, i to ni kliničkog ni radiološkog, indicirano je kirurško liječenje. Drugi atipični prijelom zamora tibije pojavljuje se na medijalnom maleolu. Ti su prijelomi zamora opisani u sportaša koji sudjeluju u trkačim i skakačkim aktivnostima, tj. u košarkaša, trkača preko prepona, skakača uvis i udalj, sprintera i gimnastičara. Prijelomi zamora bez pomaka medijalnog maleola trebali bi se liječiti imobilizacijom u sadrenoj čizmi bez opterećivanja u trajanju od 6 do 8 tjedana, dok prijelomi s pomakom zahtijevaju kirurško liječenje, i to otvorenu redukciju te unutarnju fiksaciju s vijcima.

### Metatarzalne kosti

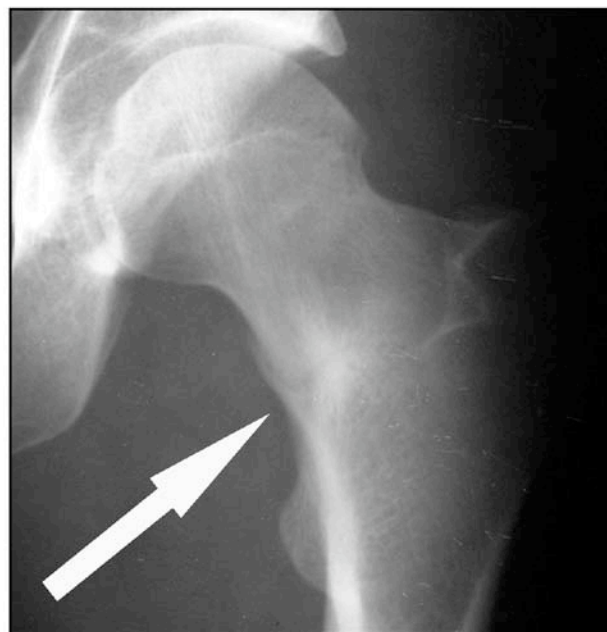
Metatarzalne kosti su druga najučestalija lokalizacija prijeloma zamora, pogotovo česta među vojnim novacima, dugoprugašima i plesačima baleta. Od svih metatarzalnih kostiju najčešće je oštećena druga metatarzalna kost, a zatim redom slijede treća, prva, četvrta i peta metatarzalna kost. Kod više od 80% prijeloma zamora metatarzalnih kostiju zahvaćen je trup druge i treće metatarzalne kosti (35). Manje učestale lokalizacije su baza druge te pete metatarzalne kosti. Prijelomi zamora trupa metatarzalnih kostiju uobičajene su u trkača, plesača, košarkaša, nogometaša, umjetničkih klizača i gimnastičara. Sportaš se obično žali na bol u prednjem dijelu stopala koja se pojačava tijekom trčanja, skakanja, ili pak prilikom plesa. Iako bol u početku aktivnosti nije jaka, daljnjom aktivnošću postupno se pojačava. Dijagnostika je razmjerno jednostavna, naravno ako se sumnja na prijelom zamora. Kliničkim se pregledom nalazi ograničeno područje bolno na palpaciju, a ponekad se može palpirati i zadebljanje duž trupa zahvaćene kosti, tj. prijelomni kalus Radiološke promjene, nježna prijelomna pukotina s periostalnom reakcijom, vidljive su tek dva do tri tjedna od pojave prvih bolesnikovih simptoma. Ako rendgenske snimke ne potvrde prisutnost prijeloma zamora, valja načiniti scintigrafiju kosti. Prekidom sportskih aktivnosti u trajanju od 4 do 6 tjedana postiže se izlječenje, tj. postigne se potpuno koštano cijeljenje. U pojedinim slučajevima primjenjuje se i imobilizacija u sadrenoj čizmi s petom za hod tijekom prva dva do tri tjedna liječenja. Prijelome zamora proksimalnog dijela pete metatarzalne kosti



Slika 5. Poslijeoperacijska rendgenska snimka prijeloma zamora pete metatarzalne kosti (Jonesov prijelom) (bijela strelica) riješen intramedularnom fiksacijom vijkom.

