

**A LÁBSZÁRTÖRÉS KORSZERŰ KEZELÉSÉNEK ÉRTÉKELÉSE KLINIKAI  
ÉS KISÉRLETES VIZSGÁLATOKKAL**

**Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei**

**DR. WIEGAND NORBERT**

**Pécsi Tudományegyetem  
Általános Orvostudományi Kar  
Mozgásszervi Sebészeti Intézet  
Traumatológiai és Kézsebészeti Klinikai Tanszék**

**Klinikai Doktori Iskola Vezetője:**

**Prof. Dr. Komoly Sámuel**

**Programvezető:**

**Prof. Dr. Róth Erzsébet**

**Témavezetők:**

**Prof. Dr. Lőrinczy Dénes**

**Dr. Thán Péter**

**Pécs, 2009**

## I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

### Bevezetés

A lábszártörés az összes csonttörés 15%-a, mely Magyarországon kb. 2500 esetet jelent évente. A törést elszenvedettek 90%-át műtéti úton kezeljük, a sérültek –akik többnyire aktív munkaképes emberek- hosszú időre válnak keresőképtelenné, ezért gyógyításukra kiemelt figyelmet kell fordítani. Gyógyulásuk során közel 22000 napot töltenek betegállományban, csak a kórházi ellátásuk több mint 450 millió forintba kerül évente.

Az utóbbi időkben a lábszártörések incidenciája emelkedett, a törések súlyossága fokozódott, valamint az egyre fejlettebb műtéti ellátások ellenére a szövődmények arányát sem sikerült minimálisra csökkenteni.

A hazai és a külföldi irodalmat áttekintve azt tapasztaltam, hogy a lábszár töréseinek ellátásáról, műtéti megoldásokról, szövődményekről és utókezelésről nagy számú tanulmány jelenik meg. Olyan dolgozatot, mely a lehetséges szövődmények kialakulásával, megelőzésével alaptudományi szinten foglalkozik a külföldi és hazai irodalomban is csak néhányat találtam.

### Célkitűzések

A lábszártörések kezelése fontos területe a traumatológiának a végtag teherviselő szerepe, sérülékenysége és speciális lágyrész fedése miatt. Töréseinek kezelésében kiemelten fontos a „bio-logikus” gondolkodás, melyben meg kell találni az összhangot a tervezett műtéti beavatkozás és a sérült végtag, mint biológiai, biomechanikai egység között. Szakmai pályafutásom során tanúja és aktív alakítója is lehettem ennek a folyamatnak, ahogy a lábszártörések kezelése megváltozott. Dolgozatom megírása során célkitűzéseim az alábbiak voltak:

- A lábszártörések kezelésében bekövetkezett szemléletváltás és az alkalmazott új módszerek bemutatása a témában végzett vizsgálataim és megjelent publikációim alapján.

- A compartment szindróma, mint az egyik leggyakoribb ischaemiás szövődmény kialakulásához vezető szöveti nyomásváltozások klinikai

vizsgálata a töréskezelésben használt legelterjedtebb műtéti megoldás, a felfúrásos és a felfúrás nélküli velőűrszegezések alkalmazása során.

- Alaputatásként a compartment szindrómás és a Volkmann féle ischaemiás izom kalorimetriás vizsgálata, a különböző mértékben károsodott izmok kalorimetriás standardjainak a felállítása.

## **II. SZEMLELETVÁLTÁS A LÁBSZÁRTÖRÉSEK KEZELÉSÉBEN KLINIKAI VIZSGÁLATOK ALAPJÁN**

### **II.1. Célkitűzés**

Klinikánk beteganyagán elvégzett retrospektív elemzéseken keresztül mutatom be a lábszártörések ellátásában bekövetkezett szemléletváltás a következő területeken:

1. nyílt törések
2. proximális harmad törései
3. distalis harmad törései

A lábszártörések ellátására két új módszert és alkalmazásuk eredményeit mutatom be, ezek:

1. Marchetti-Vicenzi szegezés
2. A felfúrás nélküli velőűrszeg és lábszár brace együttes alkalmazása

### **II.2. Nyílt lábszártörések ellátása felfúrás nélküli velőűrszeggel**

#### **II.2.1. Beteganyag és módszer**

A klinikai retrospektív vizsgálatra tizenkét évet (1995. 01. 01.–2006. 12. 31.) választottam ki. A vizsgált 12 évben 438 lábszártörött beteget láttunk el, akik közül 36 alkalommal konzervatív és 402 esetben a műtéti kezelést alkalmaztunk.

A töréseket és a lágyrész sérüléseket minden esetben AO szerint osztályoztuk. A 98 nyílt törést Gustillo - Mendoza szerint osztályoztam, melyek közül 45 első-, 38 másod- és 15 harmadfokban volt nyílt. A törések ellátására felfúrás nélküli szegget összesen 61 esetben alkalmaztunk, melyek közül 27

törés volt I. fokban, 26 törés II. fokban és 8 törés III fokban nyílt. Szintén felfúrás nélküli szeget alkalmaztunk 12 Tscherne G.III-IV típusú lágyrész károsodással járó zárt törés kapcsán. Fixateur externe-t a nyílt törések végleges ellátására 26 esetben alkalmaztunk, melyek közül 6 elsőfokban nyílt, ízületbe hatoló törés, valamint 13 másod- és 7 harmadfokban nyílt törés volt. Felfúrásos velőűrszeget kizárólag első fokban nyílt törések ellátására 11 alkalommal használtunk.

### **II.2.2. Eredmények**

A felfúrás nélküli velőűrszeggel operált betegeknél lényegesen kevesebb szövődményt tapasztaltunk mind a lágyrészek, mind a csont gyógyulása során, mint az egyéb megoldásokkal ellátott esetekben. Szeptikus szövődmény 11 (15,3%) sérültnél alakult ki, a 6 (8,3%) mély infekció közül további műtétekkel négyet sikerült meggyógyítani, 2 betegünkél krónikus osteomyelitis keletkezett. Ezzel szemben a fixateur-rel kezelték között 24-ből 16 (66,6%) esetben zajlott le infekció (Mann-Whitney nem paraméteres teszttel,  $p < 0,01$ ) melyekből 12 (50%) felületes és 4 (16,7%) mély folyamat volt. A szegezéssel kezelt sérülteknél 4 esetben tapasztaltunk elhúzódo csontgyógyulást, nem keletkezett álízület, 5 foknál nagyobb tengelyeltérést a gyógyulás során nem igazoltunk, a csontos konszolidáció ideje átlag 19 hét volt. Ezzel szemben a fixateur-rel kezelt sérülteknél a csontos gyógyulás ideje átlag 24 hét volt, közülük 2 esetben volt csontgyógyulási zavar, egy esetben elhúzódo callus képződés, és egy esetben refractura következett be, két esetben volt 5 foknál nagyobb tengelyeltérés. A funkcionális eredmények is kedvezőbbek, 95%-ban kiválóak voltak a szegezett sérültek esetében. Az átlagos ápolási idő a szegezett betegeknél 12 nap, míg a fixateur externe-nel kezelték esetében 21 nap volt (Mann-Whitney nem paraméteres teszttel,  $p < 0,05$ ).

## **II.3. Proximalis harmadi lábszártörések velőűrszegezése**

### **II.3.1. Beteganyag és módszer**

A felfúrás nélküli velőűrszeg bevezetését követő 12 évben (1995. 01. 01.-2006. 12. 31) klinikánkon 42 alkalommal használtunk felfúrás nélküli

velőürszeget a tibia proximalis harmada töréseinek rögzítésére, valamint 12 olyan esetben, amikor a tibia diaphysis törése mellé condylus törés is társult. A töréseket minden esetben AO szerint osztályoztuk. A diaphysis proximális harmad törései közül 19 db 43A, 14 db 43B és 9 db 43C típusú, a diaphysis töréssel együtt járó condylus törések közül 8db B2, és 4db B3 típusú volt. A csontos gyógyulást fizikális vizsgálattal és kétirányú röntgenfelvétellel ellenőriztük, a műtétet követő 1, 3, 6, 12 héten, 6 hónapos és egyéves korban.

### **II.3.2. Eredmények**

A sérültek követési ideje 9-48, átlagosan 26 hónap volt. Mély infekció nem alakult ki, felületes infekciót 2 esetben tapasztaltunk egy másodfokban nyílt törés és egy nagy lágyrész zúzódással járó zárt törés esetében. Elhúzódó csontgyógyulást 4, állízület kialakulását 1 alkalommal észleltünk. A törések átlagos gyógyulási ideje 21 hétig tartott. Módszerváltásra egy esetben sem kényszerültünk. A törések gyógyulása során az eredményeink jobbak voltak, mint az irodalomban közöltek. Öt foknál nagyobb tengelyeltérés 11 esetben, 10 foknál nagyobb 4 esetben volt, 1 cm-nél nagyobb elmozdulást a törésben 12 esetben, 10 foknál nagyobb rotációt 7 esetben tapasztaltunk, 2 mm-nél nagyobb lépcső képződés az ízületi felszínen egy esetben alakult ki. Az elért funkcionális eredmények kedvezőek voltak, mindössze egy esetben maradt vissza 5 fokot meghaladó extenziós deficit a térdízületben.

