

Paweł Kaczorowski

**Wpływ złamania kości podudzia i zabiegu operacyjnego na zmianę
wartości ciśnienia śródpowięziowego oraz niebezpieczeństwo
wystąpienia zespołu ciasnoty śródpowięziowej**

Rozprawa doktorska

Promotor: **prof. UM dr hab. med. Fryderyk Pukacki**

II Katedra Chirurgii

Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyń

Wydział Lekarski II

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego

w Poznaniu

Samodzielny Publiczny Szpital Wojewódzki w Gorzowie Wielkopolskim

Poznań 2015

Mojemu Promotorowi,

Panu Profesorowi Fryderykowi Pukackiemu

wyrażam podziękowanie

za okazaną mi pomoc i wsparcie.

Pracę dedykuję Rodzicom

SPIS TREŚCI

Skróty stosowane w pracy	6
I. Wstęp	7
I.1. Definicja zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP)	7
I.2. Klasyfikacja i podział zespołów ciasnoty przedziałów powięziowych	7
I.3. Anatomia podudzia	8
I.4. Patomechanizm ZCPP	10
I.5. Diagnostyka i leczenie ZCPP	11
I.6. Charakterystyka złamań kości podudzia	18
II. Cel pracy	22
III. Materiał i metody	23
III.1 Podział pacjentów ze złamaniem kości podudzia	23
III.2 Karta badania pacjenta	24
III.3 Pomiar ciśnienia śródpowięziowego	26
III.4 Analiza statystyczna	32
IV. Wyniki	34
IV.1. Ocena zależności objawów klinicznych od wartości ciśnienia śródpowięziowego w grupie B wg kryteriów przyjętych na podstawie dostępnego piśmiennictwa	40
IV.2. Zasadność przeprowadzenia pomiaru ciśnienia śródpowięziowego w urazowych złamaniach kości podudzia oraz obiektywizacja pozyskanych wartości ciśnienia	47
IV.3. Analiza średnich wartości ciśnień (ICP i PP) uzyskanych w kolejnych pomiarach	52

IV.4.	Wpływ stabilizacji złamania kości podudzia na ilość objawów oraz zmianę wielkości ciśnienia śródpowięziowego	54
IV.5.	Wpływ wykonanej fasciotomii na zmianę liczby objawów klinicznych i wartości ciśnienia śródpowięziowego	58
IV.6.	Analiza wpływu wybranych czynników ryzyka na częstość wykonywanych fasciotomii w grupie A	63
V.	Omówienie	64
V.1.	Objawy	64
V.2.	Ciśnienie	67
V.3.	Zasadność wykonywania rutynowego pomiaru ICP	71
V.4.	Kiedy wykonywać pomiar ICP	73
V.5.	Wpływ zabiegu stabilizacji złamania na zmianę liczby objawów klinicznych i wartości ciśnień śródpowięziowych	74
V.6.	Wpływ fasciotomii na zmianę liczby objawów klinicznych i wartości ciśnień	76
V.7.	Czynniki ryzyka OZCPP	80
VI.	Wnioski	82
VII.	Streszczenie w języku polskim	83
VIII.	Streszczenie w języku angielskim	85
IX.	Piśmiennictwo	87
X.	Załącznik nr 1 Karta Badania	93

Skróty stosowane w pracy:

- ZCPP** - zespół ciasnoty przedziałów powięziowych
- OZCPP** - ostry zespół ciasnoty przedziałów powięziowych
- PZCPP** - przewlekły zespół ciasnoty przedziałów powięziowych
- LBF** - ang. Local Blood Flow – miejscowy przepływ krwi
- Pa** - ang. Arterial Pressure – ciśnienie tętnicze
- Pv** - ang. Venous Pressure – ciśnienie żyłne
- R** - ang. Resistance - opór włósczkowy
- ICP** - ang. Intracompartmental Pressure – ciśnienie śródpowięziowe
- SBP** - ang. Systolic Blood Pressure – skurczowe ciśnienie krwi
- DBP** - ang. Diastolic Blood Pressure – rozkurczowe ciśnienie krwi
- MAP** - ang. Mean Arterial Pressure – średnie ciśnienie tętnicze krwi
- PP** - ang. Perfusion Pressure – ciśnienie perfuzji
- MIPO** - ang. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis – małoinwazyjna stabilizacja
płytkowa
- CRIF** - ang. Closed Reduction Internal Fixation – zamknięta repozycja ze stabilizacją
wewnętrzną
- ORIF** - ang. Open Reduction Internal Fixation – otwarta repozycja ze stabilizacją
wewnętrzną

I. Wstęp

I.1 Definicja zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP)

Pojęcie ciasnoty śródpowięziowej zdefiniował Mubarak jako wzrost ciśnienia w zamkniętym kostno-powięziowym przedziale prowadzący do mikrowaskularnych zaburzeń. Zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (ZCPP) to stan ostrego niedokrwienia mięśni i nerwów spowodowany wzrostem ciśnienia śródpowięziowego [1]. Najczęściej dotknięte są nim przedziały mięśniowe z relatywnie mało podatną na rozciąganie powięzią bądź strukturami kostnymi, szczególnie przedział przedni i tylny głęboki podudzia oraz dłoniowy przedramienia [2]. Do wzrostu ciśnienia śródpowięziowego może prowadzić zarówno obrzęk samego mięśnia ograniczonego łącznotkankowo-kostną przestrzenią, jak również ucisk zewnętrzny spowodowany zbyt ciasnym opatrunkiem bądź unieruchomieniem.

I.2 Klasyfikacja i podział zespołów ciasnoty przedziałów powięziowych

W zależności od czasu trwania objawów zespołu ciasnoty oraz przyczyny jego powstania wyróżnia się zespół ostry i przewlekły.

- ostry zespół ciasnoty przedziałów powięziowych (OZCPP) wywołony jest najczęściej ciężkim urazem kończyny powikłanym złamaniem kości, stłuczeniem mięśni lub tak zwanym urazem zmiążdżeniowym.

Do innych przyczyn powstania ostrego ZCPP zaliczamy:

- zbyt ciasne zeszywanie powięzi i skóry,
- uraz tętnicy,
- unieruchomienie gipsowe, ciasny opatrunek okrężny,
- oparzenia (termiczne, chemiczne, elektryczne),
- reperfuzja po rewaskularyzacji niedokrwionej kończyny,
- ukąszenia,

- postrzały,
- operację w opasce Esmarcha /w niedokrwieniu/,
- zabiegi na stole wyciągowym w pozycji do hemilitotomii,
- niewłaściwie utrzymywane spodnie przeciwstrząsowe,
- przetaczanie dużych objętości płynów we wstrząsie.

Przewlekłym zespołem ciasnoty przedziałów powięziowych (PZCPP) określamy z kolei nawracające wzrosty ciśnienia. Dotyczą one zwykle przedziału przedniego i tylnego głębokiego podudzia. Zespół tego typu charakteryzuje się przejściowym bólem i obrzękiem kończyny. Typowym tego przykładem mogą być pojawiające się bóle, obserwowane u sportowców po intensywnych ćwiczeniach fizycznych. Szczególnie dotyczą one sportowców wykonujących powtarzalne schematy ruchowe. Do dyscyplin sportowych najbardziej predysponujących do PZCPP należą: bieganie, kolarstwo, pływanie oraz „musztry” u młodych żołnierzy. Potwierdzeniem przejściowej ciasnoty przedziałów powięziowych jest ustępowanie bólu po zaprzestaniu ćwiczeń fizycznych.

I.3 Anatomia podudzia

W obrębie podudzia, kości piszczelowa i strzałkowa wraz z powięzią goleni tworzą anatomiczne przestrzenie określane mianem przedziałów powięziowych. Obie kości na swoich częściach obwodowych tworzą stawy, natomiast trzony stanowią rusztowanie oraz miejsca przyczepów mięśniowych. Wraz z powięzią goleni ograniczają one naturalne przestrzenie zawierające brzośce mięśniowe, naczynia i nerwy. Wyróżnia się cztery przedziały powięziowe: (Ryc. 1) przedni, boczny oraz dwa tylne: powierzchowny i głęboki.

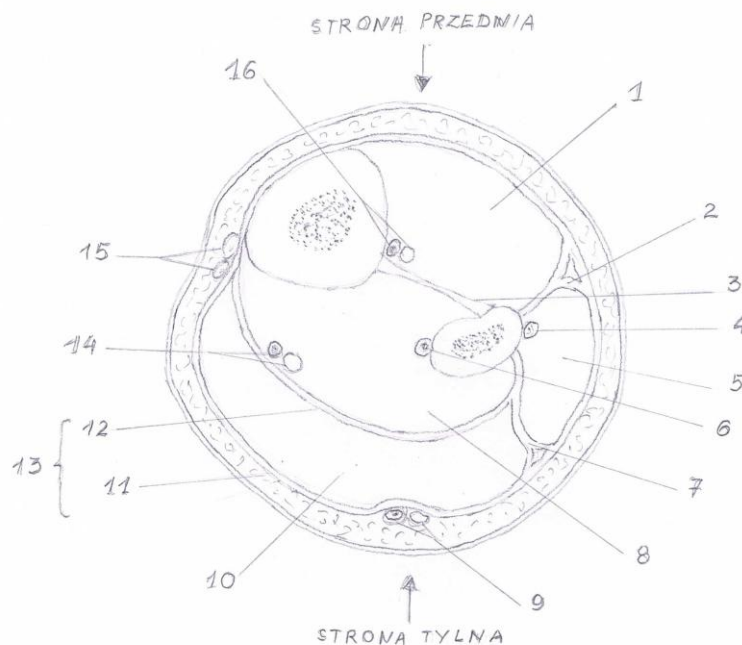
Przedział przedni utworzony jest (opis zgodnie z ruchem wskazówek zegara dla kończyny dolnej prawej) przez kości: strzałkową i piszczelową, błonę międzykostną, powięź goleni i przegrodę międzymięśniową przednią. Zawiera: mięsień piszczelowy przedni, mięsień

prostownik długi palców, mięsień strzałkowy trzeci, mięsień prostownik długi palucha, tętnicę piszczelową przednią oraz nerw strzałkowy głęboki.

Przedział powięziowy boczny utworzony jest przez kość strzałkową, przegrodę międzymięśniową przednią, powięź goleni, przegrodę międzymięśniową tylną. W jego obrębie znajdują się: mięśnie strzałkowy długi i krótki oraz nerw strzałkowy powierzchowny.

Przedział tylny powierzchowny ograniczony jest blaszkami powierzchowną i głęboką powięzi goleni oraz bocznie przegrodą międzykostną tylną. Zawiera mięśnie: brzuchaty łydki, płaszczkowaty oraz podeszwowy.

Przedział powięziowy tylny głęboki utworzony jest (opis zgodnie z ruchem wskazówek zegara dla kończyny prawej) przez strzałkę, blaszkę głęboką powięzi goleni, kość piszczelową i błonę międzykostną. Zawiera mięśnie: podkolanowy, zginacz długi palców, zginacz długi palucha, piszczelowy tylny, tętnicę strzałkową, piszczelową tylną oraz nerw piszczelowy.



Ryc.1. Przekrój poprzeczny podudzia prawego. Widok od góry (autor: M. Kaczorowska)

1. przedział przedni
2. przegroda międzymięśniowa przednia
3. błona międzykostna

4. nerw strzałkowy powierzchowny
5. przedział boczny
6. tętnica strzałkowa
7. przegroda międzymięśniowa tylna
8. przedział tylny głęboki
9. żyła odstrzałkowa i nerw łydkowy
10. przedział tylny powierzchowny
11. blaszka powierzchowna powięzi goleni
12. blaszka głęboka powięzi goleni
13. powięź goleni
14. tętnica piszczelowa tylna, nerw piszczelowy
15. żyła odpiszczelowa, nerw udowo-goleniowy
16. tętnica piszczelowa przednia, nerw strzałkowy głęboki

I.4 Patomechanizm ZCPP

Patomechanizm powstawania ZCPP jest procesem złożonym i nie do końca wyjaśnionym. Najistotniejszym elementem wydaje się być zaburzenie mikrokrążenia, powstające w następstwie wzrostu ciśnienia śródpowięziowego, upośledzające ukrwienie mięśni oraz nerwów i prowadzące w konsekwencji do martwicy. Swoisty mechanizm, w którym niedokrwienie uszkodzonych tkanek prowadzi do obrzęku na poziomie komórkowym, potęgując tym samym proces narastającego ciśnienia wewnątrz przedziału, tworzy tzw. efekt „błędnego koła”.

Zaburzenie lokalnej tkankowej hemostazy prowadzi do wzrostu ciśnienia tkankowego, zaburzenia przepływu włósniczkowego oraz miejscowej martwicy tkanek w wyniku niedoboru tlenu [3,4]. Przepływ miejscowy (LBF – local blood flow) jest równy

gradientowi tętniczo-żylnemu (Pa arterial pressure – Pv venous pressure) podzielonemu przez miejscowy opór włósczkowy (R – resistance) $LBF = Pa - Pv / R$. W warunkach niedokrwienia lokalny opór tkankowy jest minimalny, natomiast przepływ tętniczy maksymalny. Prowadzi to do zwiększenia przepływu miejscowego [5]. Hargens [6], prowadząc prace badawcze na zwierzętach, wyznaczył progową wartość ciśnienia śródpowięziowego. Wykazał, że u psa z prawidłowym ciśnieniem tętniczym wzrost ciśnienia śródpowięziowego powyżej 30 mmHg, utrzymujący się przez osiem godzin, doprowadza do martwicy mięśni. Podobne badania wykonał Heckman [7], poszukując wartości ciśnienia śródpowięziowego, powyżej której obserwuje się martwicę mięśni. Dowiódł, że większy od bezwzględnej wartości ciśnienia (ICP) wpływ na uszkodzenie komórek mięśniowych ma różnica między ciśnieniem rozkurczowym (DP) i ciśnieniem śródpowięziowym (ICP). Heckman stwierdził rozsiane obszary zawału mięśni i ich zwłóknienie przy PPr=10mmHg (PPr = DP – ICP). Powszechnie przyjmuje się, że niedokrwienie trwające krócej niż 4 godziny jest odwracalne. W przypadku niedokrwienia trwającego 4-6 godzin wynik tworzących się zmian jest trudny do przewidzenia, natomiast uszkodzenia powstałe w niedokrwieniu przekraczającym 8 godzin uznaje się za nieodwracalne [8]. Doświadczalnie wykazano, że nawet krótko utrzymujące się wysokie ciśnienie śródpowięziowe narusza nerwowo-mięśniową zdolność regeneracji tkanek.

I.5 Diagnostyka i leczenie ZCPP

Opóźnione leczenie zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych lub jego brak są tragiczne dla chorego i prowadzą wielokrotnie do ciężkiego kalectwa [9]. Narastająca martwica mięśni i nerwów skutkuje miejscowymi zaburzeniami neurologicznymi (parestezje, porażenia), powstaje osłabienie siły mięśniowej oraz przykurcze. Często obserwuje się następstwa ogólnoustrojowe, takie jak uszkodzenie nerek, spowodowane rozpadem komórek mięśniowych i wtórną mioglobinurią, zaburzenia rytmu serca spowodowane następstwem wysokiego poziomu jonów potasowych, posocznica, a nawet śmierć [10].

W rozpoznaniu i monitorowaniu narastających objawów OZCPP tradycyjnie kluczową rolę odgrywa badanie podmiotowe oraz przedmiotowe chorego [9]. Objawy kliniczne ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych to głównie: ból kończyny niewspółmierny do siły urazu, brak poprawy podczas elewacji kończyny, uczucie rozpierania

w obrębie miejsca złamania. W badaniu klinicznym stwierdza się palpacyjną bolesność danego przedziału mięśniowego nasilającą się podczas ruchów biernych, osłabienie siły mięśniowej, przeczulicę lub zniesienie czucia. Objawy kliniczne wiążą się z miejscowymi zmianami patologicznymi niedokrwionych tkanek [11,12]. Odpowiednia ich ocena oraz różnicowanie z całą gamą dolegliwości wywołanych samym urazem są trudne i niekiedy mylące. Objawy rozwijającego się ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych nakładają się na miejscowe objawy urazu, co wielokrotnie uniemożliwia przeprowadzenie poprawnego badania podmiotowego. Chcąc uniknąć pomyłek oraz zmniejszyć częstość ich występowania wprowadzono krwawy pomiar wartości ciśnienia śródpowięziowego. Oczekuje się, że poznanie tej wartości poprawi odsetek rozpoznań powstających zmian oraz wpłynie na obranie skutecznej dla chorego taktyki leczenia i zwiększenie odsetka uratowanych kończyn [13,14].