Figure 5. Postoperative roentgenogram of the stress fracture of the fifth metatarsal bone (Jones fracture) (white arrow) managed with intra medullary screw fixation

distalno od tuberositasa, znane i kao Jonesov prijelom, treba izdvojiti kao zaseban entitet poradi njihove sklonosti produljenom zarašćivanju, nesrašćivanju te ponovnom prijelomu. Jonesov prijelom najučestaliji je u košarkaša, ragbijaša, nogometaša, trkača i bacača (koplje, kladivo). Glavni simptom je bol s lateralne strane stopala koja se pojačava pri doskoku na prednji dio stopala. Klinički



Slika 6. AP rendgenska snimka lijevoga kuka prikazuje prijelom zamora vrata femura (strelica).

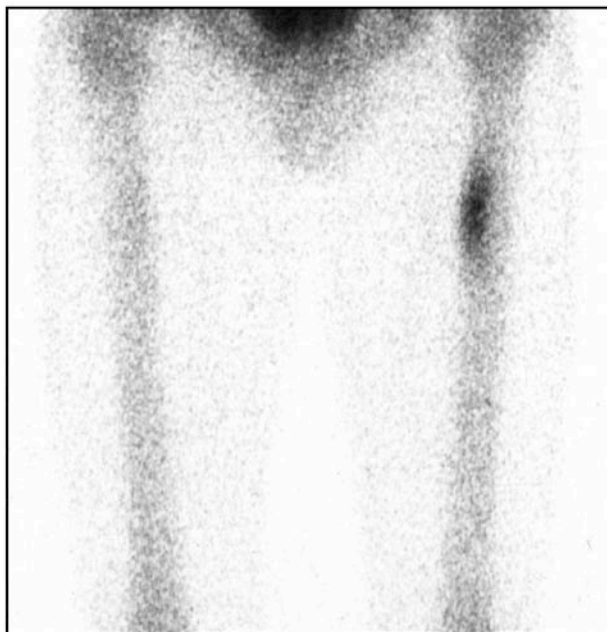
Figure 6. AP radiograph of the left hip demonstrates stress fracture of the femoral neck (arrow).

pregled otkriva bol na palpaciju proksimalnog kraja pete metatarzalne kosti (1,5 cm distalno od tuberositasa). Izbor metode liječenja osniva se na radiološkom stupnjevanju, pa se imobilizacija u sadrenoj čizmi bez opterećivanja, u trajanju od 6 do 8 tjedana, primjenjuje kod ranih oštećenja, dok je kirurško liječenje potrebno za uznapredovale slučajeve i za slučajeve nesrašćivanja prijeloma (28). Mogućnosti kirurškog liječenja su intramedularna fiksacija vijkom te kortikospongiozni koštani presadak (Slika 5). Trenutačno, najpopularniji izbor kirurškoga liječenja u sportaša jest intramedularna fiksacija vijkom.

### Femur

Prijelomi zamora femura mogu biti locirani na vratu, trupu, suprakondilarnom ili kondilarnom području femura. Najpoznatiji prijelom zamora femura je prijelom vrata, ali ne toliko zbog svoje učestalosti koliko zbog posljedičnih komplikacija, produljenoga zarašćivanja, nesrašćivanja, pomaka ulomaka te razvoja aseptične nekroze glave bedrene kosti (15). Zbog toga bi primarni cilj rada trebao biti prevencija komplikacija ranom dijagnozom i pažljivim liječenjem. Prijelomi zamora vrata bedrene kosti najčešće se pojavljuju u vojnih novaka tijekom osnovne obuke i u dugoprugaša. No, opisani su i u košarkaša i gimnastičara. Početni i najčešći simptom je bol u prednjem dijelu prepone. Bol se često pojača prilikom statičkog opterećenja ili sportske aktivnosti, a katkad dovodi i do šepanja. Povremeno je prisutna i noćna bol. Pri kliničkom se pregledu bol pojavljuje pri ispitivanju kretnji u kuku, a pritom se obično uočava i ograničenje fleksije te unutrašnje rotacije. Osjetljivost kosti na





Slika 7. Scintigrafija kosti prikazuje izraženo nakupljanje radionuklida u proksimalnoj trećini femoralnog trupa.