## **II. 4. A distalis harmadi lábszártörések kezelése Marchetti-Vicenzi szeggel**

### **II.4.1. Beteganyag és módszer**

A Marchetti-Vicenzi szeg 4 vagy 5 egyenként 3,5 mm átmérőjű vékony flexibilis nyalábszeggől van összesodorva, melyek proximalis végükön 10 cm hosszan tömör szeggé egyesülnek.

Klinikánkon 1997 óta alkalmazzuk a Marchetti-Vicenzi velőürszeget lábszártörések ellátására. A vizsgált 10 évben (1997. 01. 01 - 2006. 12. 31) primer műtétként 32, módszerváltásként 3 esetben választottuk. A sérültek átlagéletkora 42 év volt. Az operált töréseket AO szerint osztályoztuk, a 32 primer esetből 15 volt 42A, B, C típusú diaphysis törés, 10 pedig 43A1-2-3 extraarticularis törés. Intraarticularis törések közül 4 volt 43B1 és három 43C1

típusú. A módszerváltásra három, 43C1 típusú törésnél használtuk a szeget. A törések közül első fokban nyílt törés 5, másodfokban nyílt 3, és III/A típusú nyílt törés 1 volt.

Alacsony energiájú, ízületbe hatoló törések kezelésére új megoldásként vezettük be a Marchetti szeget, mellyel a letört és perkután csavarokkal összefogatott metaphysist rögzíthetjük a diaphysishez.

#### **II.4.2. Eredmények**

A Marchetti szeggel kezelt törések és a lágyrész sérülések minden esetben meggyógyultak. Az átlagos törésgyógyulási diaphysis töréseknél 18 hét, a distalis töréseknél 14 hét és a nyílt törések esetében 17 hét volt. Az ízületet is érintő törések gyógyulása során nem alakult ki elmozdulás az ízületi felszínen. Tengelyeltérést két betegünkön tapasztaltunk: 5 és 10 fok közötti valgus deformitást. Rotációs elmozdulást egy középső harmadi haránt törés során észleltünk, az eltérés itt 10 fok kirotaáció volt. Elhúzó csontgyógyulást egy esetben, szepikus szövödményt nem tapasztaltunk.

### **II.5. Lábszár brace alkalmazása felfúrással nélküli velőűrszegezést**

#### **követően**

##### **II.5.1. Beteganyag és módszer**

Klinikánkon 1995. 01. 01 és 2006. 12. 31 között 224 lábszártörött sérültet kezeltünk felfúrással nélküli velőűrszeggel, közülük 144 esetben alkalmaztunk lábszár brace-t. A töréseket minden alkalommal AO szerint osztályoztuk. A Sarmiento féle PTB lábszár brace-t választottuk, mely az irodalmi adatok alapján igen nagy számú esetben már kiváló eredményt biztosított, felfúrással nélküli velőűrszegezéssel kombinált alkalmazását még nem publikálták. A rögzítő felhelyezését követően fokozatosan növekvő súllyal való terhelést engedélyeztünk, melynek mértéke 14-21 nap alatt érte el a teljes testsúlyt. A brace viselését a 12-16. hétre fokozatosan szüntettük meg. A műtétet követő 3, 6, 12 héttel illetve fél és egy év múlva panaszukat részletesen kikérdeztük, a törés gyógyulását kétirányú röntgenfelvételen vizsgáltuk.

### **II.5.2. Eredmények**

Összehasonlítottam a csak felfűrés nélküli szeggel kezelt sérültek eredményeit a brace-szel kiegészítve kezelt betegek eredményeivel, a következő lényeges különbséget tapasztaltam:

1. Terhelhetőség: a csak felfűrés nélküli szeggel kezelt csoportban a teljes terhelhetőséget átlagosan a  $12. \pm 2$  hétre értük el, ezzel szemben a brace-szel kiegészített sérültek már átlagosan a  $4. \pm 2$  hét végére teljes terheléssel jártak (Mann-Whitney nem paraméteres teszttel,  $p < 0,01$ ). A különbség lényeges, két teljes hónap.

2. A törések gyógyulása: a brace nélkül kezelt sérültek esetében a csontos gyógyulás  $19,6 \pm 2,4$  hét múlva következett be, míg a brace-t is viselő sérülteknél ugyanez  $16,5 \pm 2,5$  hét után (Mann-Whitney nem paraméteres teszttel,  $p < 0,05$ ). A különbség itt is lényeges, közel egy hónap.

### **II.6. Összegzés**

- A lábszártörött betegek ellátása a felfűrés nélküli velőűrszegek bevezetése óta lényeges változáson ment keresztül. A klinikai eredmények elemzése során a következőket állapítottam meg:

- A korábban széles körben elterjedt fixateur externe és felfűrésos velőűrszeg alkalmazási területe beszűkült, míg a felfűrés nélküli szegezés indikációja kiszélesedett. A felfűrés nélküli szegezésnek elsődleges szerepe lett a következő törések ellátásában:

- másod- és a harmadfokú nyílt törések,
- nagy lágyrész károsodással járó zárt törések,
- instabil diaphysis törések,
- 2. és 6. heted törések.

- Európában, Olaszországot követően másodikként alkalmaztuk a lábszártörések kezelésére a Marchetti-Vicenzi szeget. Ezt az újfajta megoldást használva az indikációs területét tovább bővítettük a distalis ízületbe hatoló kis energiájú törésekkel.

- A felfűrés nélküli velőűrszeggel ellátott lábszártörött betegek utókezelésében a konzervatív kezelés legkorszerűbb módszerét a dinamikus

külső rögzítőt (brace) vezettük be. A két kezelési forma együttes alkalmazásáról korábban nem közöltek adatokat. A retrospektív klinikai vizsgálattal igazoltam, hogy az általunk használt módszerrel a sérültek aktív gyógyulási folyamata gyorsítható, rehabilitációja lerövidíthető.

### **III. FELFÚRÁSOS ÉS FELFÚRÁS NÉLKÜLI TIBIA VELŐÚRSZEGEZÉST KÖVETŐ NYOMÁSVÁLTOZÁSOK VIZSGÁLATA**

#### **III.1. A vizsgálat célja, hipotesisek**

Vizsgálatom célja az volt, hogy a felfúrás nélküli és a felfúrásos velőúrszeggel ellátott, zárt tibia törött sérültek esetében megmérjem a két különböző szög típusú műtéti behelyezésekor és a műtétet követő korai szakban kialakuló rekeszen belüli nyomásváltozásokat. A két csoportban mért eredményeket összehasonlítom és megvizsgálom, hogy a különböző módszerek alkalmazása, az eltérő nyomásviszonyok kialakulása és a sérülteknél tapasztalt szövődmények kialakulása között van-e oki összefüggés.

Feltételezéseim a következők voltak:

- a felfúrás nélküli és a felfúrásos velőúrszeggel operált lábszártörött sérülteknél a műtét során eltérő nyomásviszonyok alakulnak ki a tibiát körülvevő izomrekeszekben

- a műtét alatt mért nyomás értékek a felfúrással végzett műtétek során magasabbak lesznek, mint a felfúrás nélkül végzett esetekben

- a kialakult korai szövődmények közül a compartment szindróma magasabb arányban fordul elő a felfúrással végzett szegezések esetén

#### **III.2. Beteganyag és módszer**

A vizsgálatot 24 zárt lábszártörést elszenvedett betegen végeztük el. 12 sérültet felfúrásos és 12 sérültet felfúrás nélküli velőúrszeggel operáltunk meg. A műtéteket minden esetben a sérüléstől számított hat órán belül elvégeztük. Átlagéletkoruk 43 év volt.

A rekeszen belüli nyomásméréseket KODIAG MBB Class III típusú műszerrel végeztük. A nyomásméréseket a következő protokoll alapján végeztük el az első és a mély hátsó rekeszekben:



- műtétet megelőzően
- a szeg velőüregbe vezetésekor
- a műtétet követő 3 és 6 órával
- a műtét után 1 és 3 nappal

A műtétek során valamint a nyomásmérésekkor regisztráltuk a betegek vérnyomását, és a compartment szindróma monitorozásához szenzitív eredményt a deltaP-t kiszámoltuk:  $\text{deltaP} = \text{diasztolés nyomás} - \text{rekesznyomás}$ . Compartment szindróma kialakulását akkor igazoltunk, ha a deltaP értéke alacsonyabb volt, mint 30 Hgmm, vagy a compartment nyomása meghaladta a 40 Hgmm-t.