Główną i najbardziej skuteczną metodą doraźnego leczenia OZCPP jest fasciotomia. Zabieg ten polega na rozcięciu powięzi mięśniowych, co zmniejsza ciśnienie śródpowięziowe, a tym samym poprawia wydolność mikrokrażenia i przeciwdziała martwicy tkanek [15,16,17]. Jednakże takie leczenie musi zostać podjęte odpowiednio wcześnie. Bardzo często otwarcie przedziałów powięziowych (fasciotomia) wykonuje się zbyt późno, co dodatkowo naraża niedokrwione i martwiczo zmienione tkanki na zakażenie [18]. Wówczas dochodzi może do stanu septycznego, którego opanowanie jest trudne i zazwyczaj kończy się amputacją kończyny [10].

Panuje przekonanie, że fasciotomia jest jedynym zabiegiem pozwalającym znieść wzmożone ciśnienie śródpowięziowe powstałe w wyniku złamania kości podudzia, a tym samym poprawia sukces końcowego leczenia. Stąd też, w ostatnim 20-leciu zrodziła się praktyka nadrozpoznawalności OZCPP. Uznano, że wczesne wykonanie fasciotomii ratującej kończynę jest lepsze niż jej brak w przypadku objawów nadciśnienia śródpowięziowego . Jednak decyzja o rozcięciu powięzi mięśniowych pozostaje ciągle trudna i kontrowersyjna [19]. Istnieje wiele sposobów odbarczenia przedziałów międzypowierzchniowych. Ogólnie ujmując zagadnienie, fasciotomię można podzielić na półzamkniętą i otwartą. Fasciotomia otwarta wiąże się z rozległym rozcięciem skóry goleni wraz z powięzią. Zabieg ten odsłania brzośce mięśniowe a rana pozostaje otwarta przez wiele dni. Zamknięcie rany po wykonaniu

fasciotomii przeprowadza się stopniowo. Często jest to proces wieloetapowy, a ostateczne zaopatrzenie „ziewających” mięśni wykonuje się za pomocą przeszczepów skórnych [20].

Niedogodnością zabiegu jest długotrwała ekspozycja tkanek, która zwiększa ryzyko infekcji [21]. Wystąpienie takiego powikłania znacznie przedłuża okres hospitalizacji chorego oraz zwiększa koszty leczenia. Ponadto znacząco obniża jakość życia chorego i pogarsza efekt kosmetyczny leczenia, co może być szczególnie istotne u młodych kobiet (Ryc. 2).

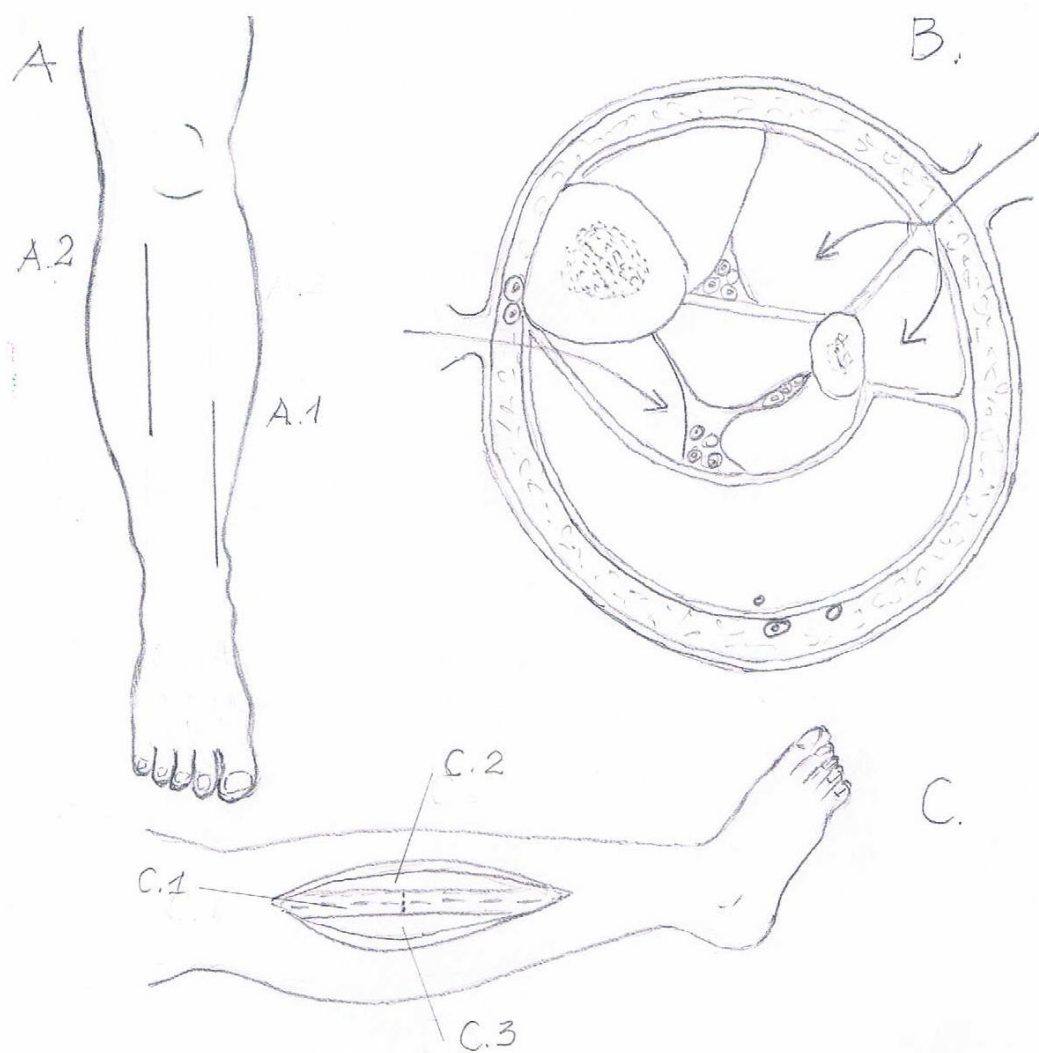


Ryc. 2. Fasciotomia otwarta podudzia wykonana z dwóch cięć- przedział przedni i boczny, stabilizator zewnętrzny Biomet (autor P. Kaczorowski)

Technika wykonania fasciotomii w obrębie kończyny dolnej z dwóch cięć (otwartej).

Cięcie boczne (Ryc.3- A2), pionowe prowadzi się w połowie odległości między przednim brzegiem kości piszczelowej i kości strzałkowej, rozpoczynając w jednej trzeciej górnej podudzia. Po przecięciu skóry i tkanki podskórnej lokalizuje się przegrodę międzymięśniową przednią (Ryc.3- C1). Do przodu od przegrody znajduje się powięź pokrywająca mięśnie prostowniki. Po jej przecięciu uwalniamy przedział przedni (Ryc.3- C2). Ku tyłowi od niej przecina się powięź pokrywającą mięśnie strzałkowe, odbarczając przedział boczny (Ryc.3- C3). Otwarcie przedziału przedniego można wykonać z komory mięśni strzałkowych, czyli przez przedział boczny, w tym celu przecina się błonę międzymięśniową. Należy jednak zlokalizować nerw strzałkowy powierzchowny, który na tym poziomie biegnie w obrębie komory mięśni strzałkowych, w bezpośrednim sąsiedztwie błony międzykostnej, co zwiększa ryzyko jatrogennego uszkodzenia tego nerwu (Ryc. 1).

Cięcie przyśrodkowe (Ryc.3-A1) wykonuje się na poziomie 2-3 centymetrów do tyłu od tylnoprzyśrodkowego brzegu piszczeli. Po zlokalizowaniu nerwu udowo-goleniowego i żyły odpiszczelowej przecina się dwie blaszki powięzi goleni otaczające mięsień płaszczkowaty i brzuchaty łydki. Tym samym uwalnia się przedziały tylne: powierzchowny i głęboki.



Ryc.3. Fasciotomia z dwóch nacięć. Opis w tekście (autor M. Kaczorowska)

Fasciotomia półzamknięta polega na dwumiejscowym nacięciu skóry oraz podskórnym rozcięciu powięzi przy pomocy specjalnego noża chirurgicznego (Ryc. 4 i 5). Zaletą takiego odbarczenia jest zdecydowanie mniejszy uraz operacyjny pozwalający również uwalniać z ucisku dużą masę mięśniową. Gojenie rany przebiega szybciej, a ilość powikłań miejscowych i efekt kosmetyczny są zdecydowanie lepsze niż po fasciotomii otwartej.



Ryc. 4. Nóż ułatwiający wykonanie fasciotomii półzamkniętej (autor P. Kaczorowski)



Ryc. 5. Fasciotomia podskórna półzamknięta przedziału przedniego (autor P.Kaczorowski)

Ze względu na rozbieżne dane w piśmiennictwie, co do wartości zmieniającego się ciśnienia śródpowięziowego po złamaniach kości podudzia oraz sprzeczne poglądy związane z rozwojem OZCPP, zasadnym jest wypracowanie jednolitego standardu wczesnego rozpoznania zagrożenia kończyny rozwojem OZCPP i przyjęcie właściwej strategii leczenia takich chorych [19, 22, 23, 24, 25, 26]. Ma to szczególne znaczenie w zaopatrywaniu doraźnym i okołoperacyjnym pacjentów w ośrodkach drugiej referencji przy równoczesnych brakach kadrowych i utrudnionym monitorowaniu przebiegu leczenia. Jako lekarz pełniący częste dyżury urazowe i osobiście zaopatrujący poszkodowanych ze złamaniem kości podudzia, podjąłem próbę udzielenia odpowiedzi na pytanie: czy istnieje obiektywna i pomocna w rozpoznaniu powikłań w postaci OZCPP metoda pomiaru narastającego ciśnienia śródpowięziowego. Jednocześnie starałem się ustalić wskazania oraz wartość rokowniczą monitorowania ciśnienia śródpowięziowego u takich chorych.

I.6 Charakterystyka złamań kości podudzia

Złamania kości podudzia to jeden z najczęstszych urazów, z jakimi boryka się współczesna chirurgia urazowo-ortopedyczna. Rozwój gospodarczy i ekonomiczny sprzyja zwiększonej liczbie urazów wysokiej energii, do których dochodzi w trakcie wypadków komunikacyjnych, urazów w budownictwie oraz podczas uprawiania sportów ekstremalnych. W przypadku złamań kostek negatywne następstwa związane z urazem, w postaci artrozy stawu skokowego górnego, występują u około 12 % poszkodowanych w relatywnie dużym odstępie czasu. Złamania nasady bliższej piszczeli to urazy związane zarówno z uszkodzeniem powierzchni stawowej, a więc zwiększające ryzyko pourazowej artrozy, jak również niosące zagrożenie wystąpienia ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych [27]. Natomiast w przypadku złamań trzonów kości podudzia, najczęstszej przyczyny OZCPP, szczególnie niebezpieczny dla chorego jest wczesny okres pourazowy [28]. Pacjent narażony jest na rozwój zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych. Zakładamy oczywiście zastosowanie prawidłowego i zgodnego ze współczesnymi standardami leczenia, które w obu przypadkach jest głównie operacyjne. W przypadku złamań kostek głównym wskazaniem do operacji jest sam charakter złamania. Ponieważ w każdym przypadku jest to złamanie śródstawowe, wymaga ono anatomicznego nastawienia i stabilizacji. W złamaniach trzonów kości podudzia celem leczenia operacyjnego jest nadanie odpowiedniej osi zespolonej kości długiej oraz przeciwdziałanie przemieszczeniom rotacyjnym. Umożliwia to wczesną rehabilitację oraz zapewnia pełen zakres ruchu w stawach sąsiadujących: skokowym i kolanowym. Powyższe kryteria leczenia spełnia zarówno stabilizacja płytą, jak i gwoździem śródszpikowym [29].

Zespolenie z zastosowaniem płyty rekonstrukcyjnej, jako materiałem stabilizującym odłamy, pociąga za sobą konieczność rozległego dostępu operacyjnego. Często, w przypadku płyt starszego typu, wiąże się to z odpreparowaniem okostnej i upośledzeniem ukrwienia kości w miejscu złamania. Płyta umożliwia wprawdzie anatomiczne nastawienie odłamów, a sam dostęp operacyjny zapewnia odbarczenie przedziałów powięziowych, natomiast nie gwarantuje biomechanicznej wydolności, jak również upośledza proces powstawania blizny kostnej. Z doświadczeń oddziały, z którego pochodzą dane, ten typ zespolenia zarezerwowany jest dla złamań końca bliższego i dalszego kości piszczelowej. Jednakże nawet w tych konkretnych przypadkach, jeżeli charakter złamania na to pozwala, stosujemy

nowoczesne płyty umożliwiające kątową stabilność śruby w płycie bez mechanicznego uszkodzenia okostnej i upośledzenia ukrwienia oraz małoinwazyjną technikę operacyjną MIPO (ang. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis) (Ryc. 6).



Ryc. 6 Zespoleńie złamania podudzia MIPO (autor P. Kaczorowski)

Zespoleńie kości gwoździem śródszpikowym (Ryc. 7) zapewnia małą urazowość tkanek, dostępy operacyjne są niewielkie, a czas zabiegu krótki. Największą zaletą powyższej metody jest biomechanika stabilizacji. Materiał zespalający, w tym przypadku gwoździe, wprowadza się do jamy szpikowej kości piszczelowej. Nastawienie odbywa się metodą krytą z użyciem śródoperacyjnego podglądu radiologicznego (RTG). W celu zapobieżenia

przemieszczeniom rotacyjnym kości stosuje się ryglowanie gwoźdźmi w części bliższej i dalszej. Przewaga biomechaniczna takiego postępowania polega na dużej stabilności zespolenia. Siły działające na kość podczas obciążania kończyny przenoszone są wzdłuż osi gwoźdźmi, powodując docisk odłamów i stymulację zrostu [30]. Wprowadzenie stabilizacji śródszpikowej, jako rutynowej metody operacyjnej w złamaniach trzonu kości piszczelowej, skutkowało znacznym wzrostem ciśnienia śródpowięziowego w porównaniu do metody otwartej, nastawienia i stabilizacji płytą [31, 32]. Pojawiły się nawet publikacje opisujące zespół ciasnoty śródpowięziowej w następstwie gwoździowania śródszpikowego, wskazujące we wnioskach końcowych na możliwość wystąpienia zespołu [16, 17, 29, 33]. Powstałe wątpliwości skłoniły do poszukiwania obiektywnej metody rozpoznania powyższego powikłania. Jedną z metod, szeroko opisywaną, lecz nieczęsto stosowaną, jest pomiar ciśnienia śródpowięziowego. W oddziale autora pomiar ciśnienia śródpowięziowego wykonuje się od kilkunastu lat i zarezerwowany jest on dla chorych z klinicznymi objawami ciasnoty pourazowej, a także w rozpoznaniu przewlekłego zespołu uciskowego.



