

# Patomorfizm złamań spiralnych goleni w badaniu tomografii komputerowej

## Pathomorphism of Spiral Tibial Fractures in Computed Tomography Imaging

Grzegorz Guzik<sup>(A,B,D,E,F)</sup>

Oddział Urazowo-Ortopedyczny Wojewódzkiego Szpitala Podkarpackiego im. Jana Pawła II, Krosno  
Trauma and Orthopaedics Department, John Paul II Memorial Podkarpacie Region Hospital in Krosno

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Złamania spiralne goleni są prawie jednorodną patomorficznie grupą, różnice dotyczą poziomu złamania kości strzałkowej, w mniejszym stopniu poziomu złamania kości piszczelowej, długości szczeliny złamania oraz skrócenia powypadkowego. Standardowe radiogramy wystarczająco informują o patomorfizmie złamań, tomografia komputerowa bywa przydatna w ilustracji przestrzennego ułożenia odłamów i topografii tkanek miękkich otaczających ognisko złamania.

**Materiał i metody.** Serie obrazów tomografii komputerowej spiralnego złamania goleni ukazują szczegóły wzajemnego ułożenia odłamów kości w ognisku złamania, przebieg szczeliny złamania kości piszczelowej oraz topografię tkanek miękkich niewidoczną w standardowych radiogramach. Model spiralnego złamania goleni ukazuje napinanie się okostnej w miarę zwiększenia przemieszczenia obrotowego i na długość.

**Wyniki.** Kształt szczeliny złamania piszczeli jest spiralny, a jej przebieg niezmienny. Każde złamanie spiralne obu kości goleni powoduje rozległe uszkodzenie okostnej i grozi uszkodzeniem brzusców mięśni zginacza długiego palców i palucha oraz piszczelowego tylnego. Obrazy tomografii komputerowej spiralnego złamania goleni ukazują szczegóły uszkodzenia, które są niewidoczne na radiogramach standardowych i dostarczają cennych informacji o przestrzennym układzie odłamów i zagrożeniach tkanek miękkich w otoczeniu ogniska złamania. Każdemu złamaniu spiralnemu goleni towarzyszy rozerwanie okostnej.

**Wnioski.** 1. Obrazy przekrojów poprzecznych goleni ze spiralnym złamaniem piszczeli w wykonanej tomografii komputerowej ujawniają szczegóły złamania nie widoczne w rutynowych radiogramach. 2. Osty koniec odłamu dalszego może uszkodzić mięśnie: piszczelowy tylny, zginacz długi palców i palucha. 3. Każdemu złamaniu spiralnemu goleni towarzyszy uszkodzenie okostnej.

**Słowa kluczowe:** złamanie spiralne, tomografia komputerowa, goleni

### SUMMARY

**Background.** Spiral fractures of the tibia are virtually homogeneous with regard to their pathomorphism. The differences that are seen concern the level of fracture of the fibula, and, to a lesser extent, the level of fracture of the tibia, the length of fracture cleft, and limb shortening following the trauma. While conventional radiographs provide sufficient information about the pathomorphism of fractures, computed tomography can be useful in demonstrating the spatial arrangement of bone fragments and topography of soft tissues surrounding the fracture site.

**Material and methods.** Multiple cross-sectional computed tomography views of spiral fractures of the tibia show the details of the alignment of bone chips at the fracture site, axis of the tibial fracture cleft, and topography of soft tissues that are not visible on standard radiographs. A model of a spiral tibial fracture reveals periosteal stretching with increasing spiral and longitudinal displacement.

**Results.** The cleft in tibial fractures has a spiral shape and its line is invariable. Every spiral fracture of both crural bones results in extensive damage to the periosteum and may damage bellies of the long flexor muscle of toes, flexor hallucis longus as well as the posterior tibial muscle. Computed tomography images of spiral fractures of the tibia show details of damage that are otherwise invisible on standard radiographs. Moreover, CT images provide useful information about the spatial location of the bone chips as well as possible threats to soft tissues that surround the fracture site. Every spiral fracture of the tibia is associated with disruption of the periosteum.

**Conclusions.** 1. Computed tomography images of spiral fractures of the tibia show details of damage otherwise invisible on standard radiographs. 2. The sharp end of the distal tibial chip can damage the tibialis posterior muscle, long flexor muscles of the toes and the flexor hallucis longus. 3. Every spiral fracture of the tibia is associated with disruption of the periosteum.

**Key words:** spiral fracture, computed tomography, tibia

## WSTĘP

Mechanizmem doprowadzającym do złamań spiralnych goleni jest silny obrót ciała w kierunku przeciwnym niż ustawienie obciążonej kończyny dolnej. Skutkiem tego jest skrętny układ szczeliny złamania, przy czym obwodowa część złamanej goleni zostaje obrócona na zewnątrz [1,3-5,9,13,19,20].

Niewielkie lub umiarkowane wartości skrętnej siły łamiącej goleni nie zagrażają rozległym uszkodzeniem tkanek miękkich otaczających ognisko złamania. Najczęściej, występuje tylko punktowe zasinienie skóry przednio-przyśrodkowej strony goleni wskutek wynaczynienia krwi i stłuczenia powłok przez koniec bliższego odcinka piszczeli. Pokrycie przednio-przyśrodkowej strony kości piszczelowej cienką warstwą tkanek miękkich sprawia, że dochodzić może do uszkodzenia powłok. Punktowe przebicie skóry zdarza się przeważnie u osób nietrzeźwych i czyni złamanie otwartym. Na uszkodzenie, przez ostrą krawędź odcinka dalszego piszczeli, narażone są natomiast brzuszce mięśni: piszczelowego tylnego, zginacza palców i zginacza długiego palucha [3-5,12,19].

Złamania spiralne goleni są prawie jednorodną patomorficznie grupą, różnice dotyczą głównie poziomu złamania kości strzałkowej. Poziom złamanie kości piszczelowej przypada między granicą 1/3 środkowej i 1/3 dalszej długości trzonu [3-5,12,19].