Figure 7. Bone scan demonstrating intense radiotracer uptake on the proximal third of the femoral shaft.

palpaciju je minimalna zbog debljine mekoga tkiva koje prekriva vrat femura. Aksijalna kompresija ili perkusija iznad velikog trohantera mogu prouzročiti pojavu bola. Klinički test koji je od pomoći pri dijagnostici je „hop test“ u sklopu kojega bolesnik pokušava skakutati samo na ozlijeđenoj nozi, neizbježno reproducirajući bol koju ovi bolesnici osjećaju ako je prisutan prijelom zamora bez pomaka. Ako klinički pregled nagovještava prijelom zamora vrata femura, treba ga smatrati prisutnim dok se ne dokaže suprotno. U tom se slučaju mogu načiniti i rendgenske snimke, imajući na umu da te promjene (kad su prisutne) obično zaostaju za pojavom simptoma 2 do 4 tjedna (Slika 6). Scintigrafija kosti ili MR kuka trebaju se učiniti što ranije kako bi se postavila pravodobna, definitivna dijagnoza (Slika 7). U usporedbi sa scintigrafijom, MR ima sličnu osjetljivost ali bolju specifičnost, te postaje dijagnostička metoda izbora.

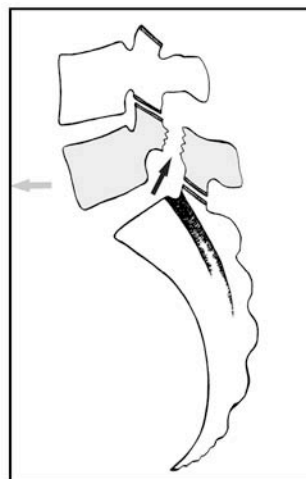
Kada su rendgenske snimke uredne i pri pozitivnoj scintigrafiji, ili sklerozi bez vidljive prijelomne pukotine, neoperacijsko liječenje će biti dovoljno. Ono se sastoji od potpunog odmora u krevetu dok bol ne nestane, a potom se započinje s hodom uporabom dviju štaka s postupnim opterećivanjem ozlijeđene noge. Normalan se hod dopušta tek kad je hod na štakama pri punom opterećenju ozlijeđene noge bezbolan.

Ako bolesnik dođe na pregled s vidljivom prijelomnom pukotinom, potrebno je kirurško liječenje. Prijelom zamora vrata femura s pomakom ulomaka predstavlja hitno stanje u ortopediji. Rana, precizna redukcija ulomaka i unutarnja fiksacija prijeloma prijeko su potrebni.

### Slabinska kralježnica

Prijelomi zamora slabinske kralježnice najčešće se pojavljuju u pars interarticularis iako mogu biti locirani na pediklima ili lamini (Slika 8). Najzahvaćenija razina kralježnice je L5 segment praćen s razinama L4 i L3. Prijelomi zamora pars interarticularis pogotovo su česti u sportovima u kojima sportaši ponavljaju hiperekstenziju slabinske kralježnice, primjerice u gimnastici, plesu, dizanju utega, hokeju, skoku s motkom, ragbiju, košarci, trčanju (27).

Osnovni su znakovi prijeloma zamora pars interarticularis odsutnost periostalne reakcije i velika mogućnost ponovnog prijeloma, tj. razvoja spondilolize i ponekad čak spondilolisteze. Bolesnici najčešće imaju lokaliziranu, jednostranu križobolju. Bol se pojačava sa sportskom aktivnošću, pogotovo ekstenzijom i hiperekstenzijom, i popušta s odmorom. Hiperekstenzijski test slabinske kralježnice na jednoj nozi (uobičajeno zvan test rode), u kojem bolesnik treba hiperekstendirati slabinsku kralježnicu dok stoji na ipsilateralnoj nozi u odnosu na zahvaćenu stranu, obično pobudi bol. Bolesnici također često imaju smanjen opseg kretnje pri dizanju ispružene noge zbog spazma hamstringsa. Radiološka procjena treba uključivati anteroposteriorne, laterolateralne te kose snimke slabinske kralježnice. Mnogi prijelomi zamora mogu biti presuptilni da bi se otkrili radiološki i zahtijevaju prikaz nuklearnim metodama. Skeniranje kostiju primjenom kompjutorizirane tomografije emisije jednog fotona (SPECT) pokazalo se posebno korisnim kod ocrtavajućih stres ozljeda pars interarticularis (33). Naprednije metode slikovnog prikaza, CT ili MR mogu biti potrebni da razjasne veličinu oštećenja, pomognu u identificiranju potencijalno simptomatskih djelomičnih oštećenja i da isključe prisutnost druge kralježnične patologije. Pravodobno prepoznavanje prijeloma i odmor od sportske aktivnosti zajedno s torakolumbalnom ortozom nužni su za dobar ishod liječenja (2). Kad je sportaš bez bolova, on ili ona može početi postupan rehabilitacijski program naglašavajući program stabilizacije kralježnice koji se sastoji od jačanja abdominalnih i paraspinalnih mišića.