Ryc. 7. Stabilizacja złamania podudzia - gwóźdź śródszpikowy ryglowany (autor P. Kaczorowski)

II. Cel pracy

II.1. Ocena zależności objawów klinicznych od wartości ciśnienia śródpowięziowego w złamaniach kości podudzia

II.2. Ocena wpływu leczenia operacyjnego złamania kości podudzia i fasciotomii na zmianę wartości ciśnienia śródpowięziowego i zniesienie objawów klinicznych OZCPP

II.3. Określenie czynników ryzyka ciasnoty śródpowięziowej u chorych po złamaniu kości podudzia

Założono, że analiza wyników prowadzonego badania pozwoli ocenić korelację bezpośredniego ciśnienia śródpowięziowego (ICP) oraz wyliczonych przy jego pomocy ciśnień perfuzji (PPr, PPŚ) z badaniem klinicznym, zobiektywizuje wartość graniczną ciśnień ułatwiającą rozpoznanie OZCPP oraz wykaże zasadność takich pomiarów w złamaniach kości podudzia. Dowiedzie ponadto wpływu chirurgicznej stabilizacja złamania kości podudzia oraz fasciotomii półzamkniętej na zmniejszenie liczby objawów klinicznych, zmniejszenie wartości ICP oraz wzrost ciśnień perfuzji PP.

III. Materiał i metody

III.1. Podział pacjentów ze złamaniem kości podudzia.

Przyjęty w pracy podział pacjentów ze złamaniem kości podudzia:

- wszyscy pacjenci – 46 osób (grupa A)
- pacjenci u których wykonano pomiar ciśnienia śródpowięziowego – 19 osób (grupa B)
- pacjenci bez rutynowego pomiaru ciśnienia śródpowięziowego – 27 osób, (grupa C)
- pacjenci z zabiegiem fasciotomii – 9 osób (grupa D)
- pacjenci bez zabiegu fasciotomii – 37 osób (grupa E)

W latach 2010 - 2012 w Oddziale Chirurgii Ortopedycznej i Urazów Narządu Ruchu Samodzielnego Publicznego Szpitala Wojewódzkiego w Gorzowie Wielkopolskim hospitalizowano 46 pacjentów z rozpoznaniem złamania kości w obrębie podudzia. W grupie tej znalazło się 13 chorych ze złamaniem jedynie kości piszczelowej oraz 33 pacjentów ze złamaniem zarówno kości piszczelowej, jak i strzałkowej.

Każdy pacjent przyjęty po urazie podudzia poddany był wstępnemu badaniu przez dyżurnego chirurga ambulatorium w oddziale SOR. W przypadku podejrzenia złamania kości wykonywano unieruchomienie kończyny w szynie Kramera, bądź gipsowej szynie udowej. Rutynowo wykonywano podstawową diagnostykę radiologiczną, obejmującą RTG podudzia na długiej kliszy w projekcjach AP i bocznej (według Synarch). Następnie specjalista z zakresu ortopedii przeprowadzał ponowne badanie pacjenta. Ocena kliniczna obejmowała stan ukrwienia kończyny, stan neurologiczny oraz wszystkie wykładniki kliniczne mogące świadczyć o zagrożeniu powstania OZCPP (patrz karta badania- załącznik nr 1.). Podstawowe badania laboratoryjne, takie jak morfologia krwi, układ krzepnięcia, jonogram oraz parametry nerkowe: mocznik, kreatynina uzupełniały niezbędne dane potrzebne do zakwalifikowania pacjenta do leczenia operacyjnego. Lekarze przeprowadzający kolejne badania, zawsze mieli na uwadze niebezpieczeństwo wystąpienia OZCPP. Świadomość istnienia tego ryzyka pozwala na wczesne rozpoznanie i podjęcie leczenia, co daje gwarancję poprawy, często ratuje kończynę i życie pacjenta. Ponieważ opisywany w niniejszej pracy

oddział ortopedyczny pełni ciągły ostry dyżur chirurgiczny złamania podudzia zaopatrywane są doraźnie. To również przyczynia się do zmniejszenia odsetka powikłań pod postacią ostrego zespołu ciasnoty powięziowej.

III.2. Karta badania

Wszyscy pacjenci (grupa A) z rozpoznaniem złamania kości w obrębie podudzia mieli przeprowadzone badanie kliniczne zgodnie z kartą badania (załącznik nr. 1). Byli to chorzy w wieku od 16 do 81 lat (średnia $44,89 \pm 15,98$ SD), 33 mężczyzn i 13 kobiet. W obrębie grupy A u 19 pacjentów dodatkowo oznaczono wartość ciśnienia śródpowięziowego (grupa B).

U wszystkich pacjentów w leczeniu pierwotnym wykonano zespolenie kości gwoździem śródszpikowym Stryker T2 Tibial Nail. Chorzy ci stanowili przedmiot dalszych rozważań zgodnie ze sporządzoną kartą badania. W karcie tej uwzględniono najważniejsze objawy narastającego ciśnienia śródpowięziowego, mogące towarzyszyć choremu ze złamaniem kości podudzia:

1. Ból nieustępujący po wstępnym nastawieniu i unieruchomieniu złamania oraz podaniu leków przeciwbólowych:

- leki pierwszego rzutu – Pyralgina 1.0 gram dożylnie cztery razy na dobę; Ketonal 0,1 grama dożylnie dwa razy na dobę,
- leki drugiego rzutu - Tramadol 0,1 grama podskórnym dwa razy na dobę lub Ketonal 0.1 grama dożylnie dwa razy na dobę,
- leki trzeciego rzutu - Morfina 1mg/10kg m.c. podskórnym cztery razy na dobę oraz Ketonal 0,1 grama dożylnie dwa razy na dobę.

Konieczność wprowadzenia leków trzeciego rzutu, pomimo nastawienia i unieruchomienia kończyny w udowej szynie gipsowej określa się „bólem niewspółmiernym do urazu”. Taki stan nasuwał podejrzenie rozwijającego się nadciśnienia (bn-u).

2. Brak zmniejszenia się objawów bólowych podczas elewacji kończyny (bp-ek).

3. Subiektywne odczucie pacjenta „rozpierania” w obrębie goleni (wr-g).
4. Palpacyjna bolesność danego przedziału mięśniowego (pal).
5. Nasilenie bólu związane z biernym ruchem zajętych mięśni (nas).
6. Osłabienie siły mięśniowej (osm).

Ze względu na charakter urazu ocenę siły mięśniowej kończyny przeprowadzano po nastawieniu i unieruchomieniu kończyny w udowej szynie gipsowej. Badaniu poddano dwie grupy mięśniowe:

- grupa przednia mięśni goleni- obejmująca zginacze grzbietowe stopy, zajmująca przedni przedział powięziowy,
- grupa tylna – obejmująca zginacze podeszwowe stopy i zginacze palców –zajmująca przedział tylny powierzchowny i głęboki.

Grupy te zostały wybrane ze względu na najczęstszą lokalizację zmian oraz dużą masę mięśniową w ich obrębie. W ocenie siły mięśniowej posłużono się skalą Lovetta [34]. Za wynik dodatni przyjęto wartość mniejszą bądź równą 3 w skali Lovetta.

7. Zaburzenia czucia powierzchownego i bólu, oceniono za pomocą jałowej igły (zcz). Czucie temperatury oceniono wykorzystując woreczki z lodem [35]. Powyższe zmiany oznaczono w zakresie:

- nerwu strzałkowego głębokiego, który na poziomie podudzia biegnie w obrębie przedziału powięziowego przedniego. Zwiększone ciśnienie śródpowięziowe w powyższym przedziale powoduje upośledzenie jego przewodnictwa, dając zaburzenie czucia dotyku, bólu i temperatury skóry pierwszej przestrzeni międzypalcowej,
- nerwu strzałkowego powierzchownego – upośledzenie przewodnictwa powyższego nerwu wskazuje na objaw ciasnoty w obrębie przedziału bocznego, zaburzenia czucia stwierdzane są w obrębie skóry okolicy grzbietu stopy,
- nerwu łydkowego – zlokalizowany w obrębie przedziału tylnego powierzchownego, zaburzenia stwierdza się na skórze bocznej powierzchni stopy,

- gałęzi skórnych nerwu piszczelowego, badając tym samym przedział tylny głęboki; zaburzeń czucia oczekiwano w obrębie skóry powierzchni podeszwy stopy i pięty.

W przedstawionej „karcie badania” analizowano 14 niezależnych objawów. Każdy z powyższych objawów w karcie badania opisywano jako obecny (+) lub jako brak objawu (-) (patrz załącznik nr 1 badanie kliniczne).

Suma objawów dodatnich to wartość „liczba objawów” (maksymalnie 14, minimalnie 0) odzwierciedlająca obraz kliniczny złamania. Na potrzeby pracy obliczono średnie wartości objawów klinicznych w poszczególnych podgrupach chorych.

W karcie badania zawarto również informacje o pacjencie (wiek, płeć, adres zamieszkania). Podano szczegółowe informacje dotyczące mechanizmu urazu, typu złamania oraz czasu, jaki upłynął od urazu do zaopatrzenia operacyjnego kości. Ponadto określono metodę zespolenia chirurgicznego, rodzaj zastosowanej stabilizacji oraz przeprowadzonej fasciotomii. Uwzględniono również dane, dotyczące czasu hospitalizacji, profilaktyki przeciwzakrzepowej oraz leczenia przeciwbólowego.

III.3. Pomiar ciśnienia śródpowięziowego

U chorych z grupy B wykonano dodatkowo czterokrotne oznaczenie wartości ciśnienia śródpowięziowego podudzia. W tym celu posłużono się aparatem Stryker Intra-Compartmental Pressure Monitor firmy Stryker Surgical 4100 EAST MILHAM USA [36] (Ryc 8).

Opis aparatu.

Aparat firmy Stryker wyposażony jest w wyświetlacz cyfrowy wyskalowany w milimetrach słupa rtęci, przycisk do kalibracji i włącznik. Ponadto w zestawie pomiarowym znajduje się specjalna igła do nakłucia przedziału powięziowego, zastawka oraz strzykawka wypełniona objętością 3ml soli fizjologicznej.



Ryc.8. Stryker Pressure Monitor. Aparat do krwawego, bezpośredniego pomiaru ciśnienia śródpowięziowego.

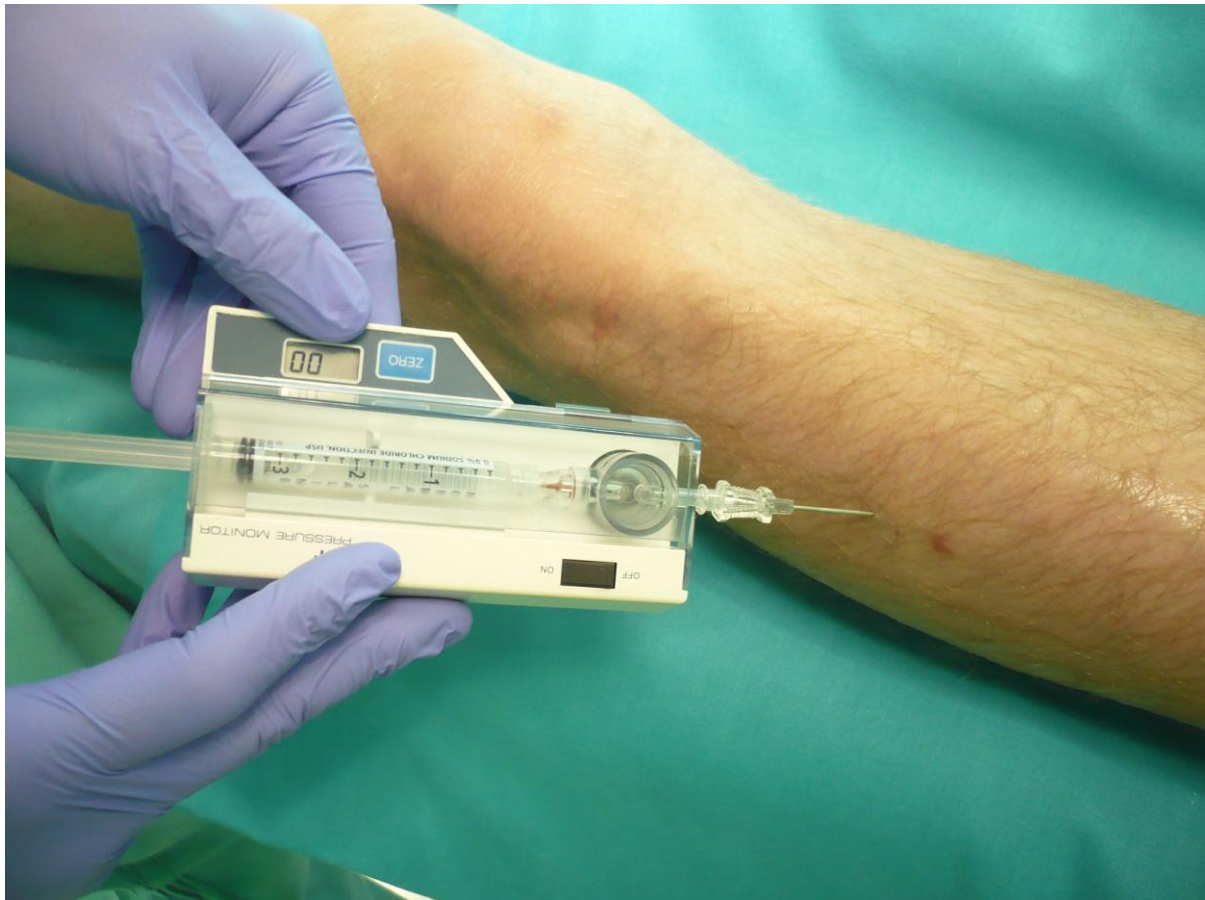
Technika przeprowadzenia pomiaru:

Pomiar ciśnienia (ICP) wykonano:

- przed operacją,
- po zabiegu naprawczym kości,
- w pierwszej dobie pooperacyjnej,
- w drugiej dobie pooperacyjnej,

Specjalną igłę podłączono do wyzerowanego aparatu i wkluto do przedziału mięśniowego. Po ustaleniu prawidłowego położenia igły w badanej grupie mięśni podano 3ml roztworu soli fizjologicznej (0,9 %) i odczytano na skali aparatu wynik wartości ciśnienia (Ryc. 9).

Wszystkie pomiary wykonałem u pacjentów leżących z kończyną ułożoną na poziomie serca.



Ryc. 9. Pomiar ciśnienia śródpowięziowego aparatem Stryker Pressure Monitor, przedział przedni (autor P. Kaczorowski)

Uzyskana z pomiarów wartość bezwzględna ciśnienia śródpowięziowego **ICP** (intracompartmental pressure) została użyta jako parametr diagnostyczny, który następnie porównano z wartością ciśnienia perfuzyjnego **PP** (perfusion pressure), wyznaczonego sposobem pośrednim. Porównanie miało na celu znalezienie wartości ciśnienia, które w największym stopniu korelowało z objawami klinicznymi oraz rozwijającym się OZCPP.

Ciśnienie perfuzyjne obliczono pośrednio dwoma metodami [37]:

W metodzie pierwszej PPr obliczono jako różnicę tętniczego ciśnienia rozkurczowego **DBP** (diastolic blood pressure) i ciśnienia śródpowięziowego **ICP**,

1. PPr = DBP – ICP

W metodzie drugiej PPś obliczono jako różnicę średniego ciśnienia tętniczego **MAP**

(mean arterial pressure) i ciśnienia śródpowięziowego **ICP**,

2. PPś = MAP – ICP

Wartość MAP uzyskano ze wzoru:

MAP = DBP + 1/3 (SBP – DBP)

SBP (systolic blood pressure) ciśnienie tętnicze skurczowe.

Zgodnie z założeniami pracy wartość ciśnienia perfuzji (PPr) poniżej 20mmHg, uzyskana z pierwszego pomiaru (przed zabiegiem) była wskazaniem do wykonania podskórnej fasciotomii ze względu na rozwijający się OZCPP.

W pierwszym etapie analizy moich badań oceniłem korelację obrazu klinicznego, wyrażonego liczbą stwierdzonych objawów chorobowych, z przyjętymi w piśmiennictwie wartościami granicznymi ciśnienia śródpowięziowego i ciśnienia perfuzji [37, 38, 39, 40, 41, 42]. Wartości graniczne ciśnienia śródpowięziowego (ICP > 45mmHg) i ciśnienia perfuzji (PPr, PPś ≤ 30mmHg) to wielkości będące, według dostępnego piśmiennictwa, wskazaniem do rozpoznania OZCPP i przeprowadzenia fasciotomii. Chcąc ocenić wyniki leczenia moich chorych w oparciu o powyższe normy (kryteria), pacjenci grupy B zostali podzieleni na podgrupy pod względem wartości ciśnień. Podobnie jak wielu badaczy, poszukiwałem również odpowiedzi na pytanie, czy obraz kliniczny wskazujący na OZCPP jest wystarczający do jednoznacznego rozpoznania zespołu z pominięciem krwawego pomiaru wartości bezwzględnej ciśnienia śródpowięziowego (ICP).