Standardowe radiogramy goleni w dwóch projekcjach wystarczająco informują o patomorfizmie złamań trzonów kości. Tomogramy komputerowe są przede wszystkim przydatne w diagnostyce złamań nasad kości, lecz bywają pouczające również w wieloodłamowych, skośnych i spiralnych złamaniach trzonów, gdyż ilustrują przestrzenne ułożenie odłamów w ognisku złamania [7].

Celem pracy było prześledzenie przestrzennego układu spiralnej szczeliny złamania kości piszczelowej, przemieszczeń odłamów i topografii tkanek miękkich otaczających ognisko złamania.

## MATERIAŁ I METODY

W celu dokładnego prześledzenia kształtu szczeliny złamania wykonano spiralną tomografię komputerową goleni chorego, który doznał spiralnego złamania kości piszczelowej na granicy 1/3 środkowej i dalszej ze złamaniem kości strzałkowej poniżej poziomu złamania piszczeli. Dla uniknięcia artefaktów podczas badania, kończynę wyjęto z szyny Kramera unieruchamiającej czasowo złamanie i ułożono na miękkiej podkładce. Stopie pozwolono na samoistną rotację zewnętrzną, a następnie zabezpieczono przed niekontrolowanym przemieszczaniem się w trakcie badania.

## BACKGROUND

The mechanism of spiral tibial fractures involves a strong rotation of the body in the direction opposite to the position of the weight-bearing limb, which results in a spiral axis of the fracture cleft, with the peripheral part of the fractured tibia rotated externally [1,3-5,9,13,19,20].

If the spiral force fracturing the tibia is of low or medium intensity, there is no threat of extensive damage to soft tissues surrounding the fracture site. In most cases, only livid spots are visible on the skin at the anteromedial aspect of the tibia due to blood extravasation and integumentary contusion inflicted by the end of the proximal tibial chip. The skin and underlying tissues may be damaged as the anteromedial tibia is covered with a thin layer of soft tissues. A pinpoint breach in the skin, which makes the fracture open, is mostly seen in inebriated patients. However, the sharp end of the distal chip may injure bellies of the tibialis posterior muscle, the flexor muscles of toes and the flexor hallucis longus [3-5,12,19].

Spiral fractures of the crural bones are virtually homogeneous with regard to their pathomorphism. The differences that are seen concern the level of the fibular fracture. The tibia is usually fractured between the middle and distal third of the shaft [3-5,12,19].

While conventional radiographs of the tibia in two views provide sufficient information on the pathomorphism of shaft fractures, computed tomography is mainly utilised as a diagnostic modality in epiphyseal fractures, but it can also be instructive in comminuted, transverse and spiral fractures of bone shafts as it demonstrates the spatial location of the chips at the fracture site [7].

The present work aimed to investigate spatial arrangement of the cleft of a spiral tibial fracture, dislocation of bone fragments and topography of the soft tissues surrounding the fracture site.

## MATERIAL AND METHODS

Spiral computed tomography was conducted of the crus in a patient with a spiral fracture of the tibia between the middle and distal third and a fibular fracture below the level of the tibial fracture in order to investigate the shape of the fracture cleft closely. To avoid artefacts, the Kramer's splint that provided temporary immobilisation was removed and the limb was placed on a cushion. The foot was allowed to rotate externally in a spontaneous manner and then secured in place to prevent uncontrolled motion during the examination.

Badanie tomograficzne poprzedziły standardowe radiogramy goleni z ujęciem stawu skokowo-goleniowego (Ryc. 1).

W celu ułatwienia identyfikacji poszczególnych elementów anatomicznych goleni wykonano schematyczne rysunki wzorowane na skanach tomografii komputerowej.

Wykonano również model spiralnego złamania kości piszczelowej, otoczono go elastyczną przezroczystą folią naśladującą okostną i prześledzono wzajemne ułożenie odłamów i napinanie „okostnej” w miarę zwiększania ich przemieszczenia obrotowego i na długość. Z modelu usunięto część kości strzałkowej, aby odsłonić boczną stronę szczeliny złamania kości piszczelowej (Ryc 7 i 8).

## WYNIKI

Seria obrazów tomografii komputerowej spiralnego złamania lewej goleni tego samego chorego jak na Ryc. 1. Kolejne tomogramy ukazują wzajemne położenie odłamów kości oraz tkanek miękkich.

Tomogram (a) pokazuje nieuszkodzony przekrój bliższego odłamu trzonu kości piszczelowej (1), przemieszczony w kierunku bliższym koniec odłamu dalszego kości piszczelowej (2) i przekrój nie uszkodzonej kości strzałkowej (3). Tomogram (b) ujawnia już niewielkie uszkodzenie tylnej powierzchni trzonu bliższego odłamu kości piszczelowej. Przemieszczenie dalszego odłamu (2) w osi długiej skręcające goleni o 1 cm sprawia, że przekroje poprzeczne odła-

Standard radiographs of the crus down to the ankle were taken prior to the CT scan (Fig. 1).