**1. táblázat: rekeszen belüli nyomás értékek a műtét előtt, alatt, valamint a műtétet követő 3, 6 órával, 1 és 3 nappal**

Rekeszen belüli nyomás /Hgmm/:	Műtét előtt	Műtét alatt	3 óra	6 óra	1 nap	3 nap
Felfúrásos Első	22,1 52,9	<b>34,6</b> <b>35,4</b>	34,8 33,2	24,2 47,9	10,6 64,4	10,6 69,4
Felfúrásos hátsó	22,9 52,1	<b>30</b> <b>38,2</b>	31,2 36,7	20,1 54,9	11,6 65,1	9,8 70,2
F. nélkül első	21,8 53,2	<b>34,1</b> <b>35,9</b>	34,2 33,8	22,1 50,9	12,1 62,9	7,2 72,8
F. nélkül hátsó	24,6 50,4	<b>35,1</b> <b>34,9</b>	34,9 33	25,4 46,6	10,9 64,1	8,3 71,7

### **III.3. Eredmények**

Nem volt statisztikailag szignifikáns különbség az első rekeszben mért nyomások és deltaP értékek között. A két csoportban, a hátsó rekeszben mért műtét alatti, 3 és 6 órás nyomás eredmények között minden esetben statisztikai különbség volt ( $p < 0.05$ ), a felfúrással végzett műtétek esetében a nyomások mindegyik időpontban alacsonyabbak voltak.

A deltaP értékek mind a felfúrásos, mind a felfúrás nélküli csoportban minden esetben 30Hgmm fölött maradtak. Compartment szindróma egy esetben sem alakult ki.

### **III.3. Megbeszélés**

Vizsgálataim során a kérdéseimre a következő válaszokat kaptam:

- a felfúrás nélküli és a felfúrásos velőűrszeggel operált lábszártörött sérülteknél a műtét során valóban eltérő nyomásviszonyok alakulnak ki a tibiát körülvevő izomrekeszekben

- a műtét alatt mért nyomás értékek a felfúrással végzett műtétek során nem bizonyultak magasabbnak, mint a felfúrás nélkül végzett esetekben, ellenkezőleg a mély elülső rekeszben statisztikailag is ( $p < 0.05$ ) magasabb nyomásokat mértem a felfúrás nélküli szeggel kezelt sérülteknél a műtétet követő napig.

- compartment szindróma nem fordult elő a felfúrással és a felfúrás nélkül végzett szegezések esetén sem, valószínűleg azért, mert a betegek kiválasztásában kizártuk a súlyosabb lágyrész sérüléssel járó és összetett töréseket is.

Következtetésként levonhatjuk tehát, hogy a rekeszi nyomás változása és compartment szindróma kialakulásának a valószínűsége nem függ össze a tibia törések rögzítésére használt szegek behelyezésének a módjától, a velőűr felfúrásától.

## **IV. COMPARTMENT SZINDRÓMÁS IZOM KALORIMETRIÁS VIZSGÁLATA**

### **IV.1. A vizsgálat célja, hypothesisek**

Vizsgálatom célja a compartment szindrómás és Volkmann ischaemiás kontraktúras betegek kóros harántcsikolt izomszövetének kalorimetriás vizsgálata, a két azonos etiológiájú de különböző lefolyású kórképekben és az ép izomban mért eredmények összehasonlítása

Kutatásom megtervezésekor a feltételezéseim a következők voltak:

- Kalorimetriás vizsgálattal különbséget lehet igazolni a különböző fokú compartment szindrómás, Volkmann kontraktúras és ép izom minták

között. Az eredmények követni fogják az érintett izom sérülésének a mértékét és reprodukálhatóak.

- A compartment szindrómát okozó nyomás nagysága és a károsodott izomszövet kalorimetriás eredményei között összefüggés van.

## **IV.2. Anyag és módszer**

### **IV.2.1. Mintavétel**

A kontroll mérésekre szánt egészséges mintákat olyan műtétek során nyertem, melyek során az izomzat egy része eltávolításra került. A kontroll csoportba csak 60 évnél fiatalabb egészséges pacienseket választottam. A vizsgálatra szánt minták minden esetben 1x2cm-es harántcsíktolt izomdarabok voltak, melyeket a lábszár izomzatából távolítottam el.

A kóros mintákat minden esetben sérült compartment szindrómás végtag műtétei során, illetve a Volkmann ischaemiás kontraktúra miatt végzett korrekciós műtétek alatt nyertem. Ezekben az esetekben is 1x2cm-es kóros izomdarabot távolítottam el. A mérésekhez három különböző csoport kritériumait állítottam fel:

I. csoport: lábszártörés, határérték compartment szindróma, a rekeszben mért nyomás 30-35 Hgmm között legalább 3 órán keresztül

II. csoport: lábszártörés, súlyos compartment szindróma, a rekeszben mért nyomás 35 Hgmm fölött legalább 3 órán keresztül

III. csoport: gyógyult lábszártörés, kezeletlen compartment szindróma szövődményeként kialakult Volkmann féle ischaemiás kontraktúra

A kutatás során 4 egészséges mintát és 11 kóros mintát vizsgáltam meg, 4-4 mintát az I. és II. csoportból, valamint 3 mintát a III. Csoportból. A kóros csoportban 5 nő és 8 férfi beteg volt, átlag életkoruk 48 (28-57) év volt.

A mintákat az eltávolítás után fiziologiás sóoldatba helyeztük és 4 fokon tárolva 1 órán belül a PTE Biofizika Intézet DSC laboratóriumába szállítottuk.

#### **IV.2.2. DSC mérések**

A minták mérését az eltávolítást követő 1 órán belül elkezdtük. A kalorimetriás méréseket standardizált módon, SETARAM Micro DSC-II kaloriméterrel végeztem. Valamennyi mérés 0 és 100°C közötti tartományban, 0.3 °K/perc felfűtési sebességgel történt. Hagyományos, átlagosan 850µl térfogatú Hastelloy mérőcellákat alkalmaztunk. A tipikus nedves minta tömeg a kalorimetriás mérések során 100 – 200 mg között változott. A mérőcellákba pufferben tárolt harántcsíkolts izmot, a referencia cellába a tiszta puffer-oldatot helyeztük. A mérő- és referencia cellákat  $\pm 0.1$  mg pontossággal kiegyensúlyoztuk. A hőkapacitás tekintetében nem volt szükség korrekcióra a minta és referencia cellák között. A kalorimetriás entalpiát a hőabszorpciós görbe alatti területből számoltuk két-pontos SETARAM csúcs integráló szoftver segítségével. Az adatfeldolgozás ASCII konverzió után az Origin 6.0 program segítségével történt.

#### **IV.3. Eredmények**

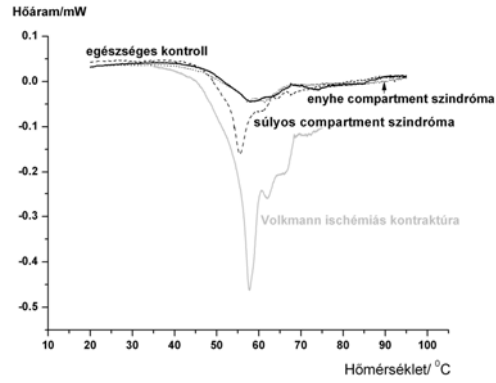
Az érintett izomrekeszek nyomásának az emelkedése a legfontosabb paraméter a szindróma kialakulásában és klinikai kimenetelében. Jól igazolható összefüggés van a nyomásemelkedés, az érintet izmok hipoxaemiás degenerációja és a biokémiai folyamatok következtében kialakult strukturális változása közt. A kalorimetriás mérésekkel egyértelműen igazoltuk a compartment szindróma egyes stádiumai közötti különbséget, melyet a mért kalorimetriás entalpia értékek is alátámasztottak. Kontroll, ép izom esetén:  $\Delta H_{cal} = 0.52$  J/g, I. csoport enyhe esetekben: 0.28 J/g, II csoport, súlyos esetekben: 0.24 J/g és a Volkmann ischaemiás kontraktúrák esetekben: 0.74 J/g (2. táblázat).

**2. táblázat: A compartment szindróma különböző stádiumaiban mért rekeszi nyomás és az izomzatból vett minták termikus paraméterei.**

	Minták száma	Compartment nyomás	$T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta H_{\text{cal}}$ (J/g)
Egészséges	4	<30 mmHg	$55.5 \pm 0.2$ $59.9 \pm 0.3$	$-0.52 \pm 0.04$
I. csoport Enyhe Compartment szindróma	4	30-35 mmHg	$58.1 \pm 0.2$ $62.2 \pm 0.3$	$-0.28 \pm 0.02$
II. csoport Súlyos Compartment szindróma	4	> 35 mmHg	$57.4 \pm 0.2$ $61.5 \pm 0.3$	$-0.24 \pm 0.02$
Volkman ischaemiás kontraktúra	3		$57.8 \pm 0.2$ $61.8 \pm 0.3$ $65.8 \pm 0.3$	$-0.74 \pm 0.06$

A kalorimetriás entalpia értékek ( $\Delta H_{\text{cal}}$ ) és a rekeszekben mért nyomások között szoros szignifikanciát igazoltunk:  $p < 0,01$  (kétmintás Student-T teszt, SPSS for Windows 9.0). A denaturációs hőmérséklet ( $T_m$ ) eredményei és a rekeszi nyomás értékek közt nem igazoltunk szignifikáns összefüggést.