Aby określić, czy obraz kliniczny może być jedynym kryterium wykonania fasciotomii, objawy kliniczne odniesiono do zmiany wartości ciśnienia śródpowięziowego (ICP) i ciśnienia perfuzji (PPr i PPś) w trzech grupach chorych. U chorych grupy B z wartością PPr \geq 20mmHg w pierwszym pomiarze bez fasciotomii, u chorych grupy B z fasciotomią wykonaną przy ciśnieniu PPr < 20mmHg w pomiarze pierwszym oraz u chorych grupy C z fasciotomią późną. Podstawą do wykonania fasciotomii późnej był obraz kliniczny potwierdzony pomiarem ICP.

Kolejny aspekt pracy to określenie które z ciśnień (ICP, PPr i PPś) jest najbardziej miarodajne w ocenie ryzyka wystąpienia zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych. W tym celu uzyskane z krwawego pomiaru bezwzględne wartości ICP, jak również wyliczone pośrednio wartości PPr i PPś odniesiono do chorych z przeprowadzoną fasciotomią oraz rozpoznanym OZCPP.

Porównując powyżej opisane grupy, oceniono, jak rutynowy pomiar ciśnienia wpłynął na decyzję wykonania fasciotomii. Określono, czy metoda półzamknięta uwolnienia przedziałów powięziowych w oparciu o tę graniczną wartość ciśnienia perfuzji PPr < 20 mmHg okazała się skuteczna oraz jak w poszczególnych grupach zmieniał się obraz kliniczny i wartości ciśnienia śródpowięziowego.

Kolejnym problemem poddanym analizie były liczba i czas wykonania pomiaru ciśnienia śródpowięziowego w grupie B w odniesieniu do stabilizacji złamania. Przeanalizowano zmiany wartości ICP, PPr i PPś w poszczególnych pomiarach. Określono, które z „kombinacji” dwóch pomiarów przedstawiają istotne zmiany wartości ciśnień, a które można pominąć ze względu na małą istotność poznawczą.

Ocenie poddano wpływ zabiegu stabilizacji złamania na liczbę objawów klinicznych w całej grupie badanej oraz na zmianę wartości ciśnienia śródpowięziowego u pacjentów grupy B. Podobną analizę przeprowadzono, porównując grupę chorych z fasciotomią i bez fasciotomii, oceniając jej wpływ na obraz kliniczny i wartości ciśnienia śródpowięziowego.

Ostatnim problemem podjętym w pracy było określenie czynników ryzyka wystąpienia OZCPP w badanej grupie chorych.

Chorzy w okresie pooperacyjnym przebywali w oddziale szpitalnym, co pozwoliło prowadzić dokładną obserwację kliniczną. Ponadto po wypisaniu ze szpitala przez okres od sześciu do dwunastu miesięcy pacjenci podlegali dalszej ambulatoryjnej kontroli w przyszpitalnej poradni do czasu wygojenia złamania. Wartym podkreślenia pozostaje fakt, że wśród obserwowanych pooperacyjnie chorych nie było objawów OZCPP i obserwację w tym kierunku uznałem za zakończoną.

III.4. Analiza statystyczna

Do przeprowadzenia analizy statystycznej uzyskanych wyników wykorzystano pakiet statystyczny STATISTICA.PL ver. 9 oraz pomocniczo program EXCEL 2010 wchodzący w skład pakietu MICROSOFT OFFICE [43].

Metody analizy statystycznej

Wykorzystano następujące narzędzia statystyczne:

- *Badanie normalności rozkładu.*

Wyniki analizowano pod kątem normalności rozkładu testem Shapiro-Wilka.

- *Porównania średnich wartości uzyskanych parametrów.*

Przeprowadzając analizę porównawczą parametru, średnie wartości badanych parametrów porównywano przy pomocy testów t-Studenta dla zmiennych niezależnych lub zmiennych zależnych. Uzyskane wyniki testu przedstawiono w postaci wartości p-value ($p < 0,05$) dla różnic statystycznie istotnych lub $p \geq 0,05$ dla różnic statystycznie nieistotnych).

- *Porównania poziomów prawdopodobieństwa występowania zdarzeń pomiędzy grupami.*

Przeprowadzając analizę porównawczą poziomu prawdopodobieństwa występowania zdarzenia (fasciotomii) pomiędzy określonymi grupami pacjentów, poziomy prawdopodobieństwa (wskaźniki struktury) porównywano przy pomocy testu istotności dla dwóch wskaźników struktury. Uzyskane wyniki testu przedstawiono w postaci wartości p-value ($p < 0,05$ dla różnic statystycznie istotnych lub $p \geq 0,05$ dla różnic statystycznie nieistotnych).

- *Korelacje pomiędzy wartościami parametrów*

Analizując zależności zachodzące pomiędzy wybranymi parametrami metodą analizy korelacji i regresji, obliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona, a następnie testowano jego istotność.

Wielkość wyznaczonego współczynnika korelacji liniowej Pearsona należy oceniać następująco:

jeżeli $r > 0$ korelacja dodatnia

jeżeli $r < 0$ korelacja ujemna

jeżeli:

$0 < r < 0,1$ korelacja nikła

$0,1 \leq r < 0,3$ korelacja słaba

$0,3 \leq r < 0,5$ korelacja przeciętna

$0,5 \leq r < 0,7$ korelacja wysoka

$0,7 \leq r < 0,9$ korelacja bardzo wysoka

$0,9 \leq r < 1$ korelacja prawie pełna

Uzyskane wyniki testu istotności współczynnika korelacji liniowej przedstawiono w postaci wartości p-value ($p < 0,05$ dla różnic statystycznie istotnych lub $p \geq 0,05$ dla różnic statystycznie nieistotnych).

IV. Wyniki

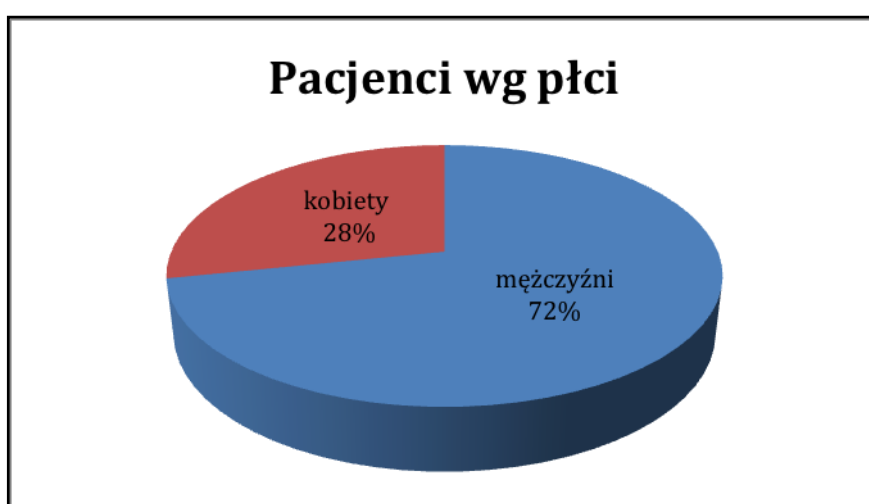
Podział leczonych chorych:

- grupa A - wszyscy pacjenci,
- grupa B - pacjenci z rutynowym pomiarem ciśnienia,
- grupa C - pacjenci bez wykonanego pomiaru ciśnienia,
- grupa D - pacjenci z fasciotomią,
- grupa E - pacjenci bez fasciotomii.

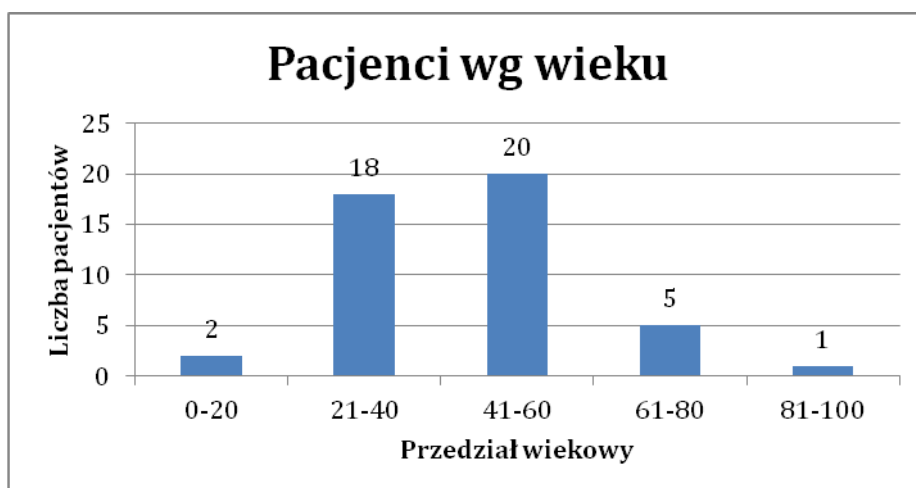
Wykresy zostały wykonane dla grupy A - **wszyscy pacjenci**.

Tabela 1. Charakterystyka grup chorych.

Płeć	Wszyscy pacjenci	Pacjenci z pomiarem ICP	Pacjenci bez pomiarów ICP	Pacjenci z fasciotomią	Pacjenci bez fasciotomii
Mężczyźni	33	14	19	8	25
Kobiety	13	5	8	1	12



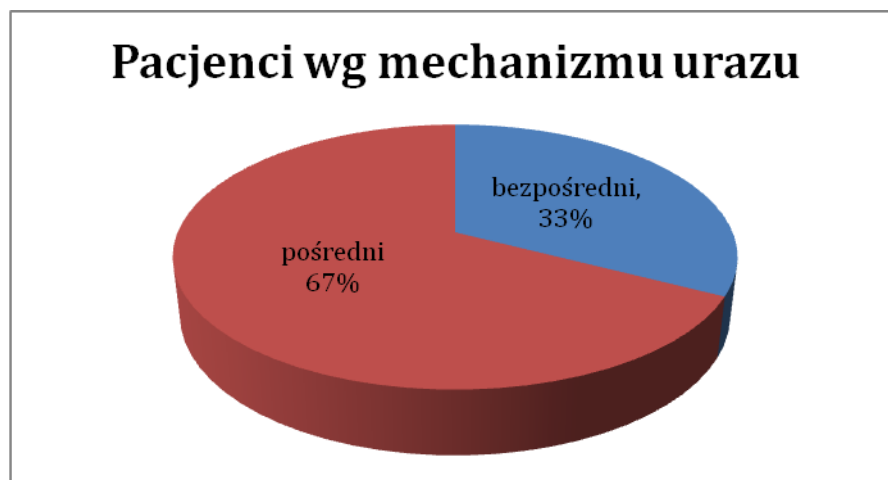
Ryc. 10. Podział grupy badanych pacjentów według płci.



Ryc. 11. Podział pacjentów wg wieku.

Tabela 2. Podział pacjentów wg mechanizmu urazu.

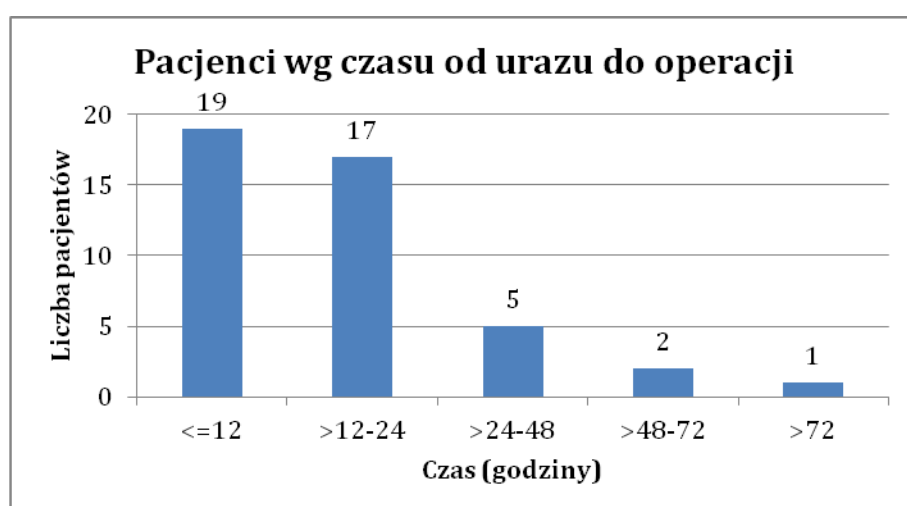
Mechanizm urazu	Wszyscy pacjenci (grupa A)	Pacjenci z pomiarem ICP	Pacjenci bez pomiaru ICP	Pacjenci z fasciotomią	Pacjenci bez fasciotomii
Bezpośredni	15	6	9	8	7
Pośredni	31	13	18	1	30



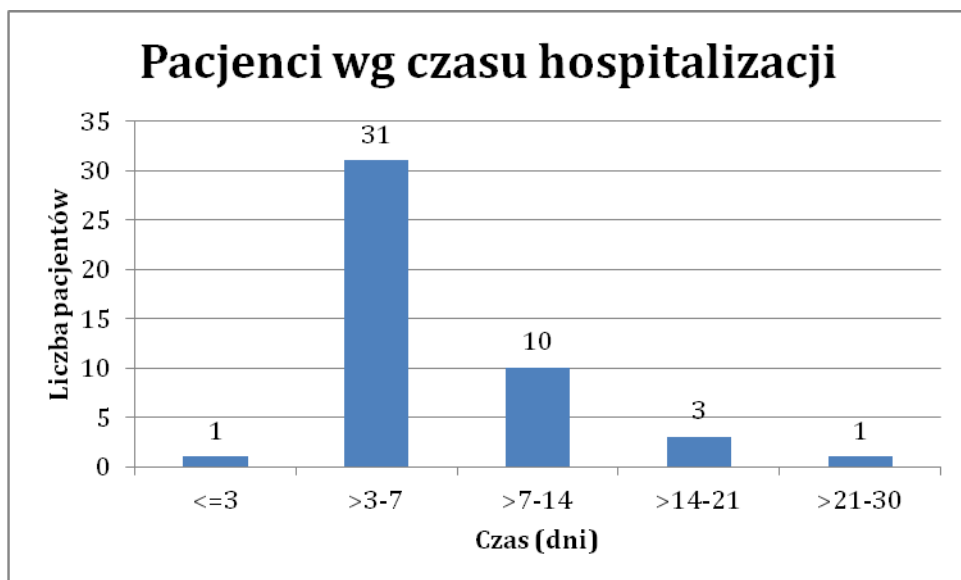
Ryc. 12. Podział pacjentów według mechanizmu urazu w procentach..

15 (33%) chorych ze złamaniem kości podudzia w mechanizmie urazu bezpośredniego: 6 miało wykonany pomiar ICP; 8 chorych poddano fasciotomii.

31 (67%) chorych ze złamaniem kości podudzia w mechanizmie urazu pośredniego. 13 miało wykonany pomiar ICP, u 1 chorego wykonano fasciotomię.



Ryc. 13. Podział pacjentów wg czasu od urazu do operacji stabilizacji kości.