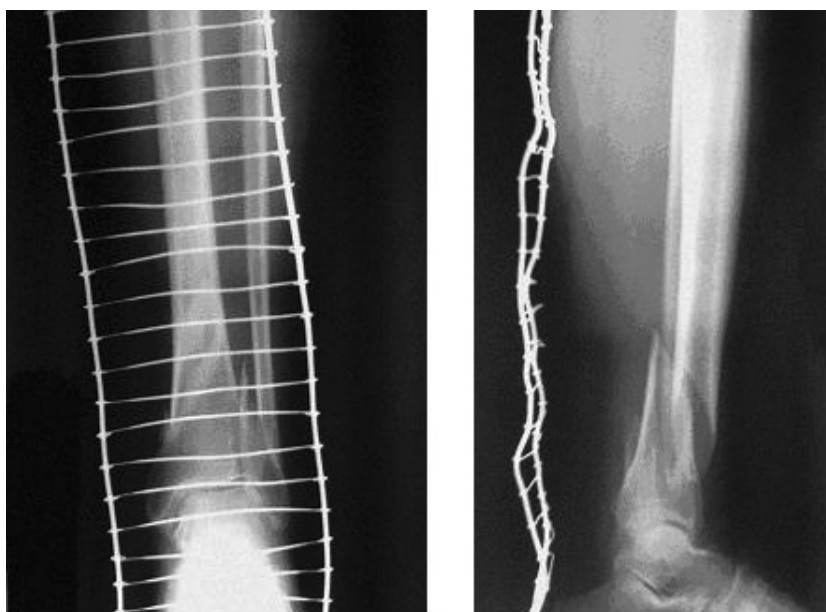
In order to facilitate identification of particular anatomical features, I prepared schematic drawings based on the CT images.

Additionally, there was created a model of the spiral tibial fracture and wrapped it in elastic transparent foil imitating the periosteum. Investigation the alignment of the bone chips and stretching of the “periosteum” with increasing rotation and longitudinal dislocation of the bone fragments was done. Part of the fibula was removed to reveal the lateral aspect of the tibial fracture cleft (Fig. 7 and 8).

## RESULTS

A series of CT images showing the spiral fracture of the left tibia in the same patient as in Fig. 1. Consecutive tomographs demonstrate the alignment of the bone chips and soft tissues.

Image (a) shows the intact section of the proximal chip of the tibial shaft (1), proximal dislocation of the end of the distal chip (2) and a section of the intact fibula (3). Image (b) already reveals minor damage to the posterior aspect of the proximal chip. Due to the dislocation of the distal chip in the long axis (2), which shortened the tibia by 1 cm, the cross-sections of the proximal (1) and distal (2) chips seemingly do not match. Images (c, d) show changes to



Ryc. 1. Radiogram przednio-tylny i boczny 70 letniego chorego, który doznał spiralnego złamania trzonu lewej kości piszczelowej na granicy 1/3 środkowej i dalszej ze złamaniem kości strzałkowej poniżej poziomu złamanej kości piszczelowej

Fig. 1. Conventional anteroposterior and lateral X-ray views of a 70-year-old patient with a spiral fracture of the left tibial shaft between the middle and distal third, with a fibular fracture below the level of the tibial fracture

mów bliższego (1) i dalszego (2) kości piszczelowej pozornie do siebie nie pasują. Tomogramy (c, d) ukazują zmiany kształtu szczeliny złamania, powiększenie przekroju dalszego odłamku i zmniejszenie bliższego. Tomogramy (a i b) ukazują, że przemieszczony koniec odłamku dalszego napina lub uszkadza mięśnie położone na tylnej powierzchni trzonu piszczeli, zagrożone są zwłaszcza brzośce mięśni piszczelowego tylnego, zginacza długiego palucha oraz zginacza długiego palców.

Na kolejnych tomogramach komputerowych złamanej spiralnie lewej goleni przekrój poprzeczny dalszego odłamku kości piszczelowej (2) jest coraz większy, bliższego zaś coraz mniejszy (1). Tomogramy (g, h) ujawniły wykruszenie małych fragmentów kości z końca bliższego odłamku (1) niewidocznych na radiogramach standardowych. Na tomogramie (h) widać nieuszkodzony przekrój dalszej części kości piszczelowej (2) i fragmenty końca odłamku bliższego (1). Na tomogramach (f, g, h) widać złamanie kości strzałkowej (3,4) ze znacznym przemieszczeniem odłamku dalszego ku tyłowi (4).

Dokładna interpretacja poszczególnych elementów anatomicznych goleni na wysokości szczeliny złamania spiralnego piszczeli została pokazana w formie schematycznych rycin (Ryc. 4,5,6).

Widoczny na Ryc. 4 odłamek dalszy, który ma mniejszy przekrój ulega rotacji zewnętrznej. Ze względu na skrócenie goleni przekroje poprzeczne odłamku bliższego (1) i dalszego (2) kości piszczelowej pozornie do siebie nie pasują. Mięśnie zginacz długi palców

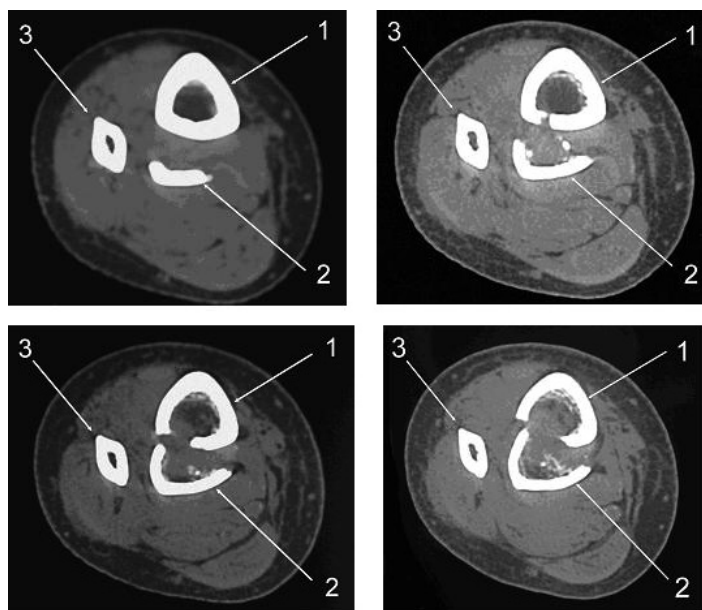
the shape of the fracture cleft, an increasing cross-section area of the distal chip and a smaller proximal chip. Images (a and b) show the end of the dislocated distal chip stretching or damaging the muscles located at the posterior aspect of the tibial shaft, with bellies of the posterior tibial muscle, flexor hallucis longus and the long flexor muscles of toes being particularly at risk.