Slika 8. Spondilolisteza petoga slabinskoga kralješka (siva strelica) zbog spondilolize u luku istoga kralješka (crna strelica).

Figure 8. Spondylolytic defect in the vertebral arch (black arrow) causes spondylolisthesis (grey arrow) of the fifth lumbar vertebra

## ZAKLJUČAK

Prijelomi zamora mogu uzrokovati dugotrajnu štetu pogotovo u sportaša i vojnih novaka ako nisu primjereno dijagnosticirani i liječeni. Dijagnoza se tradicionalno osniva na kliničkim, radiološkim i scintigrafskim nalazima, ali MR je postala izrazito bitna. MR visoke rezolucije je osobito vrijedna prilikom stupnjevanja sindroma prenaprezanja kostiju. Liječnik treba biti svjestan širine lepeze oštećenja kostiju i dostupnih dijagnostičkih metoda. Rana dijagnoza je osnova izbjegavanja dugotrajnih komplikacija. Većina sindroma prenaprezanja kostiju cijeli neoperacijskim liječenjem, ali je operacijsko liječenje ponekad nužno. Oni cijele dobro ako dijagnoza nije kasno postavljena i liječenje je primjereno. Kao i kod većine oštećenja koja spadaju u skupinu sindroma prenaprezanja, prevencija je ključna riječ. Za preveniranje prijeloma zamora i drugih sindroma prenaprezanja, od iznimne je važnosti da sportaš, trener i liječnik surađuju. Nužno je identificirati skupinu s većim rizikom za prijelome zamora; najčešće, sportaše s

biomehaničkom nepravilnošću donjih ekstremiteta. Ovi sportaši se trebaju držati pod trajnim nadzorom i treba im se osigurati različita ortotska pomagala. U ekstremnim slučajevima, kirurško liječenje može biti potrebno radi ispravljanja biomehaničkih poremećaja. Sportašice i njihovi roditelji moraju biti upozoreni na štetne učinke poremećaja prehrane i hormonalnih poremećaja. Pronalaženje sportašica s „trijasom sportašica“ izrazito je važno zbog mogućnosti pravodobnog djelovanja. Nadalje, sportske aktivnosti bi trebalo prilagoditi dobi i mogućnostima sportaša, tj. maksimalni napor treba postizati postupno. Usto, razdoblja odmora trebaju biti ugrađena unutar razdoblja izrazitih napora. Sportska pomagala su također bitna za prevenciju prijeloma zamora, pogotovo stanje tenisica za trčanje i kvaliteta podloge igrališta. Važna mjera prevencije sadržana je u vježbama istezanja i jačanja, koje također smanjuju sile opterećenja na kost.