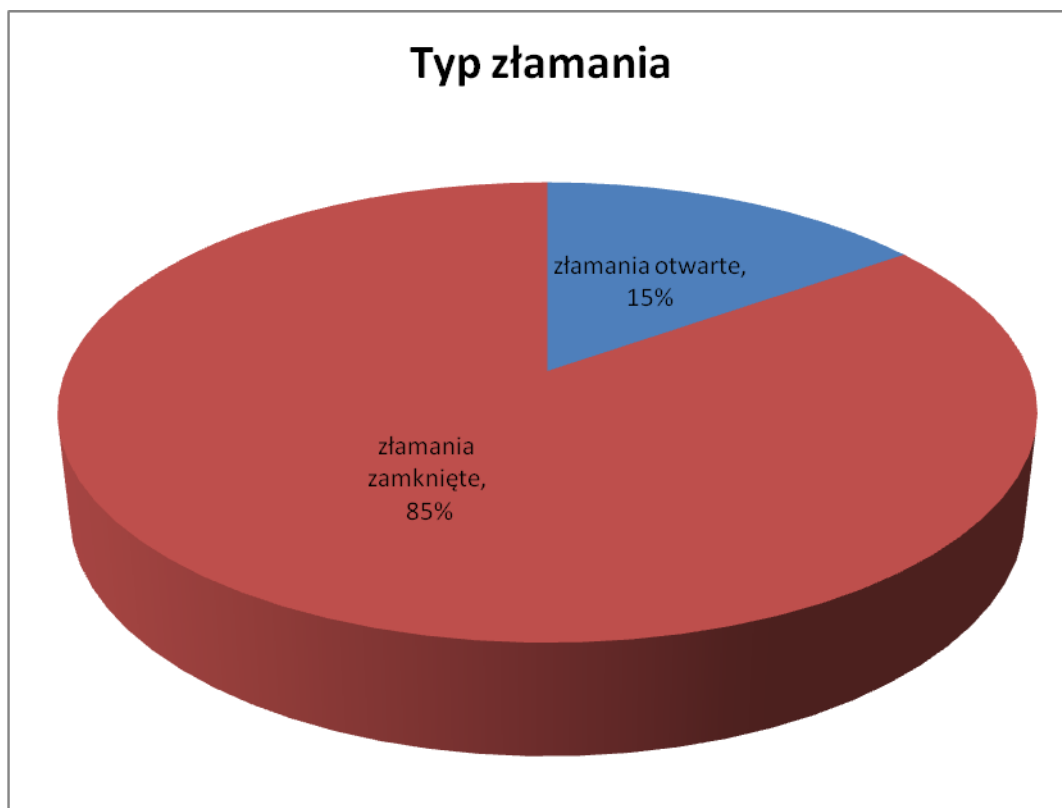


Ryc. 14. Podział pacjentów wg trwania hospitalizacji.

Tabela 3.

Podział pacjentów wg typu złamania.

Złamanie otwarte	Wszyscy pacjenci (grupa A)	Pacjenci z pomiarem ICP	Pacjenci bez pomiaru ICP	Pacjenci z fasciotomią	Pacjenci bez fasciotomii
Tak	7	3	4	0	7
Nie	39	16	23	9	30



Ryc 15. Podział pacjentów wg typu złamania.

Tabela 4.

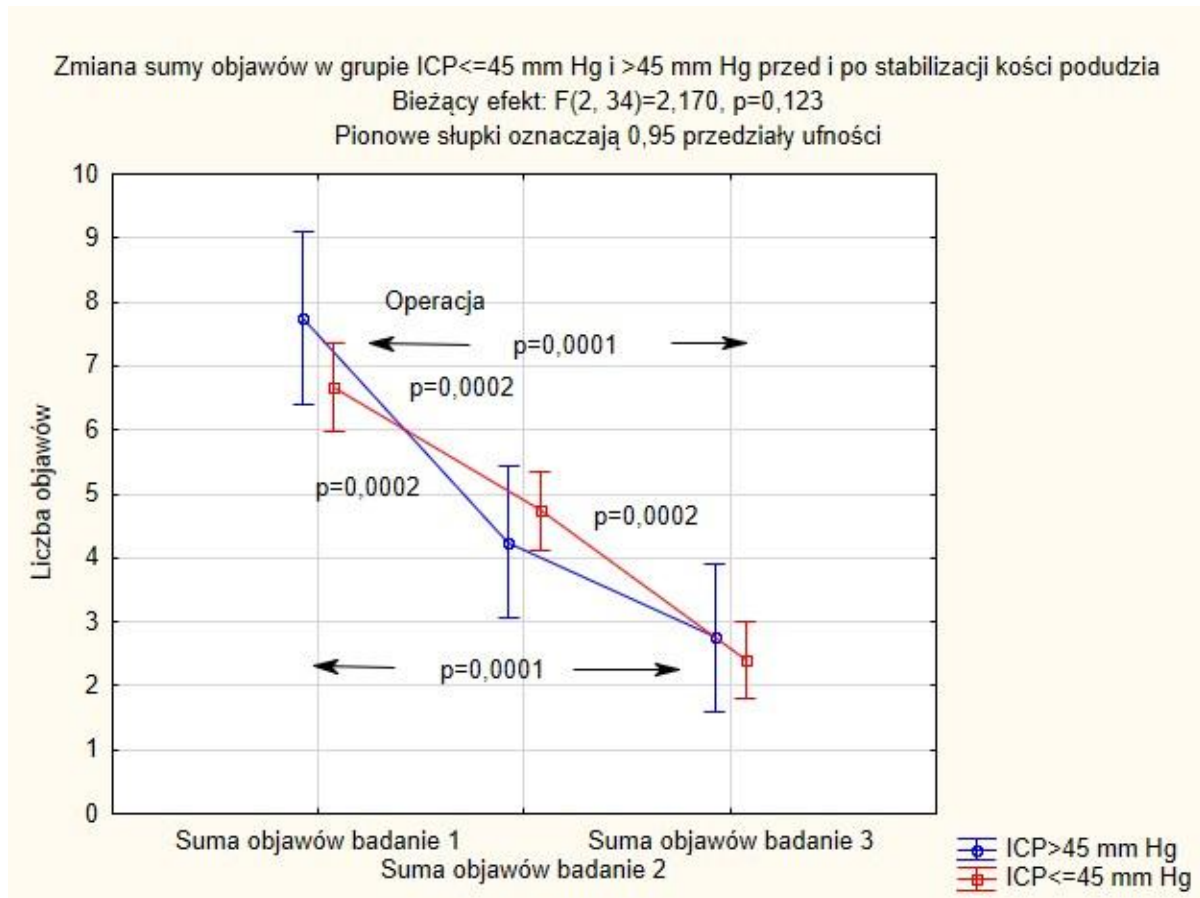
Podział pacjentów w zależności od współwystępowania złamania kości strzałkowej.

Złamanie kości strzałkowej	Wszyscy pacjenci	Pacjenci z pomiarem ICP	Pacjenci bez pomiaru ICP	Pacjenci z fasciotomią	Pacjenci bez fasciotomii
Tak	33	12	21	6	27
Nie	13	7	6	3	10



Ryc. 16. Podział w zależności od współwystępowania złamania kości strzałkowej.

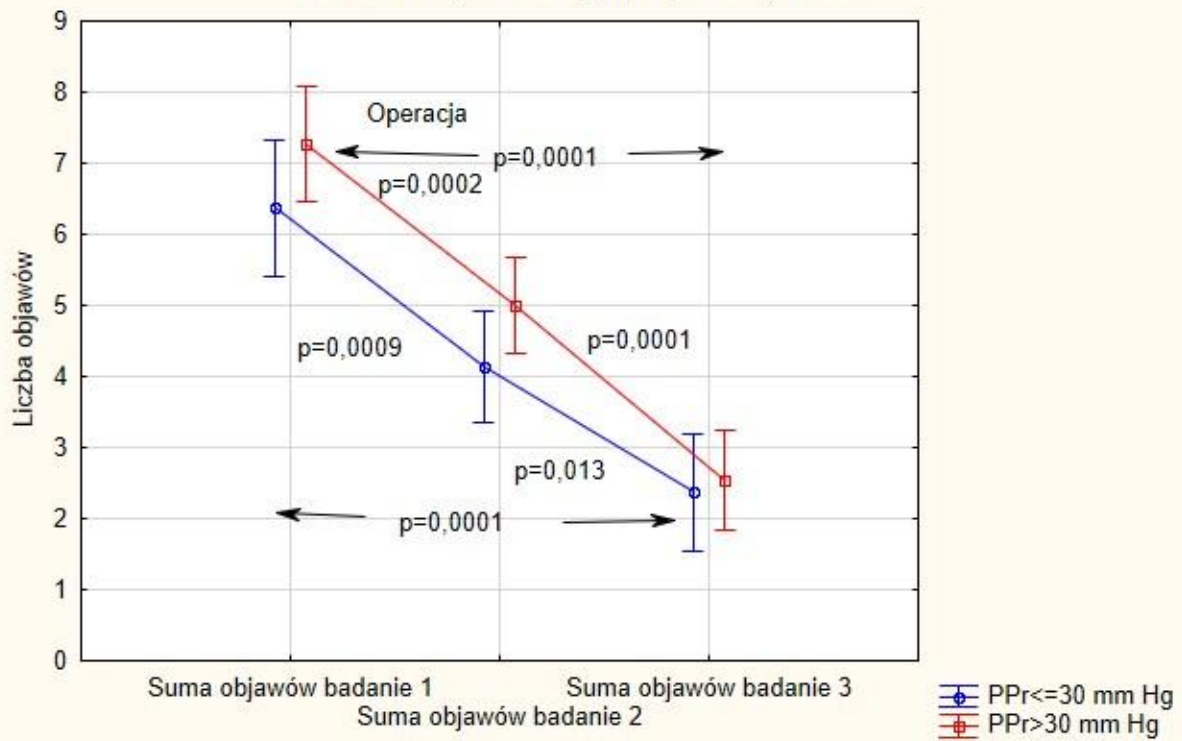
IV.1. Ocena zależności objawów klinicznych od wartości ciśnienia śródpowięziowego w grupie B zgodnie z przyjętymi kryteriami dostępnego piśmiennictwa. Graniczna wartość dla ICP > 45mmHg, PPr < 30mmHg, PPś < 30mmHg [37, 38, 39].



Rycina 17. Suma objawów w poszczególnych badaniach z rozdziałem na ICP ≥ 45mmHg i ICP < 45mmHg

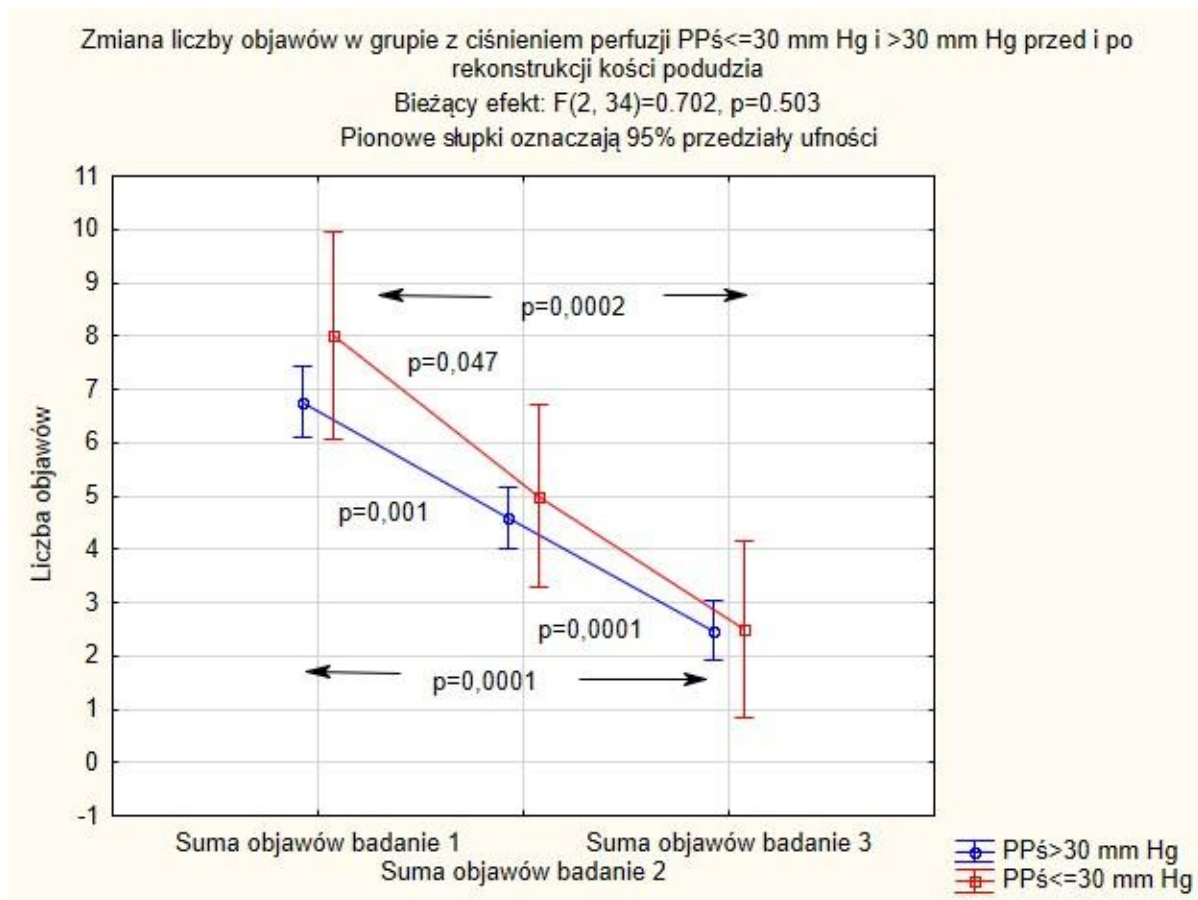
Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy w średniej liczbie objawów klinicznych pomiędzy grupą pacjentów z ciśnieniem (ICP) ≥ 45 oraz ciśnienia (ICP) < 45mmHg w żadnym z kolejnych badań.

Zmiana liczby objawów w grupie z PPr ≤ 30 mm Hg i > 30 mm Hg przed i po stabilizacji kości podudzia
 Bieżący efekt: $F(2, 34)=0,823, p=0,447$
 Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 18. Suma objawów klinicznych w poszczególnych badaniach z podziałem na ciśnienie (PPr) ≤ 30 mmHg oraz ciśnienie (PPr) > 30 mmHg.

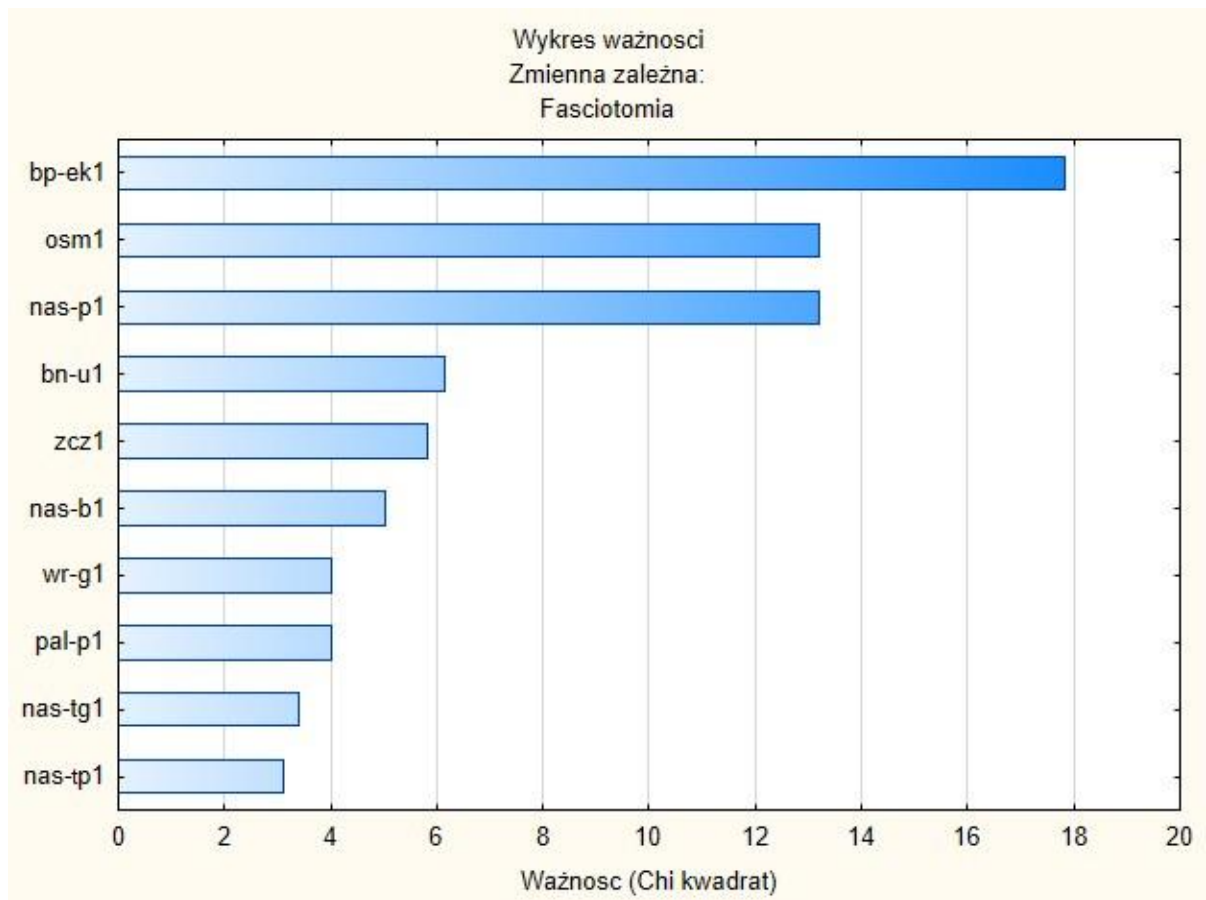
Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy w średniej liczbie objawów klinicznych pomiędzy grupą pacjentów z PPr ≤ 30 i PPr > 30 mmHg w żadnym z trzech kolejnych badań klinicznych.