In the following CT scans of the spiral fracture of the left tibia, the area of the cross-section of the distal chip (2) increases and the proximal chip decreases in size. Images (g, h) revealed chipping of small bone fragments from the end of the proximal chip (1), which was not visible on conventional radiographs. Image (h) shows an intact section of the distal tibia (2) and fragments of the proximal chip (1). A fibular fracture (3, 4) with marked dislocation of the distal chip posteriorly (4) can be seen in images (f, g, h).

A precise interpretation of particular anatomical elements of the tibia and fibula at the level of the spiral fracture is presented in the form of schematic drawings (Fig. 4,5,6).

The distal bone chip visible in Fig. 4, which has a smaller section area, rotates externally. Due to shortening of the crus, the cross-sections of the proximal (1) and distal (2) tibial chips seemingly do not match. The long flexor muscles of the toes and the tibialis posterior muscle (8), which are located near the fracture cleft, are at risk of damage. The fibula is intact.

The section area of the distal chip (2) in Fig. 5 is larger than that of the proximal chip (1). The muscles



Ryc. 2. Obrazy tomografii komputerowej spiralnie złamanej goleni. Pierwszy obraz (a) wykonany 0,5 cm ponad szczeliną złamania. Kolejne tomogramy przekrojów poprzecznych goleni (b,c,d) wykonano w odstępach 1 cm

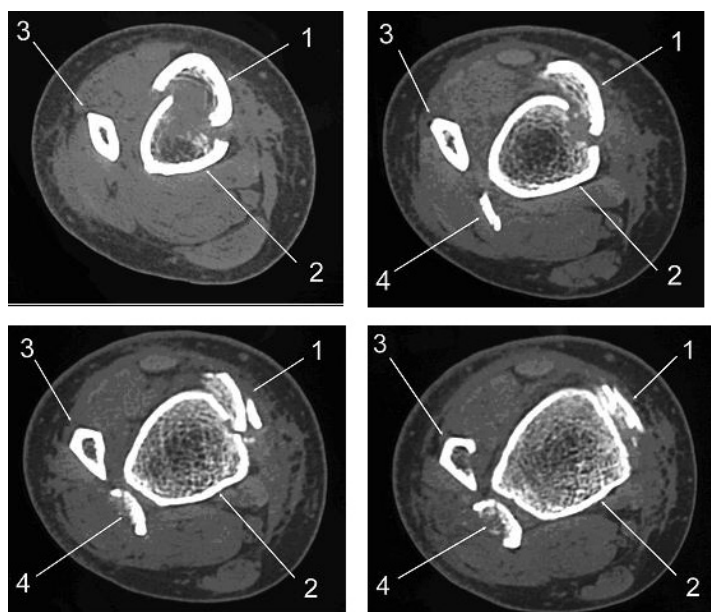
Fig. 2. CT images of spiral fracture of tibia. First view (a) was taken 0.5 cm above the fracture cleft. The following cross-section CT images (b,c,d) were obtained at 1 cm intervals

oraz piszczelowy tylny (8), które leżą obok szczeliny złamanej kości piszczelowej narażone są na uszkodzenie. Kość strzałkowa jest nieuszkodzona.

Na Ryc. 5 rozmiar przekroju dalszego odłamku (2) jest już większy niż bliższego (1). Na uszkodzenie brzegiem złamanej kości piszczelowej narażone są

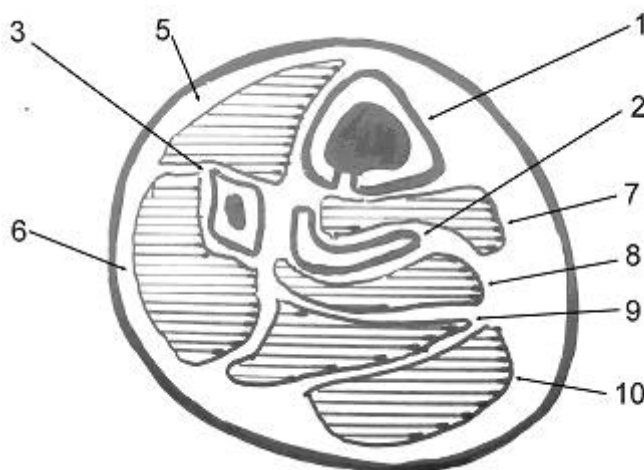
at risk of being injured by the edge of the broken bone are the anterior tibial muscle, the extensor hallucis longus (5), the long flexor muscles of the toes and the posterior tibial muscle (8).

In Fig. 6, the section area of the externally rotated distal bone chip (2) is much larger than that of the



Ryc. 3. Kolejne tomogramy ukazujące przekroje poprzeczne spiralnie złamanej goleni (e,f,g,h) wykonane były również w odstępach 1 cm

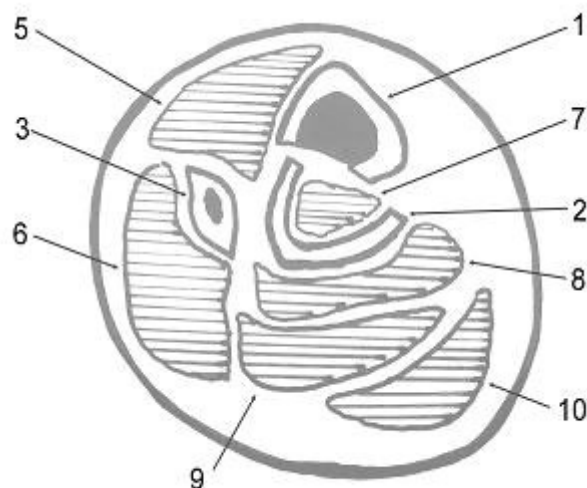
Fig. 3. More cross-section CT images of the spiral fracture of tibia (e,f,g,h), also obtained at 1 cm intervals