Az egészséges és a patológiás izmok termikus paraméterei és DSC görbéi abszolút különbözőek voltak (1. ábra).



1. ábra: A különböző csoportok DSC görbéinek összehasonlítása

Az I. csoport (enyhe nyomási károsodás) és a kontroll mintái között jelentős szerkezeti különbséget igazoltunk, ez jól követhető a termikus egységek denaturációs hőmérsékleteinek változásával, valamint a kalorimetriás entalpia szignifikáns csökkenésével. A DSC görbék változása az akto-miozin komplex károsodására utalhat.

A II. csoport (súlyos károsodás) mintáinak mérése során az átalakulási hőmérsékletek további változása figyelhető meg ( $T_m$ : 57.45 és 61.5 °C), amely az alacsonyabb aktin  $\Delta H_{cal}$  járuléka alapján a kifejezett izom elhalás következtében megnövekedett aktin károsodásra utal. A görbe alakja az akto-miozin komplex teljes szerkezeti szétesését igazolja, melynek oka az izomszövet elhalása a hypoxia miatt.

A Volkmann ischaemiás izmokból vett minták esetében a termikus paraméterek, és a csak ezekben a mintákban megjelenő harmadik termikus egység megjelenése egyértelműen igazolja az izomzatban végbemenő degenerációt, a szöveti egységek sűrűbbé, tömöttebbé válását.

#### **IV.4. Megbeszélés**

Az elvégzett kísérletes vizsgálattal válasz kaptam a feltett kérdésekre:

- DSC vizsgálattal igazolható a különböző súlyosságú compartment szindrómás, ischaemiás kontraktúras és az ép izomból vett minták hőstabilitásának a különbsége.

- A compartment szindrómában károsodott izom kalorimetriával mért eredményei és a károsodást kiváltó rekeszen belül mért nyomás nagysága között szoros korreláció igazolható.

- A vizsgálat megerősítette kezdeti feltevésemet, hogy a kalorimetriás eredmények és termogramok igazolni és követni tudják a sérült izmokban lezajlott különböző fokú szerkezeti károsodásokat.

- A kísérleti eredményekből a későbbiekben klinikai következtetéseket is levonhatunk.

#### **V. ÖSSZEFOGLALÁS ÚJ EREDMÉNYEK**

Dolgozatomban célul tűztem ki a lábszártörés és ischaemiás szövődményeinek klinikai és kísérletes elemzését. Kiemelt figyelmet fordítottam a compartment szindróma következményeinek klinikai, és alap kutatás szintű eredményeinek a bemutatására.

##### **V.1. A lábszártörés kezelésben alkalmazott új módszerek eredményei**

- A nyílt lábszártörések ellátása a felfűrés nélküli velőűrszeg bevezetését követően lényegesen megváltozott. A módszer alkalmazásának elterjedése előtt a nyílt lábszártöréseket fixateur externe-el láttuk el. A felfűrés nélküli velőűrszegezés fokozatosan vette át a vezető szerepet az egyre magasabb fokú nyílt törések ellátásában.

- A felfúrás nélküli szegek, alkalmassá váltak a tibia proximalis harmad töréseinek az ellátására is, bár a szövődmények aránya ezen a szakaszon lényegesen magasabb.

- A Marcheti-Vicenzi szeget hazánkban elsőként alkalmaztuk klinikánkon. Vizsgálataim igazolták, hogy ezzel az új eljárással a tibia törései különösen a distalis harmadi törések megbízhatóan, alacsony szövődmény aránnyal rögzíthetőek. A Marchetti szeg alkalmazását kiterjesztettük a kis energiájú, ízületbe hatoló, distalis törések ellátására is.

- A lábszár brace és a felfúrás nélküli szegezés együttes alkalmazását 1997-ben dolgoztam ki. A módszerről korábbi közleményt nem találtam. A 144 betegre terjedő vizsgálatommal sikerült igazolni a két kezelési forma előnyeinek összekapcsolását. A sérültek végtagjukat hamarabb terhelhették, töréseik rövidebb idő alatt gyógyultak.

## **V.2. Velőűrszegezés során végzett compartment nyomásmérések eredményei**

- Méréseim során bizonyítottam, hogy a felfúrással és a felfúrás nélkül végzett velőűrszegezés során a törött végtagban az izomrekeszeken belül mért nyomás eltérően változik. Előzetes várakozásaimmal ellentétben fordított eredményt kaptam: a rekeszen belüli nyomás a felfúrás nélküli szegezés alatt nagyobb mértékben emelkedett.

- Vizsgálataim alapján elmondható, hogy a zárt és alacsony lágyrészsérüléssel járó, monotraumaként elszenvedett lábszártörések ellátására elsőként választandó megoldás lehet a magas stabilitást adó felfúrásos velőűrszegezés, mivel alkalmazásakor nem emelkedik lényegesen a rekeszen belüli nyomás, így a compartment szindróma kialakulásának kockázata sem nő.



### **V.3. Compartment szindrómás izom kalorimetriás vizsgálatának eredményei**

- A compartment szindrómás és Volkmann féle ischaemiás betegek izomszöveinek kalorimetriás vizsgálatával igazoltam, hogy az ép és a keringésében károsodott izomszövet hőstabilitásában különbség van.

- Megállapítottam hogy mindhárom mérési csoportban a kalorimetriás görbék eltérőek, mely szerkezeti elváltozásokat igazol.

- Bebizonyítottam továbbá, hogy az izomrekeszen belüli nyomás mértéke, a sérült izom strukturális károsodása és a kalorimetriával mért termokémiai értékei között szoros korreláció van. A kalorimetriás vizsgálat szenzitivitásának és specificitásának köszönhetően nagy mértékben segítheti és kiegészítheti a helyes diagnózis felállítását azokban az esetekben, amikor az klinikailag nem egyértelmű.

## V. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS /ACKNOWLEDGEMENTS/

Köszönettel tartozom mindenekelőtt Dr. Vámhidy Lászlónak és Prof. Dr. Illés Tamásnak, jelenlegi főnökeimnek, hogy a Pécsi Tudományegyetem Mozgásszervi Sebészeti Intézet Balesetsebészeti és Kézsebészeti Klinikai Tanszékén segítettek és mindenben támogatták dolgozatom megírását.

Külön köszönettel tartozom Prof. Dr. Nyárády Józsefnek volt főnökömnek a 12 évnyi segítségért és tanításért.

Köszönet Dr. Hulin István főorvosnak, hogy a balesetsebészeti pályám indulásakor Szekszárdon 4 évig tanítóm volt.

Köszönöm atyai jóbarátainak Dr. Szabó Ferenc és Dr. Pelényi Attila főorvosoknak, hogy 24 évvel ezelőtt a sebészi hivatás felé vezető úton elindítottak.

Köszönöm Prof. Dr. Róth Erzsébetnek a doktori iskola vezetőjének, Dr. Thán Péternek és Prof. Dr. Lőrinczy Dénesnek témavezetőimnek a kutatómunkában és dolgozatom megírásában nyújtott segítséget.

Köszönetet mondok a Balesetsebészeti és Kézsebészeti Klinikai Tanszék valamennyi dolgozójának, hogy munkámat segítették.

Hálával tartozom családomnak: feleségemnek, szüleimnek és gyermekeimnek, akik munkám során mindvégig mellettem álltak szeretetükkel és megértésükkel.

## VI. PUBLICÁCIÓK /AUTHOR'S PUBLICATIONS/

1. **Wiegand N.**, Naumov I., Sebestyén A., Nyárády J.: Tibiafejtöréssel járó lábszártörések ellátása  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 1998. 41S. 67-69.
2. **Wiegand N.**, Nyárády J.: Taktikánk változása a lábszártörések ellátásában,  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 1998. 41/4. 331-337.
3. **Wiegand N.**, Farkas G., Nyárády J.: Possible method for the treatment of lateral malleolus fractures: the Berentey gripper plate  
Nederlands Tijdschrift voor Traumatologie, 1998. S. 137.
4. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Nyílt és nagy lágyrészttraumával járó zárt lábszártörések ellátása felfúrás nélküli velőürszeggel  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 1999. 42/1.S. 76-79.
5. **Wiegand N.**, Naumov I.: Új módszer a térd elülső keresztzalag reinsertiójára: MITEK csonthorgony  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 1999. 42/1.S. 124-127.
6. Naumov I., Nyárády J., Várhidy L., **Wiegand N.**: Tomportáji törések szövődményeinek rekonstrukciós lehetőségei  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 1999. 42/1.S. 110-114.
7. Naumov I., Nyárády J., Várhidy L., **Wiegand N.**: Tomportáji törések műtéti szövődményeinek ellátása  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 1999. 42/2. 320-323.
8. Szántó Z., Borsiczky B., **Wiegand N.**, Röth E., Nyárády J.: Reperfusion injury following tourniquet ischaemia in traumatology  
European Surgical Research, 1999. 31. S1. 170. **IF: 1,956**
9. **N. Wiegand**, I. Naumov, J. Nyárády: Unreamed nailing of open tibial fractures and septic nonunions  
Annual Meeting of European Bone and Joint Infection Society and Musculoskeletal Infection Society, Berlin 2000, Abstract book
10. **Wiegand N.**, Naumov I.: Az eredéséről leszakadt elülső keresztzalag rögzítése csonthorgonnyal.  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2000. 43/1. 27-32.

11. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: PTB-lábszár brace alkalmazása a felfúrás nélküli velőúrszeggel operált lábszártörések kezelésében.  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2000. 43/2. 99-105.
12. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Nyílt lábszártörések ellátása felfúrás nélküli velőúrszeggel.  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2000. 43/3. 170-176.
13. **Wiegand N.**, Nyárády J., Naumov I.: Marchetti-Vicenzi szegezés a distalis, ízületközeleli lábszártörések ellátására.  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2000. 43/4. 258-264.
14. **N. Wiegand**, I. Naumov, J. Nyárády: Treatment of open hand fractures with Manuflex external fixator  
VII Congress of the Federation of the European Societies for Surgery of the Hand, Barcelona 2000, Poster Book
15. **Wiegand N.**, Naumov I., Vámhidy L., Nyárády J.: Pitfalls in the treatment of peritrochanteric fractures /possibilities for reconstruction/.  
Journal of Bone Joint Surgery /Br/, 2001. 83SII. 168-169. **IF: 1,467**
16. Naumov I., Nyárády J., **Wiegand N.**, Vámhidy L., Bukovecz T.: The perotrochanteric fractures – Quo vadis?  
Journal of Bone Joint Surgery /Br/, 2001. 83SII. 192. **IF: 1,467**
17. J. Nyárády, **N. Wiegand**., Naumov I.: Special application of the Marchetti-Vicenzi nail: the distal crural fractures  
European Journal of Trauma, 2002. 28S1. 77.
18. Naumov I., Nyárády J., **Wiegand N.**: Per és subtrochanterikus femur törések.  
Megoldások és eredmények  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/1. 38-48.
19. Naumov I., Kovácsy Á., **Wiegand N.**: Musculus lumbricalis hipertrophia okozta overuse szindróma  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/1. 21-24.
20. Nyárády J., Naumov I., **Wiegand N.**: Per- és subtrochanterikus femur törések: Megoldások és eredmények  
Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/1. 38-48.

21. **Wiegand N.**, Nyárády J., Farkas G., Vámhidy L., Naumov I.: A csípőprotézis szár körüli törések ellátásában szerzett tapasztalataink Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/S1. 74-75.
22. Naumov I., Vámhidy L., **Wiegand N.**, Nyárády J.: Acetabulum törések: ellátás és eredmények Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/S1. 47-48.
23. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Tapasztalataink a tibia proximalis harmada töréseinek velőúrszegezésében Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/2. 110-17.
24. Naumov I., Nyárády J., Farkas G., Vámhidy L., Bukovecz T., **Wiegand N.**: Az enoxaparin és a Na-heparin terápia hatékonyságának összehasonlítása medence és trochantertáji töréseknél Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/3. 207-11.
25. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Csonthorgonyok alkalmazása rekonstrukciós műtétekben Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2002. 45/3. 300-307.
26. Naumov I., Vámhidy L., Nyárády J., **Wiegand N.**: Treatment of the distal radius fractures with Herbert screws. The Journal of Hand Surgery Br., 2002. 27B. 6-8. **IF: 0.6210**
27. Naumov I., Nyárády J., Vámhidy L., Kovácsy Á., **Wiegand N.**: Distalis radiusvég törések kezelése Herbert csavarozással Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2003. 46/4. 316-321.
28. **N. Wiegand** I. Naumov, J. Nyárády: Elastic bundle nail for the distal metaphyseal tibia fractures 6th Congress of the European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology, Helsinki, 2003, Abstract book.
29. A. Sebestyén, I. Boncz, **N. Wiegand**, G. Farkas, J. Nyárády: Measuring quality of life after femoral neck fracture with EQ-5D Eur. Journ. of Trauma, 2006. 32. S1. 189.
30. Vámhidy L., Naumov I., Farkas G., **Wiegand N.**: Térdprotézisek szzeptikus szövődményeinek kezelése kétfázisú rekonstrukcióval Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2006. 49/1. 5-11.

31. **Wiegand N.**, Naumov I., Vámhidy L., Farkas G.: Gyermekkori eminencia intercondyloidea anterior törés: Arthroszkópos rögzítés Herbert-csavarral Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2006. 49/1. 12-18.
32. Nót L., Farkas G., **Wiegand N.**, Bukovecz T.: Fiatal sportoló felső ugróizületi zárt ficam. Egy ritka eset bemutatása Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2006. 49/1. 69-73.
33. Naumov I., Vámhidy L., Farkas G., **Wiegand N.**, Bukovecz T., Fodor B.: A hosszú gamma szegezés eredményei Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2006. 49/1. 21-30.
34. **Wiegand N.**, Naumov I., Vámhidy L., Farkas G., Nyárády J.: Idősült Achilles ín szakadás ellátása plantaris inna és gastrocnemius fasciából készült centrális visszahajtott lebeny augmentációval Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2006. 49/3. 202-207.
35. **N. Wiegand** I. L. Vámhidy, B. Patczai, E. Dömse, P. Than, L. Kereskai, D. Lőrinczy: Differential scanning calorimetric examination transverse carpal ligament in carpal tunnel disease, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2009. 95. 793-796  
**IF: 1,483**
36. **N. Wiegand** I. L. Vámhidy, B. Patczai, E. Dömse, P. Than, L. Kereskai, D. Lőrinczy: Differential scanning calorimetric examination of the degenerated human palmar aponeurosis in Dupuytren disease Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2009. 95. 797-800  
**IF: 1,483**
37. **N. Wiegand** I. L. Vámhidy, B. Patczai, E. Dömse, P. Than, L. Kereskai, D. Lőrinczy: Differential scanning calorimetric examination of the human skeletal muscle in a compartment syndrome of the lower extremities Journal of Thermal Analysis and Calorimetry közlésre elfogadva  
**IF: 1,483**

**Összesített IF: 9,960**

**VII. A DOLGOZATHOZ KAPCSOLÓDÓ ELŐADÁSOK /CONFERENCE PRESENTATIONS IN CONNECTIONS WITH THESIS/**

1. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Intramedullary unreaming techniques in our practice  
15. Steirisch - Slowenische unfall und 12. Grenzlandtagung,

- Bruck a.d. Mur, 1996. november 8-9.
2. **Wiegand N.**, Tóth F., Sebestyén A.: Felfúrás nélküli intramedulláris technikák klinikánk gyakorlatában  
Magyar Traumatológus Társaság Fiatal Traumatológusok Fóruma,  
Győr, 1997. szeptember 12-13.
  3. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Felfúrás nélküli intramedulláris technika gyakorlatunkban  
Magyar Traumatológus Társaság VI. Nemzetközi Kongresszusa,  
Budapest, 1997. május 5-7
  4. **Wiegand N.**, Naumov I., Sebestyén A.: Térdsapkás lábszár brace post operatív alkalmazása felfúrás nélküli tibia velőúrszeggel kezelt lábszártörötteken  
Magyar Traumatológus Társaság Fiatal Traumatológusok Fóruma,  
Debrecen, 1998. május 15-16
  5. **Wiegand N.**, Naumov I., Sebestyén A., Nyárády J.: Tibiafejtöréssel járó lábszártörések ellátása  
Magyar Traumatológus Társaság Vándorgyűlés,  
Kecskemét, 1998. szeptember 17-19.
  6. **Wiegand N.:** UTN szegezést követő brace kezelés  
V. Déldunántúli Traumatológus Konferencia  
Pécs, 1999. január 30.
  7. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: Nyílt és nagy lágyrészt traumával járó zárt lábszártörések ellátása felfúrás nélküli velőúrszeggel  
Magyar Traumatológus Társaság Vándorgyűlés  
Pécs, 1999. áprili 8-10.
  8. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J.: III C típusú nyílt lábszártörés és I fokú nyílt combcsonttörés ellátása felfúrás nélküli velőúrszeggel  
International Forum of Septic Complications After Tibial Fractures  
Budapest, 1999. május 13-15.
  9. **N. Wiegand**, I. Naumov, J. Nyárády: Unreamed nailing of open tibial fractures and septic nonunions  
Annual Meeting of European Bone and Joint Infection Society and Musculoskeletal Infection Society