Rycina 19. Suma objawów klinicznych w poszczególnych badaniach z podziałem na ciśnienie ($PP\acute{s}$) ≤ 30 mmHg oraz ciśnieniem ($PP\acute{s}$) > 30 mmHg.

Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy w średniej liczbie objawów klinicznych u chorych z ciśnieniem perfuzji ($PP\acute{s}$) ≤ 30 oraz ciśnieniem ($PP\acute{s}$) > 30 mmHg w żadnym z trzech badań.

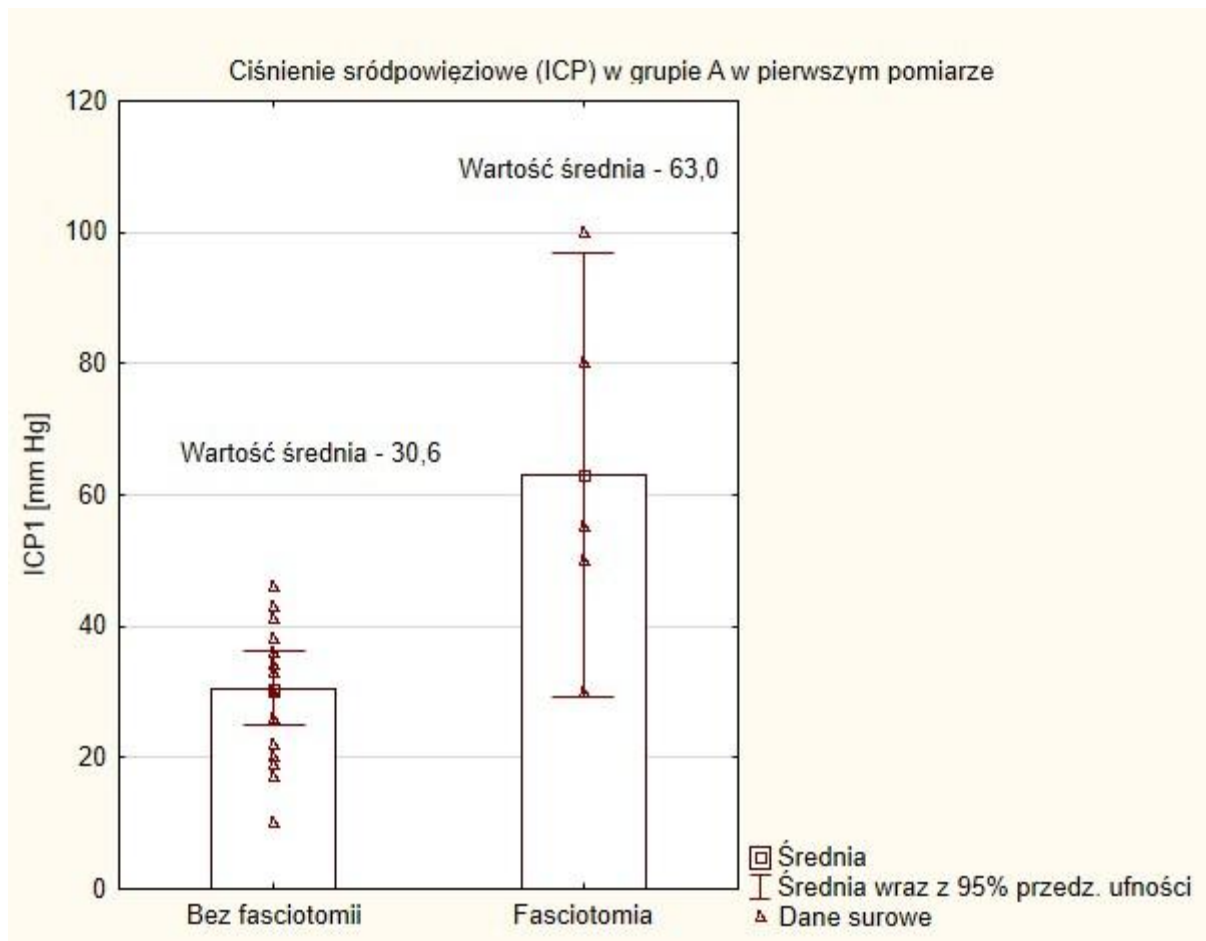
Pomimo różnych wartości ciśnień (ICP, PPr i $PP\acute{s}$) średnia liczba objawów klinicznych pozostaje podobna dla wszystkich chorych ze złamaniem kości podudzia.



Rycina 20. Najlepsze predyktory dla zmiennej zależnej jakościowej wskazujące na zasadność wykonania fasciotomii.

W grupie objawów klinicznych u chorych ze złamaniem kości podudzia i rozwijającym się OZCPP najbardziej predykcyjne okazały się:

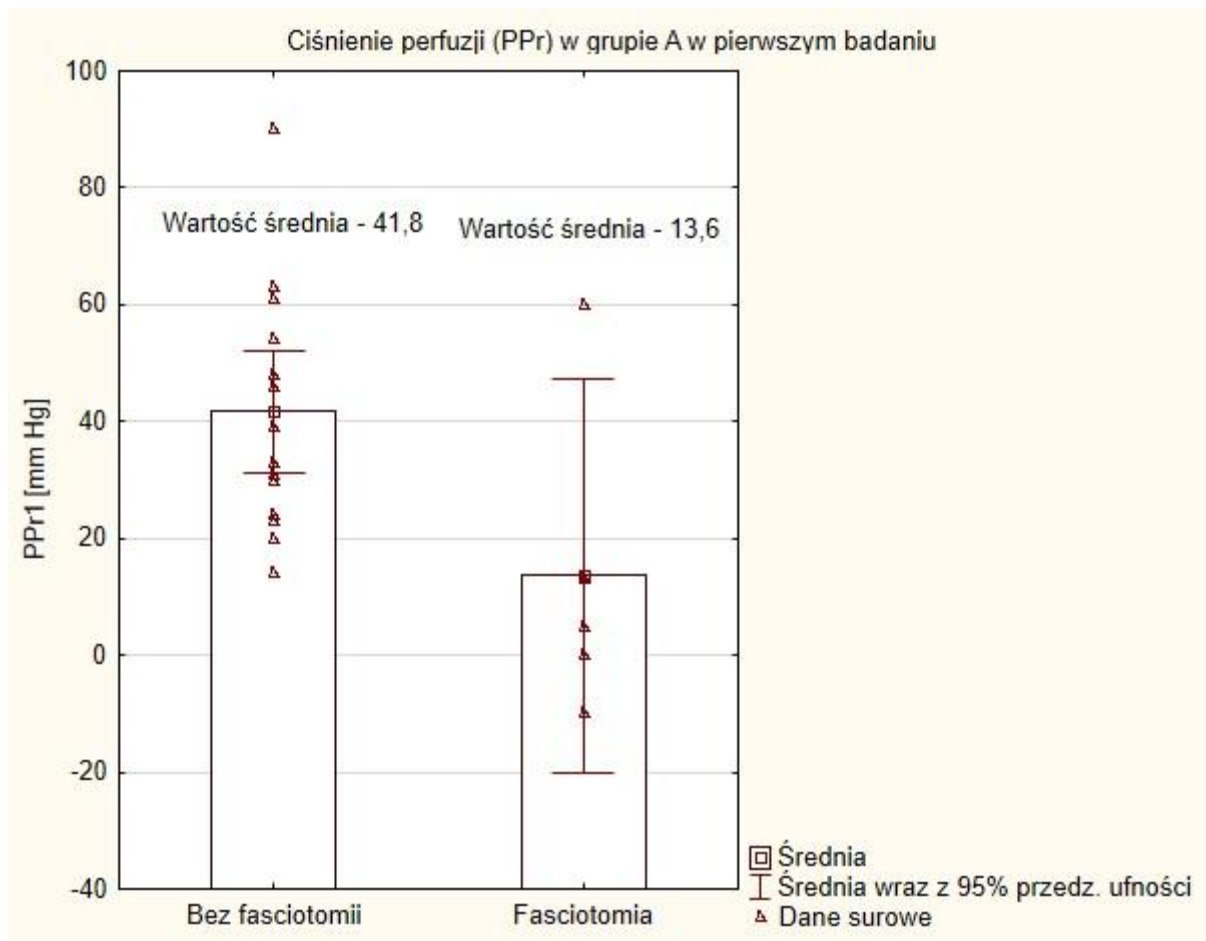
- brak poprawy (ustąpienia bólu) przy elewacji kończyny,*
- osłabienie siły mięśniowej,*
- nasilenie dolegliwości bólowych przy zgięciu podszwowych stopy.*



Rycina 21. Wartości ICP w pierwszym pomiarze w grupie bez fasciotomii i z fasciotomią.

U wszystkich chorych z fasciotomią (włączając fasciotomie późne) uzyskane w pierwszym pomiarze wartości ICP były większe bądź równe średniej wartości ciśnienia (ICP) w grupie chorych bez fasciotomii. Średnia wartość ciśnienia ICP w grupie chorych z fasciotomią wynosiła 63,0 mmHg natomiast w grupie chorych bez fasciotomii 30,6 mmHg.

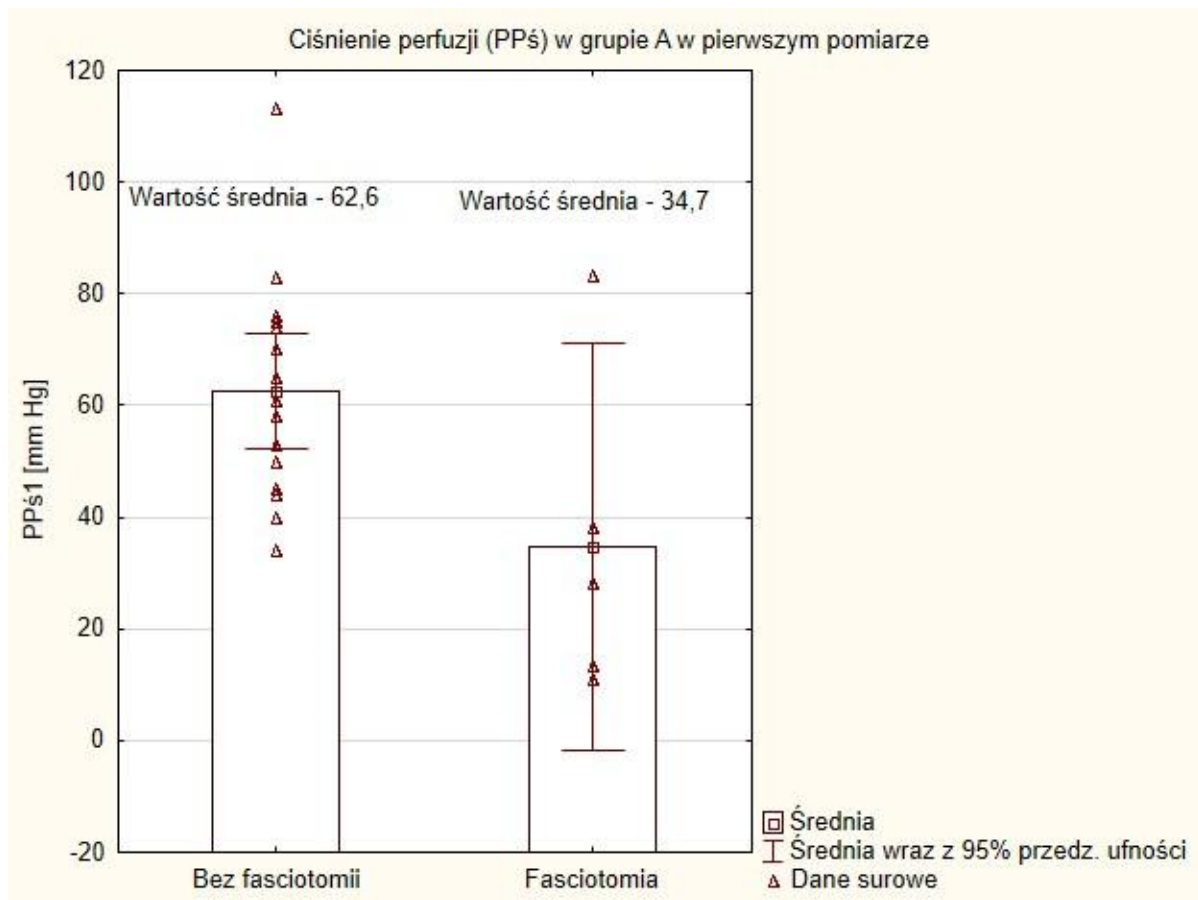
Nie wszyscy chorzy z wartością ICP powyżej 45 mmHg mieli OZCPP.



Rycina 22. Wartości ciśnienia (PPr) w pierwszym pomiarze w grupie bez fasciotomii i z fasciotomią.

U jednego chorego z fasciotomią (włączając fasciotomie późne) ciśnienie (PPr) oznaczone w pierwszym pomiarze było większe od średniej wartości PPr uzyskanej u pacjentów bez fasciotomii. Średnia wartość ciśnienia PPr w grupie chorych z fasciotomią wynosiła 13,6 mmHg, a w grupie bez fasciotomii 41,8 mmHg.

Nie u wszystkich chorych z wartością PPr poniżej 30 mmHg rozwinęła się OZCPP.