Ryc. 4. Schemat przekroju poprzecznego lewej goleni na poziomie 1/3 bliższej szczeliny złamania kości piszczelowej (tomogram b)

Fig. 4. A schematic cross-section of the left crus on the level of the proximal third of the tibial fracture cleft (image b)

- 1/ odłam bliższy kości piszczelowej, proximal chip of the tibia,
- 2/ odłam dalszy kości piszczelowej, distal chip of the tibia,
- 3/ odłam bliższy kości strzałkowej, proximal chip of the fibula,
- 4/ odłam dalszy kości strzałkowej, distal chip of the fibula,
- 5/ mięśnie piszczelowy przedni, prostownik długi palucha, prostownik długi palców, anterior tibial muscle, flexor hallucis longus, long flexor muscles of toes,
- 6/ mięśnie strzałkowy krótki i długi, long and short fibular muscles,
- 7/ tkanki miękkie znajdujące się pomiędzy odłamami, soft tissues between the fracture chips,
- 8/ mięsień zginacz długi palców i piszczelowy tylny, long flexor muscles of toes and posterior tibial muscle,
- 9/ mięsień zginacz długi palucha, flexor hallucis longus,
- 10/ ścięgno Achillesa, Achilles tendon



Ryc. 5. Schemat przekroju poprzecznego lewej goleni w środkowej części szczeliny skrętnego złamania kości piszczelowej (tomogram d)

Fig. 5. A schematic cross-section of the left crus in the middle part of the cleft of a spiral fracture of the tibia (image d)

- 1/ odłam bliższy kości piszczelowej, proximal chip of the tibia,
- 2/ odłam dalszy kości piszczelowej, distal chip of the tibia,
- 3/ odłam bliższy kości strzałkowej, proximal chip of the fibula,
- 4/ odłam dalszy kości strzałkowej, distal chip of the fibula,
- 5/ mięśnie piszczelowy przedni, prostownik długi palucha, prostownik długi palców, anterior tibial muscle, flexor hallucis longus, long flexor muscles of toes,
- 6/ mięśnie strzałkowy krótki i długi, long and short fibular muscles,
- 7/ tkanki miękkie znajdujące się pomiędzy odłamami, soft tissues between the fracture chips,
- 8/ mięsień zginacz długi palców i piszczelowy tylny, long flexor muscles of toes and posterior tibial muscle,
- 9/ mięsień zginacz długi palucha, flexor hallucis longus,
- 10/ ścięgno Achillesa, Achilles tendon

mięśnie piszczelowy przedni, prostownik długi palucha i prostownik długi palców (5) oraz mięśnie zginacz długi palców i piszczelowy tylny (8).

Obrócony na zewnątrz na rycinie 6 odłam dalszy kości piszczelowej (2) ma znacznie większy rozmiar przekroju niż odłam bliższy (1). Na tym poziomie szczeliny złamania narażone na uszkodzenie są mięśnie piszczelowy przedni, prostownik długi palucha oraz prostownik długi palców (5).

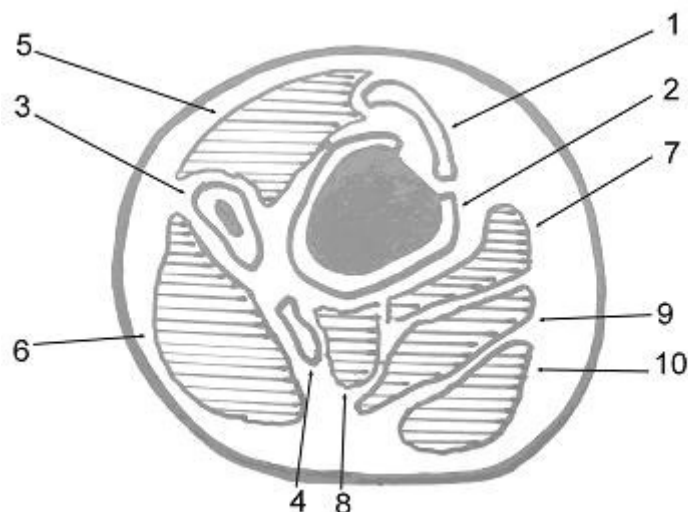
Model złamania spiralnego lewej piszczeli otacza folia, która imituje okostną. Na fotografii (a) widać przednią ostro zakończoną krawędź bliższego odłamu piszczeli (2) i jej przednio-przyśrodkową powierzchnię (5). W wyniku obrotu dalszego odłamu piszczeli z kostką przyśrodkową na zewnątrz, nasładowującego przemieszczenie rotacyjne, widać jego przyśrodkową powierzchnię (6). Fotografia (b) ukazuje boczną powierzchnię odłamu bliższego kości piszczelowej (3) oraz zrotowany na zewnątrz, przez co widoczny z przodu odłam dalszy piszczeli.

Fotografia (d) przedstawia przyśrodkową powierzchnię odłamu bliższego piszczeli (5) z ostrym końcem (2) i napiętą nad nim folią (1) oraz powierzchnię tylną zrotowanego zewnątrz odłamu dalszego kości piszczelowej (8). Folia imitująca okostną jest wyraź-

proximal bone fragment (1). At this level of fracture cleft, there is risk of damage to the anterior tibial muscle, the extensor hallucis longus and the long extensor muscles of the toes (5).

The model of the spiral fracture of the left tibia is wrapped in foil imitating the periosteum. Photograph (a) shows the sharp end of the proximal chip (2) and the anteromedial aspect of the tibia (5). Due to external rotation of the distal chip of the tibia and the medial malleolus, which simulates rotational dislocation, the medial aspect of the chip can be seen (6). Photograph (b) shows the lateral aspect of the proximal chip (3) and the distal bone fragment, which is visible in the front view due to external rotation.