Berlin, 2000.május 25-27

10. **Wiegand N.**, Naumov I.: PTB lábszár brace alkalmazása a felfúrás nélküli velőúrszeggel operált lebszártörések műtét utáni kezelésében  
Interdiszplináris együttműködés a sérültellátásban  
Nagyberény, 2000. szeptember 22-23
11. **Wiegand N.**, Naumov I., Vámhidy L., Nyárády J.: Izület közeli törések a tibián: tapasztalatok a velőúrszegezéssel  
Magyar Traumatológus Társaság Vándorgyűlése  
Szeged, 2001. május 24-26
12. **Wiegand N.**, Bukovecz T., Laczó F.: Distalis harmadi lábszártörések ellátása Marchetti-Vicenzi szegezéssel  
Magyar Traumatológus Társaság Fialat Traumatológusok Fóruma  
Gyula, 2001. szeptember 20-22
13. **Wiegand N.**, Nyárády J., Naumov I.: Special aplication of the Marchetti-Vicenzi nail: the distal crural fractures  
5th European Trauma Congress  
Wien, 2002. május 4-8
14. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J., : Elastic bundle nail for the distal metaphyseal tibia fractures  
6th Congress of the European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology  
Helsinki, 2003. június 4-10
15. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J., : Distal metaphyseal tibia fractures treated with elastic bundle nail  
International Congress os Osteosynthese International  
Budapest, 2003. szeptember 11-13
16. **Wiegand N.**, Naumov I., Nyárády J., : Possible complications with nailing of the proximal and distal tibia  
International Congress os Osteosynthese International  
Budapest, 2003. szeptember 11-13
17. **Wiegand N.**: A lábszár és a supramalleolaris régió törései és gyógyításuk  
Baleseti sebészeti előkészítő tanfolyam szakorvosjelöltek részére  
Pécs, 2004 október 19



18. **Wiegand N.**, Naumov I.: Mennyibe kerül a nyílt, szövődmenyes lábszártörés gyógyítása  
Magyar Traumatológus Társaság 2003 évi kongresszusa  
Miskolc, 2003. november 9-11
19. **N. Wiegand**, I. Naumov, J. Nyárády: Possible complications with nailing of proximal and distal tibia fracture  
23. Styrian-Slovenian Conference on Traumatology and 20. Borderland Meeting  
Szombathely, 2004. október 15-16
20. **Wiegand N.**: A lábszár és a supramalleolaris régió törései és gyógyításuk  
Baleseti sebészeti vezérfonal szakorvosjelöltek részére  
Budapest, 2004. október 19
21. **Wiegand N.**: A velőúrszegezés alapjai  
Synthes IMN Workshop  
Veszprém, 2005. október 26
22. **Wiegand N.**: A velőúrszegezés határterületei  
Synthes IMN symposia  
Pécs, 2006. április 14
23. **N. Wiegand**, I. Naumov: Type II open Tibia fracture-25 operations-unhappy solution  
25th Annual Meeting of the European Bone and Joint Infection Society  
Budapest, 2006. május 25-25
24. **Wiegand N.**: Unreamed nailing of tibia and femur diaphysis  
Medimetal IMN symposia  
Pécs, 2006. június 16
25. **Wiegand N.**: Fracture of the tibial shaft  
AO Basic Course  
Pécs, 2007. szeptember 27-28
26. **Wiegand N.**: Compartment syndrome and infection  
AO Basic Course  
Pécs, 2007. szeptember 27-28

**Egyéb előadások: 42**

**CLINICAL AND EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE UP-TO-DATE  
TREATMENT OF THE TIBIAL SHAFT FRACTURES**

**Doctoral (Ph.D.) thesis**

**NORBERT WIEGAND M.D.**

**University of Pécs  
Faculty of Medicine  
Department of Traumatology and Hand Surgery**

**Head of Doctoral School of Health Sciences:**

**Prof. Dr. Sámuel Komoly**

**Program leader:**

**Prof. Dr. Erzsébet Róth**

**Theme leader:**

**Prof. Dr. Dénes Lőrinczy**

**Dr. Péter Thán**

**Pécs, 2009**

## **I. INTRODUCTION, AIMS OF THE STUDY**

### **Introduction**

The tibial shaft fractures are 15% of all fractures, which means c.c. 2500 cases per year in Hungary. 90% of these fractures are treated surgically. Injured –who are usually actively working people- will be out of their work for a long time that is why we have to give much attendance in their treatment. During the rehabilitation they spend nearly 2200 days in hospital, which cost more than HUF 450 million per year.

Nowadays the incidence of the tibia fractures is increased, the severity of the fractures is intensified and in spite of new surgical techniques the rate of complications is not dramatically decreased.

In the medical literature there are a lot of publications about the treatment of tibia fractures, operative techniques, complications and rehabilitation. I could find only a few publications about the basic research of the development and prevention of possible complications.

### **Aims**

The treatment of the tibia fractures is one of the most important part of the traumatology, because of weight bearing function, vulnerability and a special soft tissue coverage of the lower extremities. During the treatment of these fractures the most important thing is the “bio-logical” mentality with the conformity of the surgical procedure and the injured biological and biomechanical extremities. During my career I was a witness and active participant in the changes of leg fracture treatment. The aims of my study were the following:

- to present the development of new approaches and surgical techniques in the treatment of the tibia fractures by way of my research and publications.
- clinical examination of the changes in tissue pressure caused by compartment syndrome during the application of the two most common fixation methods for the treatment of tibia fractures, the reamed and unreamed intramedullar nails.

- in basic research: the calorimetric examination of the human muscle tissue in compartment syndrome and Volkmann's ischemic contracture as well as presentation the calorimetric standards of differently damaged muscles.

## **II. CHANGES IN THE TREATMENT OF TIBIA FRACTURES BY CLINICAL REVIEW**

### **II.1. Aim**

To present the changes in the treatment of tibial fractures with retrospective clinical analysis in the following parts:

1. open fractures
2. proximal part fractures
3. distal part fractures

To present the outcomes of two new surgical procedures used for the treatment of leg fractures:

1. Marchetti-Vicenzi nailing
2. Combination of the unreamed intramedullar nail and brace treatment

### **II.2. The treatment of open tibia fractures with unreamed intramedullar nail**

#### **II.2.1 Material and method**

For the retrospective clinical examination 12 years (01.01.1995.-31.12.2006.) were chosen. During this period 438 patients were treated because of leg fractures, 36 of them were treated conservatively and 402 surgically.

The fractures and the soft tissue injuries were categorised according to AO. The 98 open fractures were categorised according to Gustillo – Mendoza, 45 of them were grade I, 38 were grade II and 15 were grade III open fractures. For the treatment of the fractures we used unreamed intramedullar nails in 61 cases, 27 of them were grade I, 26 were grade II and 8 were grade III open fractures. We also used unreamed nails for the treatment of 12

closed fractures with serious (Tscherne grade III-IV) soft tissue injuries. Fixateur extern were used in 26 cases of open fractures, 6 of them were grad I open intraarticular, 13 were grad II and 7 were grad III open fractures. We used reamed intramedullar nail only for the treatment of 11 grade I open fractures.

### **II.2.2. Results**

In the cases treated with unreamed nails significantly lower rate of complications were observed during the healing of the fractures and soft tissues than in the cases treated with other methods. Septic complications were developed in 11 (15.3%) cases, 6 (8.3%) of them were deep infections, 4 were healed and in 2 cases a chronic osteomyelitis were developed. Despite these results, in the cases treated with fixateur extern, 16 (66.6%) septic complications were developed (Mann-Whitney non parametric test,  $p < 0.01$ ), 12 (50%) of them were superficial and 4 (16.7%) were deep infections. In the cases treated with nails there were 4 elongated bony consolidations, there were no cases of non-union and malunion degrees bigger than 5. The average time of bony consolidation was 19 weeks. In the cases treated with fixateur extern, however, the average time of bony consolidation was 24 weeks. Elongated bony consolidations were observed in 2 cases, re-fracture was occurred in 1 case, malunions bigger than 5 degrees were observed in 2 cases. The functional outcomes were better (95% excellent) in the cases treated with intramedullar nails. The average hospitalisation time was 12 days in the cases treated with nails and 21 days in the cases treated with fixateur extern (Mann-Whitney non parametric test,  $p < 0.05$ ).

## **II.3. Unreamed intramedullar nailing of proximal tibia fractures**

### **II.3.1. Material and method**

During the examined 12-year- period (01.01.1995.-31.12.2006.) the Marcehetti-Vicenzi nails were used in 42 cases for the treatment of the distal third tibia fractures and for the cases of combined fractures of the tibia diaphysis and condyles. The fractures were categorised according to AO.