## Literatura

1. Arendt EA. Stress fractures and the female athlete. *Clin Orthop* 2000; 372:131-138.
2. Bellah RD, Summerville DA, Treves ST, i sur. Low-back pain in adolescent athletes: detection of stress injury to the pars interarticularis with SPECT. *Radiology* 1991; 180:509-512.
3. Bennell KL, Brukner PD. Epidemiology and site specificity of stress fractures. *Clin Sports Med* 1997; 16:179-196.
4. Boden BP, Osbahr DC. High-risk stress fractures: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2000; 8:344-353.
5. Bojanić I, Pećina HI, Pećina M. Prijelomi zamora. *Arh Hig Rada Toksikol* 2001; 52:471-482.
6. Bojanić I, Pećina MM. Traitement conservateur des fractures de contrainte du scaphoide tarsien chez le sportif. *Rev Chir Orthop* 1997; 83:133-138.
7. Brudvig TJS, Gudger TD, Obermeyer L. Stress fractures in 295 trainees. A one-year study of incidence as related to age, sex, and race. *Mil Med* 1983; 148:666-667.
8. Brukner P, Bradshaw C, Khan K, i sur. Stress fractures: a review of 180 cases. *Clin J Sport Med* 1996; 6:85-89.
9. Brunet ME, Cook SD, Brinker MR, i sur. A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. *J Sports Med Phys Fitness* 1990; 30:307-315.
10. Coady CM, Michelli LJ. Stress fractures in the pediatric athlete. *Clin Sports Med* 1997; 16:225-238.
11. Deutsch AL, Coel MN, Mink JH. Imaging of stress injuries to bone: radiography, scintigraphy and MR imaging. *Clin Sports Med* 1997; 16:275-290.
12. Dubravčić-Šimunjak S, Pećina M, Kuipers H, i sur. The incidence of injuries in elite junior figure skaters. *Am J Sports Med* 2003; 31:511-517.
13. Dusek T. Influence of high intensity training on menstrual cycle disorders in athletes. *Croat Med J* 2001; 42:79-92.
14. Dusek T, Pecina M, Loncar-Dusek M, i sur. Multiple stress fractures in a young female runner. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2004; 71:308-310.
15. Egol KA, Koval KJ, Kummer F, i sur. Stress fractures of the femoral neck. *Clin Orthop* 1998; 348:72-78.
16. Hulkko A, Orava S. Stress fractures in athletes. *Int J Sports Med* 1987; 8:221-226.
17. Ishibashi Y, Okamura Y, Otsuka H, i sur. Comparison of scintigraphy and magnetic resonance imaging for stress injuries of bone. *Clin J Sport Med* 2002; 12:79-84.
18. Ivković A. Overuse injuries in young athletes. In *Overuse Injuries of the Musculoskeletal System*, 2nd Ed; Pećina MM, Bojanić I, Eds.; CRC Press: Boca Raton 2004;373-389.
19. Ivkovic A, Bojanic I, Ivkovic M. Trijas sportašica. *Liječ vjesn* 2001; 123:200-206.
20. Johnson AW, Weiss CB, Wheeler DL. Stress fractures of the femoral shaft in athletes-more common than expected. *Am J Sports Med* 1994; 22:248-256.
21. Jones BH, Bovee MW, Harris JM, Cowan DN. Intrinsic risk factors for exercise-related injuries among male and female army trainees. *Am J Sports Med* 1993; 21:705-710.
22. Jones BH, Harris JM, Vinh T, Rubin C. Exercise-induced stress fractures and stress reactions of bone: epidemiology, etiology, and classification. *Exer Sport Sci Rev* 1989; 17:379-422.
23. Knapp TP, Garrett WE Jr. Stress fractures: general concepts. *Clin Sports Med* 1997; 16:339-356.
24. Krivickas LS. Anatomical factors associated with overuse sports injuries. *Sports Med* 1997; 24:132-146.
25. Lasso J, Tulikoura I, Kontinen YT, i sur. Bone stress injuries of the lower extremity: a review. *Acta Orthop Scand* 2002; 73:359-368.
26. Matheson GO, Clement DB, McKenzie DC, i sur. Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. *Am J Sports Med* 1987; 15:46-58.
27. Moeller JL, Rifat SE. Spondylolysis in active adolescent. *Phys Sportsmed* 2001; 29:27-32.
28. Nunley JA. Fracture of the base of the fifth metatarsal. The Jones fracture. *Orthop Clin North Am* 2001; 32:171-180.
29. Pećina MM, Bojanić I. Stress fractures. In *Overuse Injuries of the Musculoskeletal System*, 2nd Ed; Pećina MM, Bojanić I, Eds.; CRC Press: Boca Raton, 2003;315-349.
30. Pećina M, Bojanić I, Dubravčić S. Stress fractures in figure skaters. *Am J Sports Med* 1990; 18:227-279.
31. Reeder MT, Dick BH, Atkins JK, i sur. Stress fractures. Current concepts of diagnosis and treatment. *Sports Med* 1996; 22:198-212.
32. Spitz DJ, Newberg AH. Imaging of stress fractures in the athlete. *Radiol Clin North Am* 2002; 40:313-331.
33. Sys J, Michielsen J, Bracke P, i sur. Nonoperative treatment of active spondylolysis in elite athletes with normal X-ray findings: literature review and results of conservative treatment. *Eur Spine J* 2001; 10:498-504.
34. Walter SD, Hart LE, McIntosh JM, i sur. The Ontario cohort study of running-related injuries. *Arch Intern Med* 1989; 149:2561-2564.  
Weinfeld SB, Haddad SL, Myerson MS. Metatarsal stress fractures. *Clin Sports Med* 1997; 16:319-338.