Photograph (d) presents the medial aspect of the proximal chip (5) with a sharp end (2) and the foil stretched over it (1) as well as the posterior aspect of the distal tibial fragment rotated externally (8). The foil imitating the periosteum is visibly stretched over both the lateral and medial aspects. The periosteum is unlikely to remain intact in the case of a spiral fracture with rotational dislocation.



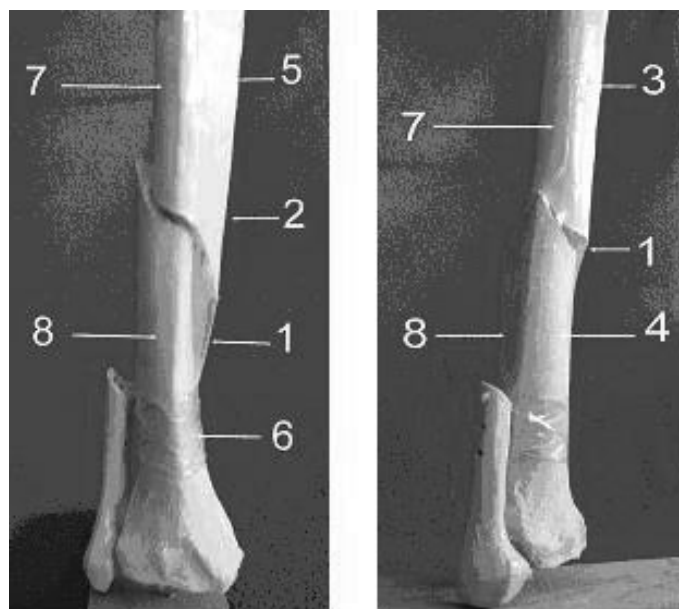
Ryc. 6. Schemat przekroju poprzecznego lewej goleni na poziomie 1/3 dalszej szczeliny złamania kości piszczelowej (tomogram f)  
 Fig. 6. A schematic cross-section of the left crus on the level of the distal third of the cleft of a spiral fracture of tibia (image f)

- 1/ odłam bliższy kości piszczelowej, proximal chip of the tibia,
- 2/ odłam dalszy kości piszczelowej, distal chip of the tibia,
- 3/ odłam bliższy kości strzałkowej, proximal chip of the fibula,
- 4/ odłam dalszy kości strzałkowej, distal chip of the fibula,
- 5/ mięśnie piszczelowy przedni, prostownik długi palucha, prostownik długi palców, anterior tibial muscle, flexor hallucis longus, long flexor muscles of toes,
- 6/ mięśnie strzałkowy krótki i długi, long and short fibular muscles,
- 7/ tkanki miękkie znajdujące się pomiędzy odłamami, soft tissues between the fracture chips,
- 8/ mięsień zginacz długi palców i piszczelowy tylny, long flexor muscles of toes and posterior tibial muscle,
- 9/ mięsień zginacz długi palucha, flexor hallucis longus,
- 10/ ścięgno Achillesa, Achilles tendon



Ryc. 7. Fotografia modelu spiralnego złamania piszczeli. Widok z przodu (a), oraz boku (b)  
 Fig. 7. Photograph of a model of a spiral fracture of tibia. Front view (a), lateral view (b)

- 1 – napięta folia nad szczeliną złamania naśladuje okostną, foil stretched over the fracture cleft imitates the periosteum,
- 2 – brzeg przedni i ostry koniec odłamu bliższego kości piszczelowej, anterior edge and a sharp end of the proximal chip of the tibia,
- 3 – powierzchnia boczna odłamu bliższego kości piszczelowej, lateral aspect of the proximal chip of tibia,
- 4 – powierzchnia boczna odłamu dalszego kości piszczelowej, lateral aspect of the distal chip of tibia,
- 5 – powierzchnia przednio-przyśrodkowa bliższego odłamu kości piszczelowej, anteromedial aspect of the proximal chip of tibia,
- 6 – powierzchnia przyśrodkowa odłamu dalszego kości piszczelowej, medial aspect of the distal chip of tibia,
- 7 – powierzchnia tylna odłamu bliższego kości piszczelowej, posterior aspect of the proximal chip of tibia,
- 8 – powierzchnia tylna odłamu dalszego kości piszczelowej, posterior aspect of the distal chip of tibia



Ryc. 8. Model złamania spiralnego lewej piszczeli. Fotografia (c) ukazuje tylną powierzchnię bliższego odcinka złamanej piszczeli (7), fotografia (d) powierzchnię przyśrodkową.

Fig. 8. Model of a spiral fracture of the left tibia. Photograph (c) shows the posterior aspect of the proximal chip of the fractured tibia (7); photograph (d) shows the medial aspect

- 1 – napięta folia nad szczeliną złamania naśladuje okostną, foil stretched over the fracture cleft imitates the periosteum,
- 2 – brzeg przedni i ostry koniec odcinka bliższego kości piszczelowej, anterior edge and a sharp end of the proximal chip of tibia,
- 3 – powierzchnia boczna odcinka bliższego kości piszczelowej, lateral aspect of the proximal chip of tibia,
- 4 – powierzchnia boczna odcinka dalszego kości piszczelowej, lateral aspect of the distal chip of tibia,
- 5 – powierzchnia przednio-przyśrodkowa bliższego odcinka kości piszczelowej, anteromedial aspect of the proximal chip of tibia,
- 6 – powierzchnia przyśrodkowa odcinka dalszego kości piszczelowej, medial aspect of the distal chip of tibia,
- 7 – powierzchnia tylna odcinka bliższego kości piszczelowej, posterior aspect of the proximal chip of tibia,
- 8 – powierzchnia tylna odcinka dalszego kości piszczelowej, posterior aspect of the distal chip of tibia

nie napięta zarówno na powierzchni bocznej, jak i przyśrodkowej. Zachowanie ciągłości okostnej nie jest prawdopodobne przy złamaniu spiralnym z przemieszczeniem rotacyjnym.