There were 19 pcs. of 43A, 14 pcs. of 43B, and 9 pcs. of 43C in the group of diaphyseal fractures and 8 pcs. of B2 and 4 pcs. of B3 type combined fractures. The bony healing was controlled with physical and X-ray examinations 1, 3, 6 and 12 weeks, and 6 and 12 months after the operations.

### **II.3.2. Results**

The average follow up time of the injured was 26 months (9-48 months). During the healing period deep infection did not develop. Two superficial infections were observed in the case of grade II open fracture and in the case of fracture with high energy soft tissue injury. The average healing time was 21 days. We did not have to change the method at all. During the healing of the fractures our results were better than those published in the literature. Malunion bigger than 5 degrees developed in 11 cases and bigger than 10 degrees in 4 cases. Displacement more than 1 cm in the fracture site was observed in 12 cases, rotation bigger than 10 degree were in 7 cases and impression in the joint surface bigger than 2mm were observed in one case. Our functional results were excellent except for one case, where a 5-degree-flexion deficit occurred.

## **II.4. The treatment of distal tibia fractures with Marchetti-Vicenzi nail**

### **II.4.1. Material and method**

The Marchetti-Vicenzi nail is a special type of unreamed nail, which consists of 4 or 5 thin flexible bundle nails 3.5 mm in diameter composed a 10 cm long solid proximal part.

For the treatment of tibial fractures we have been using Marchetti-Vicenzi nails since 1999 in our clinical practice. In the 10-year- period observed (01.01.1997.-31.12.2006.) the nails were chosen in 32 cases for first operations and 3 cases for re-operations. The average age of the injured was 42 years. The operated fractures were categorised according to AO, there were 15 cases type 42 A, B, and C diaphyseal and 10 were type 43A1, 2, and 3 extra- articular fractures. There were 4 type 43 B1 and 3 type 43C1 intra-articular fractures. We used the nail 3 times for the change in method, in

cases of type 43C1 type fractures. Out of the operated fractures there were 5 grade I, 3 grad II and one grade III/A open fractures.

We newly introduced the Marchetti nails for the treatment of low energy intra-articular tibia fractures. With this nail we could fasten the diaphysis to the fractured metaphyseal part stabilised previously with percutaneous screws.

#### **II.4.1. Results**

All of the fractures and soft tissue injuries treated with Marchetti nails were healed. The average healing time was 18 weeks in the cases of diaphyseal, 14 weeks in distal and 17 weeks in open fractures. There were no displacements during the healing of intra-articular fractures. Valgus deformities between 5 and 10 degrees were observed in 2 cases. Rotational displacement (10 degree outer rotation) occurred in one patient who suffered from a middle third shaft fracture. There were no non-union and septic complications.

### **II.5. Adaptation of brace treatment after unreamed intramedullar nailing of tibia fractures**

#### **II.5.1. Material and method**

Between 01.01.1995 and 31.12. 2006. we operated 224 patients with tibia fractures, brace treatment were used in 144 cases. The fractures were categorised according to AO. The Sarmiento type BTB braces were chosen because the literature presented excellent outcomes with this method. To our knowledge, there have been no publications about the combination of the unreamed intramedullar nail and brace treatment jet. After the adaptation of the brace we permitted gradual weight bearing for the patients until they reached the full weight bearing on the 14<sup>th</sup>-21<sup>st</sup> day. The brace wearing was finished by the 12<sup>th</sup>-16<sup>th</sup> week. The bony healing was controlled with physical and X-ray examinations 1, 3, 6 and 12 weeks, and 6 and 12 months after the operations.

### **II.5.2. Results**

The results of patients treated with unreamed nail compared to the results treated with the combination of brace and unreamed nail together proved the following:

1. Weight bearing: the average time until full weight bearing was  $12 \pm 2$  weeks in a group treated with unreamed nail, and  $4 \pm 2$  in a group treated with the combination of brace and nail (Mann-Whitney non parametric test,  $p < 0.01$ ). The difference is significant: two months.

2. Healing time: the average healing time of the fracture was  $19.6 \pm 2.4$  weeks in the group treated without brace, and  $16.5 \pm 2.5$  weeks in the group treated with brace and nail (Mann-Whitney non parametric test,  $p < 0.01$ ) The difference is significant too: almost one month.

### **II.6. Discussion**

Since the introduction of the unreamed nails the treatment of tibia fractures has undergone essential changes. During the analysis of our clinical examination the following results were proved:

- The indications of fixateur extern used widely earlier are decreased, while the indications of the unreamed intramedullar nails increased. The unreamed nails became the primary method in the treatment of the following fractures:

- Grade II and III open fractures
- Closed fractures with serious soft tissue injuries
- Unstable diaphyseal fractures
- 2. and 6. seventh fractures

- In Europe, after Italy, we used the Marchetti-Vicenzi nail for the treatment of tibia fractures in the second place. We extended the indications of this new method for the treatment of low energy distal intra-articular fractures.

The most up-to-date conservative method, the dynamic brace, was introduced in the rehabilitation of patients, whose tibia fractures were treated with unreamed intramedullar nails. The combination of the two methods was not published in the literature. Using retrospective clinical examinations I



proved that by the application of the method described the healing period and the rehabilitation of the injured could be shortened.

### **III. MONITORING OF THE COMPARTMENTAL PRESSURE DURING REAMED AND UNREAMED NAILING OF THE TIBIA**

#### **III.1. Aims and hypotheses**

The aim of the study was to measure the pressure changes in the intramuscular compartment during the operations and early post-operative periods of the closed tibial shaft fractures treated with reamed and unreamed nails. To compare the results of two different procedures and to investigate if there is any correlation between the different pressure levels and possible complications.

My hypotheses were the following:

- different pressure will develop in the intramuscular compartments during the operations with reamed and unreamed nails of tibia fractures
- pressure parameters monitored during the operations will be higher in the cases of reamed than in unreamed nailings
- the incidence of compartment syndrome will be higher in the cases of reamed intramedullar nailings

#### **III.2. Material and method**

24 patients with closed tibia fractures were involved in the study, 12 of them were stabilised with reamed and 12 of them with unreamed intramedullar nails. All patients were prepared for the operations within six hours. The average age of the patients was 43 years.

The compartmental pressure values were measured by KODIAG MBB Class III type pressure monitor in the anterior and deep posterior compartments according to the following protocol:

- before surgery
- during the nails were inserted to the medullar cavity
- 3 and 6 hours after the surgery
- 1 and 3 days after the operations

During the operation the blood pressure of the patients was monitored and an absolutely sensitive rate for the compartment syndrome, the deltaP, was calculated:  $\text{deltaP} = \text{diastolic blood pressure} - \text{compartmental pressure}$ . Compartment syndrome was proved when the deltaP was lower than 30mmHg or the compartmental pressure was higher than 40mmHg.

**Table 1.: Compartmental pressures before, during and 3, 6 hours and 1 day after surgery**

Compartmental pressure /Hgmm/ <i>DeltaP</i> /mmHg/:	Before surgery	During surgey	3. hour	6. hour	1. day	3. day
Reamed Anterior	22.1 52.9	<b>34.6</b> <b>35.4</b>	34.8 33.2	24.2 47.9	10.6 64,4	10.6 69.4
Reamed Posterior	22.9 52.1	<b>30</b> <b>38.2</b>	31.2 36.7	20.1 54.9	11.6 65.1	9.8 70.2
Unreamed Anterior	21.8 53,2	<b>34.1</b> <b>35.9</b>	34.2 33.8	22.1 5.,9	12.1 62.9	7.2 72.8
Unreamed Posterior	24.6 50.4	<b>35.1</b> <b>34.9</b>	34.9 33	25.4 46.6	10.9 64.1	8.3 71.7

### **III.3. Results**

There were no significant differences between the pressure and deltaP values measured in the anterior compartment. In the posterior compartment we proved significant differences between the pressure results in the two groups during, and 3 and 6 hours after surgery (Excell Anova variant analysis,  $p < 0.05$ ). In the cases of reamed nailing the pressure values were significantly lower in both moments.

The deltaP values were always over then 30mmHg in the reamed and unreamed groups too. During the examination we could not prove the development of compartment syndrome.

#### **III.4. Discussion**

During the investigation I have got the following answers for my questions:

- there are different pressure levels developed in the muscular compartment around the tibia during the usage of two different surgical techniques, the reamed and unreamed nailings.

- the pressure values measured during the surgery are not higher in the cases of reamed nailing, on the contrary in the deep compartment we proved statistically higher pressure in the cases of unreamed nailing than in the cases of reamed nailing.

- during the examination we could not prove the development of compartment syndrome probably because we excluded the fractures with serious soft tissue injuries.

We can draw the conclusion that there is no relationship between the compartmental pressure changes, the chance of the development of compartment syndrome and the insertion technique of the intramedullar nails.

#### **IV. CALORIMETRIC EXAMINATION OF MUSCLE SAMPLES IN COMPARTMENT SYNDROME**

##### **IV.1. Aim and hypotheses**

The aim of my study was to investigate the muscle samples from compartment syndrome and from Volkmann ischemic contracture with calorimetry and to prove that there is a definitive difference in the structure of the healthy and pathological muscles.