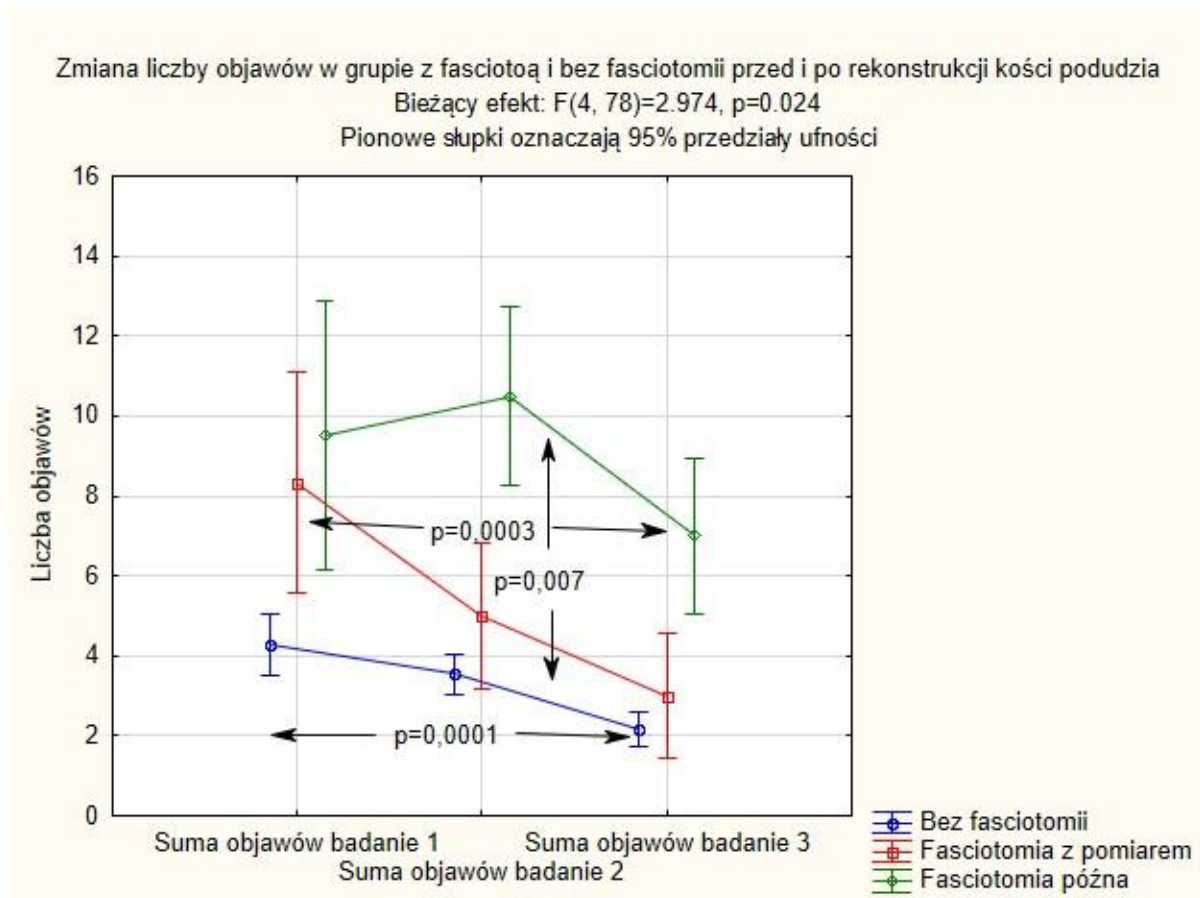
Rycina 23. Wartości ciśnienia (PPś) w pierwszym pomiarze w grupie bez fasciotomii i z fasciotomią.

Średnia wartość ciśnienia perfuzji PPś w grupie chorych z fasciotomią wynosiła 34,7 mmHg, a w grupie bez fasciotomii 62,6 mmHg.

Nie u wszystkich chorych z wartością PPś poniżej 30 mmHg rozwinął się OZCPP.

IV.2. Zasadność przeprowadzenia pomiaru ciśnienia śródpowięziowego w urazowych złamaniach kości podudzia oraz obiektywizacja pozyskanych wartości ciśnienia (ICP, PPr, PPŚ) (grupa A).

- grupa B bez fasciotomii (kolor niebieski)
- grupa B z fasciotomią wykonaną w oparciu o PPr < 20mmHg w pomiarze pierwszym, postępowanie zgodnie z przyjętymi przez autora założeniami (kolor czerwony)
- grupa z fasciotomią późną wykonaną w oparciu o obraz kliniczny oraz pomiar ICP dla potwierdzenia OZCPP (kolor zielony)



Rycina 24. Zmiana średniej liczby objawów klinicznych w kolejnych badaniach.

- grupa bez fasciotomii (kolor niebieski)
- grupa z fasciotomią i rutynowym pomiarem ICP (kolor czerwony)
- grupa z fasciotomią bez rutynowego pomiaru ICP (kolor zielony)

Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy pomiędzy średnią liczbą objawów klinicznych z pierwszego badania pomiędzy poszczególnymi grupami. W badaniu drugim wykazano istotną statystycznie większą liczbę objawów klinicznych w grupie chorych z fasciotomią późną w porównaniu do chorych bez fasciotomii ($p=0,007$). Wykazano statystycznie istotny spadek liczby objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim w grupie chorych z fasciotomią wykonywaną na podstawie rutynowego pomiaru ciśnienia ($p=0,003$) oraz grupie chorych bez fasciotomii ($p=0,001$). Zmiana liczby objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim w grupie chorych z fasciotomią późną była statystycznie nieistotna.

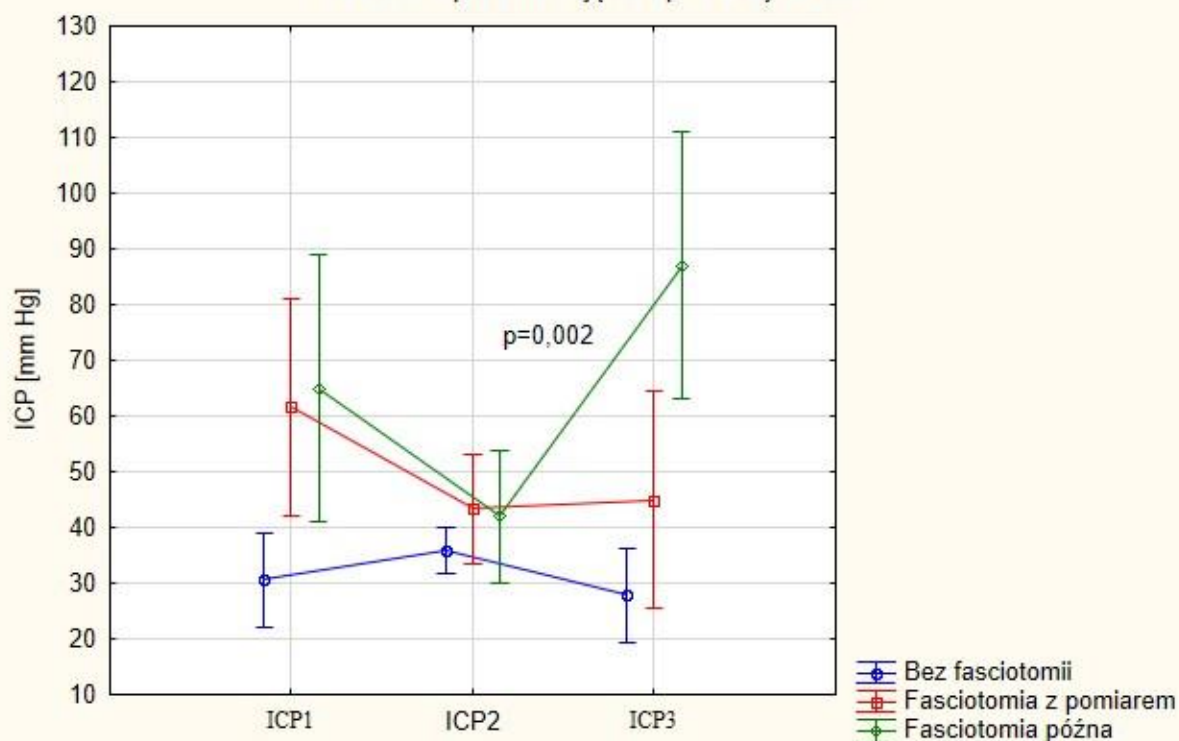
W pierwszym badaniu grupy chorych nie różniły się istotnie średnią liczbą objawów klinicznych. Po stabilizacji złamania w grupie chorych z fasciotomią późną obraz kliniczny wyrażony średnią liczbą objawów pogorszył się istotnie w stosunku do chorych z rutynowym pomiarem ciśnienia bez fasciotomii. Związane to było z niewystarczającym efektem fasciotomii podskórnej. Zmniejszenie liczby objawów klinicznych w tej grupie stwierdzono dopiero w badaniu trzecim po wykonaniu fasciotomii otwartej.

Wpływ leczenia na zmniejszenie liczby objawów klinicznych wykazano jedynie u chorych z rutynowym pomiarem ciśnienia śródpowięziowego. Przemawia to za takim postępowaniem, które pozwala wcześniej rozpoznać zagrożenie OZCPP (nieistotna statystycznie różnica w liczbie objawów pomiędzy grupami w badaniu pierwszym). Ponadto jedynie w grupach z rutynowym pomiarem ciśnienia uzyskano istotną poprawę stanu klinicznego, a chorzy ci nie wymagali fasciotomii otwartej.

Zmiana ciśnienia śródopięziowego w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii przed i po stabilizacji kości podudzia

Bieżący efekt: $F(4, 36)=7.606, p=0.0001$

Pionowe słupki oznaczają 95% przedziały ufności



Rycina 25. Zmiana wartości ICP w kolejnych pomiarach.

- grupa bez fasciotomii (kolor niebieski)
- grupa z fasciotomią i rutynowym pomiarem ICP (kolor czerwony)
- grupa z fasciotomią bez rutynowego pomiaru ICP (kolor zielony)

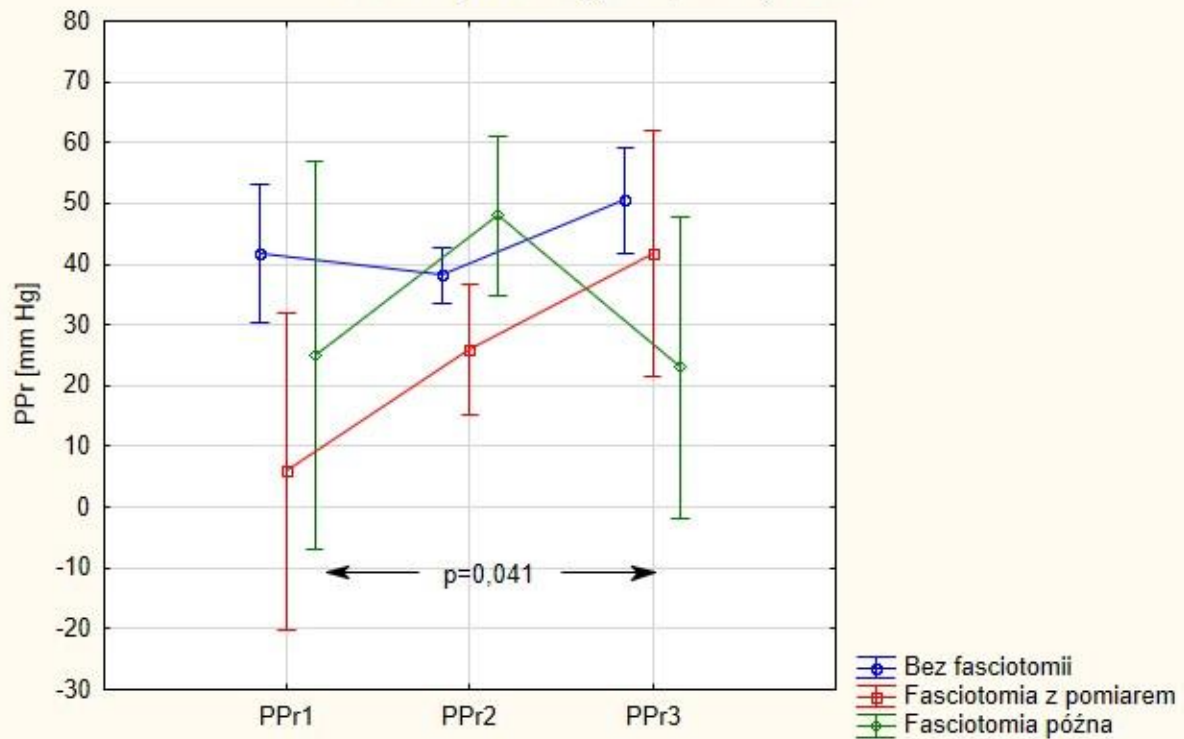
Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w wartości ICP w pierwszych pomiarach pomiędzy poszczególnymi grupami. Jedynie w grupie z fasciotomią późną nastąpił statystycznie istotny wzrost wartości ICP pomiędzy drugim i trzecim pomiarem ciśnienia ($p=0,002$).

Bezwzględne wartości ciśnienia śródopięziowego były zbliżone we wszystkich grupach. W grupie z fasciotomia późną pomiędzy pomiarem drugim i trzecim nastąpił wzrost ICP, który był podstawą do przeprowadzenia otwartej fasciotomii.

Zmiana ciśnienia perfuzji PPr w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii przed i po rekonstrukcji kości podudzia

Bieżący efekt: $F(4, 36)=3.610$, $p=0.014$

Pionowe słupki oznaczają 95% przedziały ufności



Rycina 26. Zmiana wartości PPr w kolejnych pomiarach.

- grupa bez fasciotomii (kolor niebieski)
- grupa z fasciotomią i rutynowym pomiarem ICP (kolor czerwony)
- grupa z fasciotomią bez rutynowego pomiaru ICP (kolor zielony)

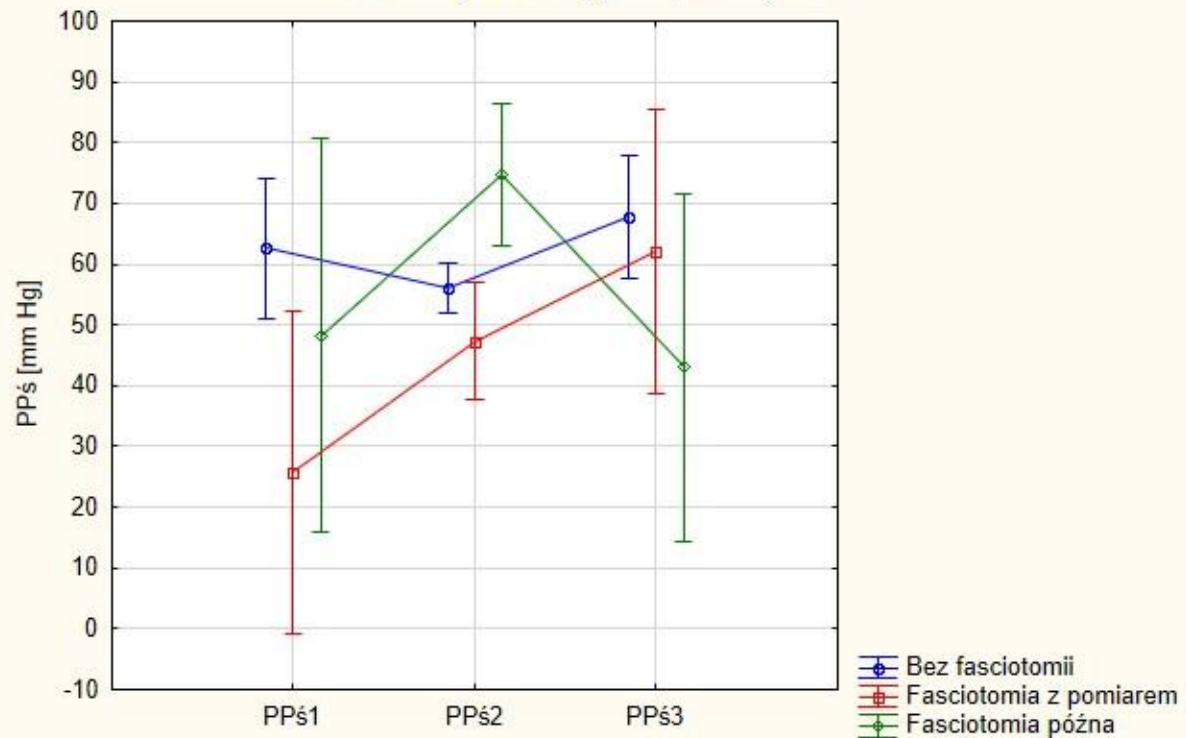
Uzyskano statystycznie istotnie zwiększenie wartości ciśnienia (PPr) pomiędzy pomiarem pierwszym i trzecim jedynie u chorych z fasciotomią i rutynowym pomiarem ciśnienia śródopięziowego.

Wartości ciśnienia PPr w kolejnych pomiarach były zbliżone we wszystkich grupach. Jedynie w grupie chorych z rutynowym pomiarem ciśnienia perfuzji PPr uzyskano istotny statystycznie wzrost tej wartości.