## DYSKUSJA

Złamania trzonów kości goleni zajmują trzecie miejsce pod względem częstości występowania po złamaniach dalszego końca kości promieniowej oraz złamaniach kostek goleni i są najpospolitszymi złamaniami trzonów kości długich.

Złamania spiralne kości goleni są patomorficznie jednorodną grupą uszkodzeń. W piśmiennictwie polskim i obcojęzycznym tylko nieliczne opracowania dotyczą wyłącznie skrętnych złamań goleni

Badania nad mechanizmem złamań skrętnych goleni prowadził Rixford i Emmett, Johner oraz Alms [1,9]. Uważają oni, że rotacja ciała w przeciwną stronę do ustawienia obciążonej stopy powoduje powstanie spiralnej szczeliny złamania kości piszczelowej, dowiedli również, że w pierwszej kolejności dochodzi do złamania kości piszczelowej, a dopiero dalsze działanie siły powoduje złamanie kości strzałkowej. Witwicki i Górecki przypomnieli, że nakładająca się rotacja i siła

## DISCUSSION

Shaft fractures of the crural bones are the third most common fractures, after fractures of the distal part of the radial bone and ankle fractures, and they are also the most common type of long bone shaft fractures.

Spiral fractures of the crural bones are homogeneous with regard to their pathomorphism. Few publications, either Polish or foreign, are specifically concerned with spiral tibial fractures.

The mechanism of spiral fractures of the tibia has been studied by Rixford and Emmett, and Johner and Alms [1,9], who are of the opinion that a spiral fracture line results from rotation of the body in the direction opposite to the position of the weight-bearing foot. Moreover, the authors also demonstrated that the tibia fractures first, and fibular fractures follow due to the continued application of force. Witwicki and Górecki remind that the overlapping rotation and



gnąca, powoduje odłamanie pośredniego odłamu kości piszczelowej w kształcie „skrzydeł motyla” [20]. Znaczna siła urazu może doprowadzić do powstania wielofragmentowej skrętniej szczeliny złamania.

Stuermer zwraca uwagę, że 88,4% złamań spiralnych kości piszczelowej powstaje na granicy 1/3 środkowej i dalszej kości [18].

Rosental i Christensen na podstawie radiogramów dowiedli, że układ szczeliny złamania spiralnego lewej piszczeli jest zawsze prawoskrętny, prawej zaś lewoskrętny [16].

Caldwell twierdził, że szczelina złamania kości strzałkowej znajduje się najczęściej niżej jej głowy i czasem jest niewidoczna w radiogramach powypadkowych [5].

Nenopoulos podał, że przeciętny kąt rotacji zewnętrznej dalszej części goleni w złamaniach spiralnych wynosi 20-40 stopni [15].

Przebieg spiralnej szczeliny złamania piszczeli jest niezmienny od strony tylnobocznej ku obwodowi i w kierunku przednio-przyśrodkowym. Ostry koniec bliższego odłamu piszczeli zawsze napina lub czasem nawet przebija cienką powłokę tkanek miękkich strony przednio-przyśrodkowej goleni. Ostry koniec tylnobocznej części odłamu dalszego kryje gruba warstwa tkanek miękkich, zwłaszcza zaś w głębi brzośce mięśni zginacza długiego palucha i palców oraz piszczelowego tylnego, które są szczególnie narażone na uszkodzenie wskutek przemieszczenia odłamów.

Rozległe rozerwania okostnej i zagrożenia uszkodzeniem tylnej grupy mięśni goleni są proporcjonalne do wielkości przemieszczenia. Niewielkiego uszkodzenia okostnej można się spodziewać tylko w izolowanych spiralnych złamaniach goleni, gdy nie ma skrócenia, a przemieszczenie rotacyjne jest śladowe.

W złamaniach spiralnych goleni dominuje obrotowe przemieszczenie odłamu dalszego na zewnątrz, nierzadko z niewielkim zniekształceniem osi goleni w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. Przemieszczenie do boku nie przekracza zwykle połowy szerokości trzonu kości piszczelowej. Skrócenie goleni wskutek pierwotnego przemieszczenia odłamów jest niewielkie od 0,5 do 2 cm. Długość szczeliny złamania piszczeli wynosi od dwóch do trzech szerokości trzonu kości na poziomie złamania.

## WNIOSKI

1. Obrazy tomografii komputerowej spiralnego złamania goleni ukazują szczegóły uszkodzenia, które są niewidoczne na radiogramach standardowych i dostarczają cennych informacji o przestrzennym układzie odłamów i zagrożeniach tkanek miękkich w otoczeniu ogniska złamania.

bending force cause breaking off of an intermediate tibial fragment that resembles “butterfly wings” [20]. If a considerable force is applied, a comminuted spiral fracture line may occur.

Stuermer emphasises that 88.4% of spiral fractures of the tibia are located between the middle and distal third of the bone [18].

Basing on radiographs, Rosental and Christensen proved that the axis of the fracture cleft in the left tibia is always oriented rightwards and vice versa [16].

Caldwell claims that the fracture line of the fibula is most often located below its head and is quite often invisible on post-trauma radiographs [5].

According to Nenopoulos, the average external rotation angle of the distal portion of the crus in spiral fractures is 20-40 degrees [15].

The course of a spiral fracture cleft is invariable from the posterolateral aspect in the peripheral and anteromedial directions. The sharp end of the proximal chip always stretches or even ruptures the thin layer of soft tissues over the anteromedial aspect of the tibia and fibula. The sharp end of the posterolateral part of the distal chip is covered with a thick layer of soft tissues, particularly with the bellies of the flexor hallucis longus, the long flexor muscles of toes and the posterior tibial muscle lying deep inside. Thus, these muscles are especially prone to damage due to bone fragment dislocation.

Extensive periosteal rupture and the risk of injury to the group of muscles located posteriorly are proportional to the extent of dislocation. Minor injury can only be expected in an isolated spiral fracture of the tibia and fibula with no limb shortening and only slight rotational dislocation.