During the research my hypotheses were the following:

- Applying calorimetric examinations we can prove a difference between healthy muscle samples and samples from compartment syndrome and Volkmann's ischemic contracture. The results will follow the degrees of the affected muscle injuries and it could be reproduced.

- There is a correlation between the pressure levels measured in compartment syndrome and the results of calorimetric examination of injured muscle tissues.

## **IV.2. Material and method**

### **IV.2.1. Sample preparation**

The control healthy samples were derived during the operations when one part of the muscle has to be excised. The donors taken into the study were all healthy and under the age of 60. The samples 1x2 cm muscle pieces were taken from different muscles of the lower legs.

The pathologic muscles were derived during operations of different seriousness of compartment syndromes and during operative corrections of Volkmann ischemic contracture. The samples were 1x2 cm muscle pieces too. There were three different groups according to the different stages of the syndrome.

Group I.: acute tibia fracture borderline compartment syndrome, compartmental pressure was between 30 mmHg and 35 mmHg during min. 3 hours.

Group II: acute tibia fracture, definitive compartment syndrome, pressure was over 35 mmHg during min. 3 hours

Group III.: healed tibia fracture, muscle ischemic contractures as the sign of complication of untreated compartment syndrome

We measured 4 samples from the control group, 11 pathologic muscles, 4 from group I, 4 from group II and 3 from chronic cases. In the pathologic group there were three females and five males being in average 48 years (28-57) of age. After removing the muscle pieces they were stored in physiologic saline under 4 degrees Celsius and underwent DSC investigation within 1 our.

### **IV.2.2. DSC investigation**

The pieces of different samples have been prepared and measured within 1 hours of removal. The thermal denaturation of different parts of human samples was monitored by a SETARAM Micro DSC-II calorimeter. All the experiments were performed between 0 and 100 °C. The heating rate was 0.3 K/min. Conventional Hastelloy batch vessels were used during the denaturation experiments with 850µL sample volume (samples plus buffer) in

average. Typical sample wet masses for calorimetric experiments varied in the range of 100 – 200 mg. RPMI-1640 solution was used as a reference sample. The sample and reference vessels were equilibrated with a precision of  $\pm 0.1$  mg and there was no need to do any correction from the point of view of heat capacity between the sample and reference vessels. Calorimetric enthalpy was calculated from the area under the heat absorption curve by using two-point setting SETARAM peak integration. The data treatment after ASCII conversion was done by Origin 6.0.

### **IV.3. Results**

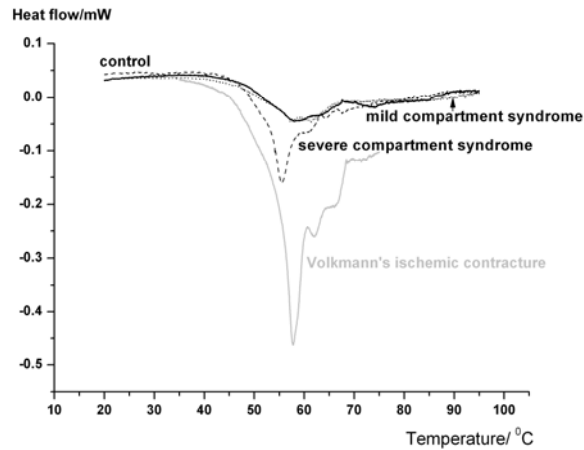
The pressure level of the affected muscle compartment is the most important parameter for the clinical outcome of the disease. There is a well proven correlation between the pressure value and the hypoxemic degeneration and structural changes of the muscle tissue. With DSC scans we clearly demonstrated the significant differences between the different stages of compartment syndrome and the calorimetric enthalpy values support this too: in the control  $\Delta H_{\text{cal}} = 0.52$  J/g, in group I (mild) 0.28 J/g, in group II (severe) 0.24 J/g and in Volkmann's ischemic contracture are 0.74 J/g (Table 2.).

**Table 2.: Compartmental pressures and thermal parameters of muscle samples in different stages of compartment syndrome**

	Number of samples	Compartmental pressure	T <sub>m</sub> (°C)	ΔH <sub>cal</sub> (J/g)
Healthy	4	<30 mmHg	55.5 ± 0.2 59.9 ± 0.3	-0.52 ± 0.04
I. group mild compartment syndrome	4	30-35 mmHg	58.1 ± 0.2 62.2 ± 0.3	-0.28 ± 0.02
II. group severe Compartment syndrome	4	> 35 mmHg	57.4 ± 0.2 61.5 ± 0.3	-0.24 ± 0.02
Volkmann's ischemic contracture	3		57.8 ± 0.2 61.8 ± 0.3 65.8 ± 0.3	-0.74 ± 0.06

We proved strong significance between the calorimetric enthalpy (ΔH<sub>cal</sub>) values and the compartmental pressure values: p<0,01 (Student's-T test, SPSS for Windows 9.0). We couldn't prove significance between the melting temperature (T<sub>m</sub>) values and the compartmental pressure values.

The thermal parameters and the shape of DSC scans of the healthy and pathologic muscles were absolutely different (figure 1.)



**figure 1.: Comparison of different groups DSC scans**

Between the samples of group I (mild stage) and the control samples we proved a relevant structural difference with the changes in melting temperature and significant decrease of calorimetric enthalpy values. The modification of the shape of DSC scans could be the sign of severer damage in the actomyosin system.

In group II (severe stage) a further transition temperature change can be observed ( $T_m$ s 57.45 and 61.5 °C) with increased actin damage (smaller  $\Delta H_{cal}$ ) as a consequence of marked actin lesions. The modification of the shape of DSC scans proves the complete disorganization of the actomyosin complex caused by hypoxia and tissue necrosis.

In case of Volkmann's ischemic contracture a well definite third thermal compound ( $T_m = 65.8$  °C) could be identified which clearly proves a further destroying of the muscle structure with locally more densely packed subunits.

#### **IV.4. Discussion**

During the examinations I've got the following answers:

- With differential scanning calorimetry it is possible to detect differences between thermal features of the intact muscles, muscles from compartment syndrome and muscles from ischemic contractures

- There is a strong significance between the pressure value and the thermal parameters of the injured muscles in compartment syndrome.

- Our results have been firming my hypothesis that with calorimetry we can prove and follow the structural changes of the injured muscle.

The results of the examination may be of clinical relevance in the future.

#### **V. DISCUSSION NEW RESULTS**

The aim of my study was to present a clinical and experimental examination of the treatment of tibia fractures and its ischemic complication. I paid special attention on the clinical and basic research of the compartment syndrome and its complications.

#### **V.1. Results of the applications of new methods in the treatment of tibia fractures**

- The treatment of the open tibia fractures has essentially changed since the introduction of unreamed intramedullar nails. Before these changes the open tibia fractures were treated with fixateur extern. The unreamed nails became the primary method in the treatment of the Grade ii and III open fractures.

- The unreamed intramedullar nails became sufficient for the treatment of the proximal and distal third tibia fractures, but with higher rate of complications.



- In Hungary we used the Marchetti-Vicenzi nail for the treatment of tibia fractures in first time. Our examinations proved that with this method the tibial shaft and distal part fractures can be treated safely with low rate of complication. We extended the indications of this new technique for the treatment of low energy distal intra-articular fractures.

- In 1997 I prepared the treatment concept of the combination of the dynamic brace and the unreamed intramedullar nail. The combination of the two different techniques was not published in the literature. Using retrospective clinical examinations of 144 patients I proved that by the application of the method described that the advantages of the two treatment form could be attached and the healing period and the rehabilitation of the injured could be shortened.

## **V.2. Compartmental pressure changes during reamed and unreamed nailing of the tibia**

- During the investigation I have proved that there are different pressure levels developed in the muscular compartment around the tibia during the usage of two different surgical techniques, the reamed and unreamed nailing. Contradicting the presuppositions opposite results were gained: the compartmental pressure increased in a greater extent during unreamed than in reamed nailings.

- On the grounds of my research I can declare that for the treatment of closed tibia fracture suffered in monotrauma and low energy injury the first advised fixation method is the reamed intramedullar nail. This technique guarantees high stability, during the application the compartmental pressure and the development of compartment syndrome will not increase in a relevant level.

### **V.3. Calorimetric examination of the muscle in compartment syndrome**

- I proved with differential scanning calorimetry that there is a difference between thermal features of the intact muscles, muscles from compartment syndrome and muscles from ischemic contractures.

- I identified that the DSC scans are absolutely different in both measured groups which prove structural changes in the muscle.

- I also demonstrated that there is a close correlation between the compartmental pressure, the structural damage of muscle tissues and thermo-chemic values measured by calorimetry. Due to their sensitivity and specificity calorimetric examinations can help and support the clinical diagnosis in atypical cases.