In spiral fractures of the tibia and fibula, the distal bone chip most often dislocates rotationally in the external direction, which is quite often associated with a minor deformation of the crural axis in the frontal and sagittal planes. Lateral dislocation of the chip is not usually greater than 1/2 width of the tibial shaft. Shortening is usually minor, i.e. 0.5-2 cm, with the length of the fracture cleft usually 2-3 times the width of the bone shaft at the fracture level.

## CONCLUSIONS

1. Computed tomography images of spiral fractures of the tibia show details of damage otherwise invisible on standard radiographs and provide useful information about the spatial location of the bone fragments as well as possible threats to soft tissues that surround the fracture site.

2. Ostry koniec tylnobocznej części odłamu dalszego może uszkodzić brzośce mięśni zginacza długiego palucha i palców oraz piszczelowego tylnego.
3. Każdemu złamaniu spiralnemu goleni towarzyszy rozerwanie okostnej.
2. The sharp end of the posterolateral part of the distal chip may damage bellies of the long flexor muscles of toes, the flexor hallucis longus and the tibialis posterior muscle.
3. Every spiral fracture of the tibia is associated with disruption of the periosteum.

## PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Alms M. Fracture mechanism. The Journal of Bone and Joints Surgery 1961; 43-B,1 Feb 1961:162-167.
2. Boraiah S, Gardner M, Helfet D, Lorich D. High association of posterior malleolus fractures with spiral distal tibial fractures. Clin Relat Orthop Res 2008; 466(7): 1692-1698.
3. Bostman O. Morphological observations of torsional fractures of the adult tibial shaft. Acta Orthop Scand 1983; 54(4): 627-633.
4. Bostman O. Spiral fractures of the shaft of the tibia. Initial displacement and stability of reduction. Acta Orthop Scand 1986; 68(3): 462-466.
5. Caldwell J. Spiral fracture of the tibia and fibula. Ann Surg 1922; 75(6): 717-723.
6. Gądek A, Skolarczyk A, Cnota H, Paluch P. Zastosowanie klasyfikacji AO w złamaniach kości długich. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska 1994; LIX(4): 82-84.
7. Gershuni D, Skyhar K, Tomphson B, Resnick D, Donald G, Akeson W. A comparison of conventional radiography and computed tomography in the evaluation of spiral fractures of the tibia. J Bone Joint surg. Am. 1985; 67(9): 1388-1395.
8. Jahnsen B, Amancharia M, Merck B. Dislocation of the proximal tibio-fibular joint in association with a tibial shaft fracture: two case reports and a literature review. Am Orthop 2007; 38(8): 439-441.
9. Johner R, Staubli H, Gunst M, Cordey J. The point of view of the clinician: a prospective study of the mechanism of the accidents and the morphology of tibial and fibular shaft fractures. Injury 2000; 31(3): 45-49.
10. Key JA. and Conwell HE. Management of Fractures, Dislocations, and Sprains. Sixth Edition, St.Louis, The C.V.Mosby Company 1956, Chp. 21 p. 996-1011.
11. Kukkonen J, Heikkilä J, Kyyronen T, Mattila E, Gullichsen E. Posterior malleolar fracture is often associated with spiral tibial diaphyseal fracture: a retrospective study. J. Trauma 2006; 60(5): 1058-1060.
12. Kurzyński R, Dudkiewicz Z, Kociuga J, Krajewski T. Patomorfologia złamań kości piszczelowej. Kwartalnik Ortopedyczny 1992; 2: 26-28.
13. Kurzyński R, Dudkiewicz Z, Kociuga J, Łaziki A. Epidemiologia złamań kości piszczelowej w materiale kliniki. Kwartalnik Ortopedyczny 1992 2: 29-30.
14. Latta L, Sarmiento A. Mechanical behaviour of tibial fractures. American Academy of Orthopedic Surgeons. Symposium on Trauma to the Leg and its Sequela. St.Louis, The C.V.Mosby Company 1981, p.3-15.
15. Nenopoulos S, Papavasiliou V, Papavasiliou A. Rotational injuries of the distal tibial growth plate. J. Orthop. Sci. 2003; 8(6): 784-788.
15. Piątkowski S. Ortopedia, Traumatologia i Rehabilitacja Narządów Ruchu. PZWL, Warszawa 1990, 206-209.
16. Rosenthal D, Christensen S, Emerson R. "Handedness" of spiral fractures of the tibia. Skeletal Radiology 1984; 11(2): 128-132.
17. Streckel W, Suger G, Kinzl L. Local complications of intramedullary nailing. Orthopade 1996; 25(3): 279-291.
18. Stuermer E, Stuermer K. Tibial shaft fracture and ankle joint injury. J Orthop Trauma 2008; 22(2): 107-112.
19. Tylman D, Dziak A. Traumatologia narządu ruchu. T I, s. 119-120; PZWL, Warszawa 1985r, T.II, cz. 2, s. 265-307, PZWL, Warszawa 1987 r.
20. Witwicki T, Dulowski W, Górecki A, Leszczyński J. Mechanizm powstawania i ocena leczenia złamania kości piszczelowej typu „skrzydło motyla”. Materiały XXI Zjazdu Naukowego PTOiTR 16-17 V 1976 Gdańsk, PZWL, Warszawa 1977r. s. 245-248
21. Żuk T, Gusta A. Urazowe uszkodzenia stawów i kości długich, Warszawa PZWL, wyd. I, 1983 r., Biblioteka Chirurga i Anestezjologa, nr 18, 11-80.

Liczba słów/Word count: 5134

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 8

Piśmiennictwo/References: 21

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
dr Grzegorz Guzik  
38-420 Korczyn, ul. Dworska 77a  
e-mail: grzegorz.guzik@vp.pl

Otrzymano / Received 14.07.2011 r.  
Zaakceptowano / Accepted 20.10.2011 r.