Zmiana ciśnienia perfuzji RRś w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii przed i po rekonstrukcji kości podudzia

Bieżący efekt: $F(4, 36)=4.394, p=0.005$

Pionowe słupki oznaczają 95% przedziały ufności



Rycina 27. Zmiana wartości PPś w kolejnych pomiarach.

- grupa bez fasciotomii (kolor niebieski)
- grupa z fasciotomią i rutynowym pomiarem ICP (kolor czerwony)
- grupa z fasciotomią bez rutynowego pomiaru ICP (kolor zielony)

Nie uzyskano istotnych statystycznie zmian wartości PPś w żadnej z badanych grup.

IV.3. Analiza średnich wartości ciśnień (ICP i PP) uzyskanych w kolejnych pomiarach.

(grupa B)

Tabela 5. Istotność statystyczna p zmian średnich wartości ciśnień ICP, PPr i PPŚ uzyskanych w badaniu. (Obszar szary przedstawia istotność statystyczną zmian).

	ICP	PPr	PPŚ
Porównywane średnich wartości ciśnień w kolejnych pomiarach			
1 2	p=0,8515	p=0,6223	p=0,9107
1 3	p=0,5823	p=0,0153	p=0,0843
1 4	p=0,0152	p=0,0001	p=0,0055
2 3	p=0,7164	p=0,0499	p=0,1056
2 4	p=0,0242	p=0,0006	p=0,0075
3 4	p=0,0562	p=0,1062	p=0,2646

W przypadku ciśnienia śródpowięziowego ICP uzyskano statystycznie istotną zmianę wartości pomiędzy pomiarem pierwszym i czwartym ($p=0,0152$) oraz drugim i czwartym ($0,0242$).

Dla ciśnienia perfuzji PPr istotne statystycznie zmiany wartości PPr uzyskano w kombinacji pomiarów pierwszego i trzeciego ($p=0,0153$) oraz pierwszego i czwartego ($p=0,0001$). Istotność statystyczną ($p=0,0499$) wykazano również w pomiarze PPr wykonanym po zabiegu stabilizacji złamania (pomiar 2) oraz pierwszej dobie pooperacyjnej (pomiar 3), a także po zabiegu stabilizacji złamania (pomiar 2) i w drugiej dobie pooperacyjnej (pomiar 4) ($p=0,0006$).

Zmiana wartości ciśnienia w pomiarach pierwszym i drugim oraz trzecim i czwartym jest statystycznie nieistotna ($p=0,6223$ i $p=0,1062$).

Dla ciśnienia perfuzji PPŚ nieistotne statystycznie okazały się zmiany średnich wartości dla kombinacji pomiarów pierwszego i czwartego ($p=0,0055$) oraz drugiego i czwartego ($p=0,0075$).

W rozpoznaniu OZCPP pomiary ciśnienia perfuzji (PPr) należy wykonywać przez zabiegiem stabilizacji złamania oraz w pierwszej dobie pooperacyjnej. Druga rekomendowana przez autora kombinacja to pomiar PPr po zabiegu i w pierwszej dobie pooperacyjnej. Pomiar przed i bezpośrednio po zabiegu, ze względu na nieistotną statystycznie różnicę wartości ciśnienia perfuzji w tych pomiarach, należy pominąć. Wysoką statystycznie różnicę wartości ciśnień (PPr) uzyskano również w kombinacji pomiaru wykonywanego przed lub po zabiegu z pomiarem czwartym. Jednak ze względu na konieczność wczesnego rozpoznania OZCPP drugi, kontrolny pomiar, przeprowadzony w drugiej dobie po zabiegu jest mało przydatny.

IV.4. Wpływ stabilizacji złamania kości podudzia na ilość objawów klinicznych oraz zmianę wielkości ciśnienia śródopięziowego.

4.1. Wpływ zabiegu operacyjnego na ilość objawów klinicznych (grupa A).



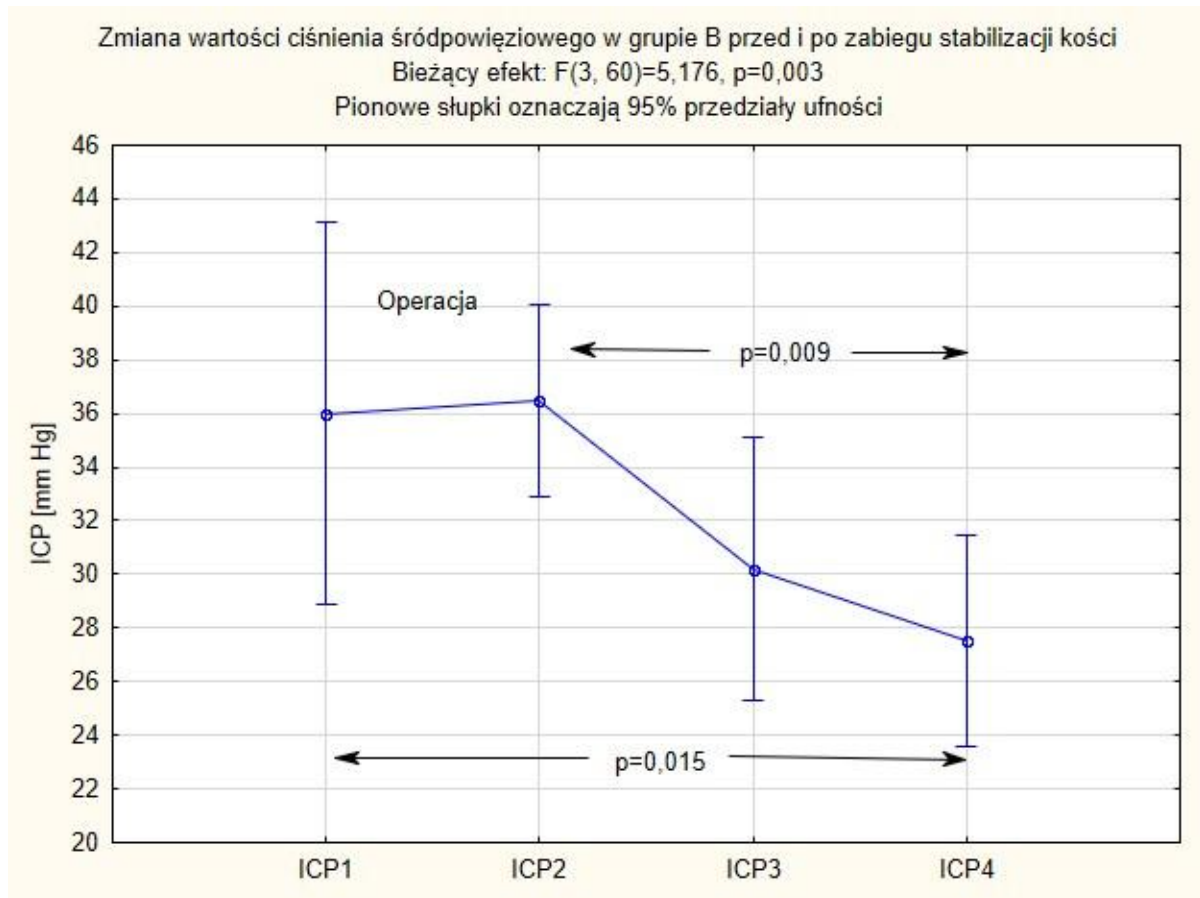
Rycina 28. Zmiana liczby objawów klinicznych w kolejnych badaniach.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w średniej liczbie objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i drugim.

Istotną statystycznie różnicę w ilości objawów klinicznych uzyskano pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim oraz drugim i trzecim.

Zabieg stabilizacji złamania wpłynął na zmniejszenie liczby objawów klinicznych. Jednak istotną statystycznie różnicę uzyskano dopiero w drugiej dobie pooperacyjnej.

4.2. Wpływ zabiegu operacyjnego na wartość ciśnienia ICP (grupa B)

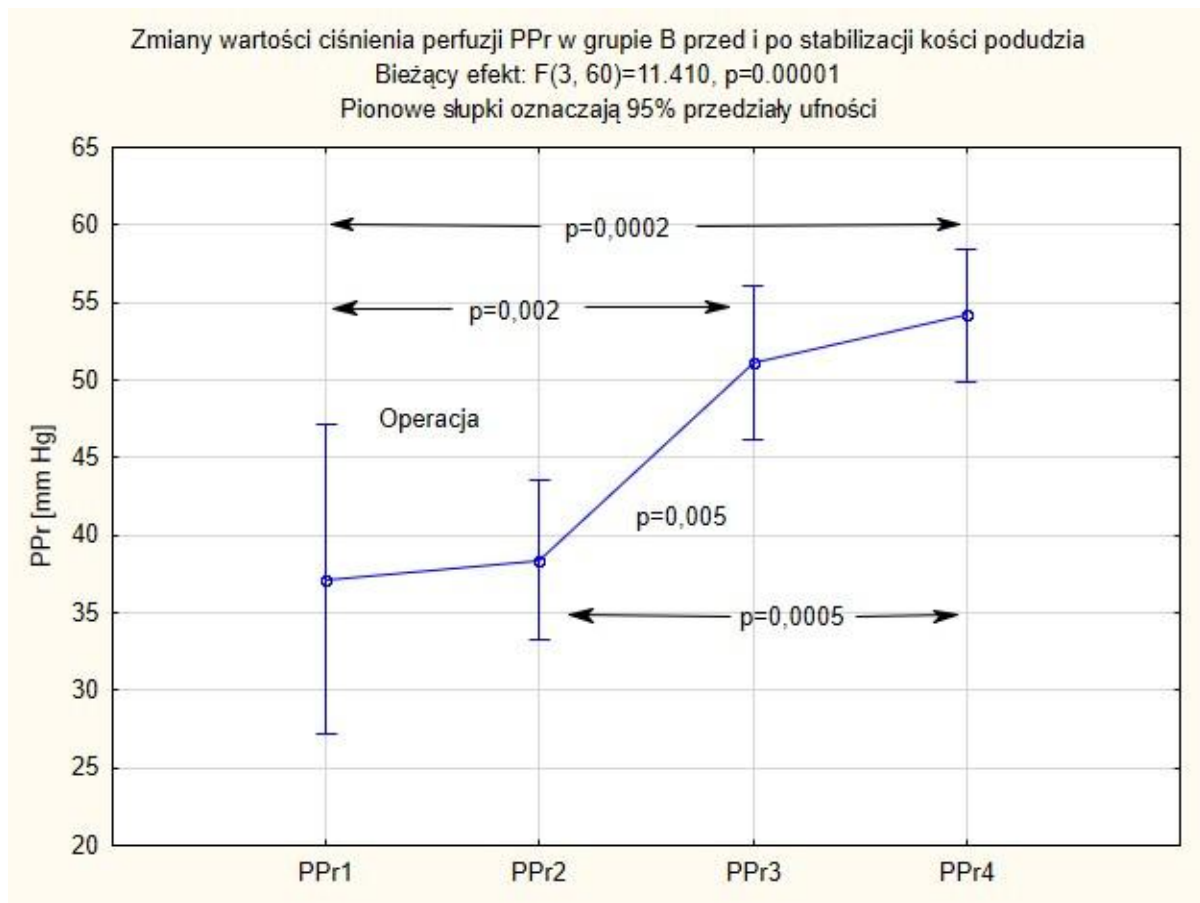


Rycina 29. Zmiana wartości ciśnienia śródpowięziowego w grupie B przed i po zabiegu stabilizacji odłamów kostnych, w kolejnych pomiarach.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie zmiany wartości ICP pomiędzy badaniem pierwszym i drugim. Wykazano zmniejszenie wartości ICP między badaniem pierwszym i czwartym oraz drugim i czwartym.

Zabieg stabilizacji złamania nie wpłynął na zmniejszenie wartości ciśnienia śródpowięziowego. Pomiar bezpośrednio po operacji wykazał wzrost ICP, jednak zmiana ta była statystycznie nieistotna. Zmniejszenie wartości ICP uzyskano w drugiej dobie pooperacyjnej.

4.3. Wpływ zabiegu operacyjnego na wartość ciśnienia PPr (grupa B)

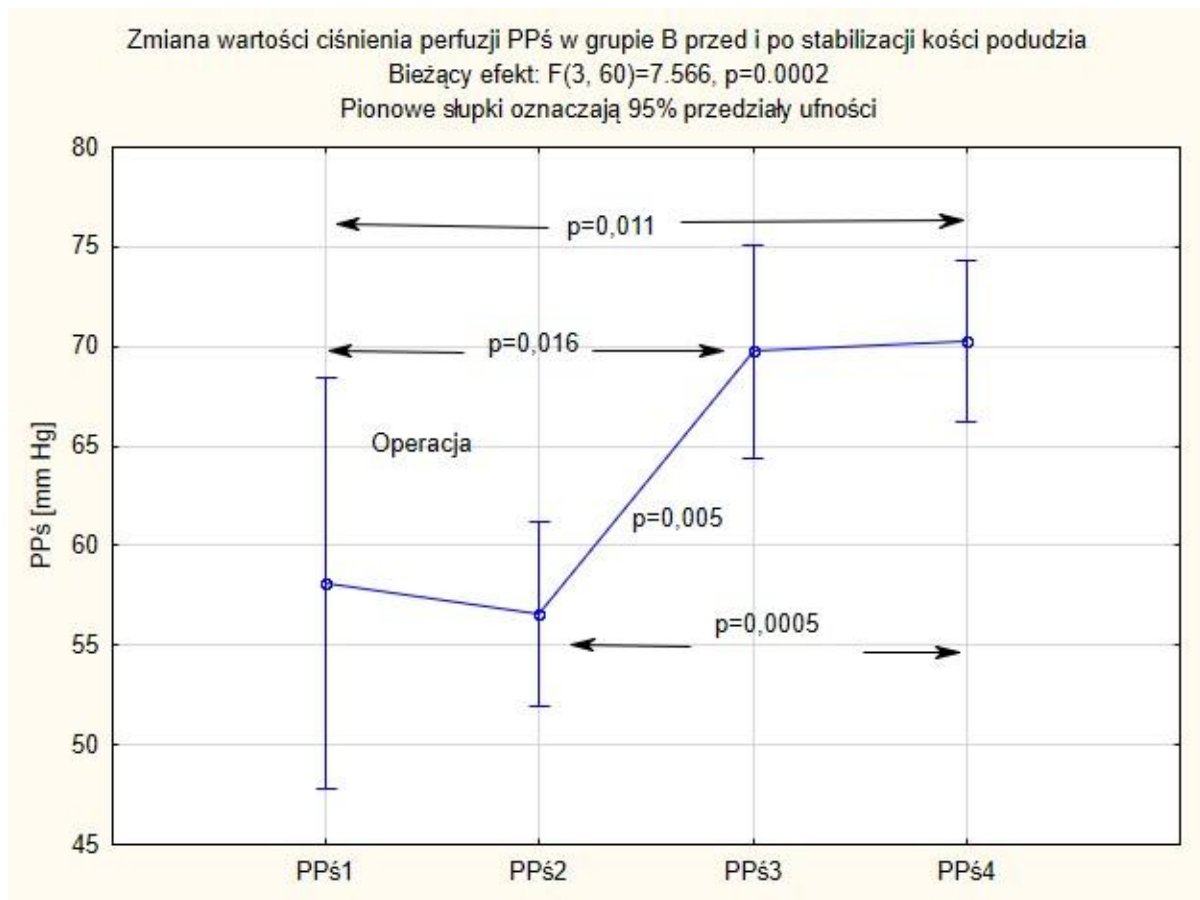


Rycina 30. Zmiana wartości ciśnienia perfuzji PPr w kolejnych pomiarach.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie zmiany wartości PPr pomiędzy badaniem pierwszym i drugim. Wykazano zmniejszenie wartości PPr między badaniem pierwszym i trzecim, pierwszym i czwartym oraz drugim i czwartym.

Stabilizacja złamania wpłynęła na wzrost ciśnienia perfuzji (PPr). Statystycznie istotny wzrost uzyskano w pierwszej i drugiej dobie po operacji.

4.4. Wpływ zabiegu operacyjnego na wartość ciśnienia (PPś) (grupa B).

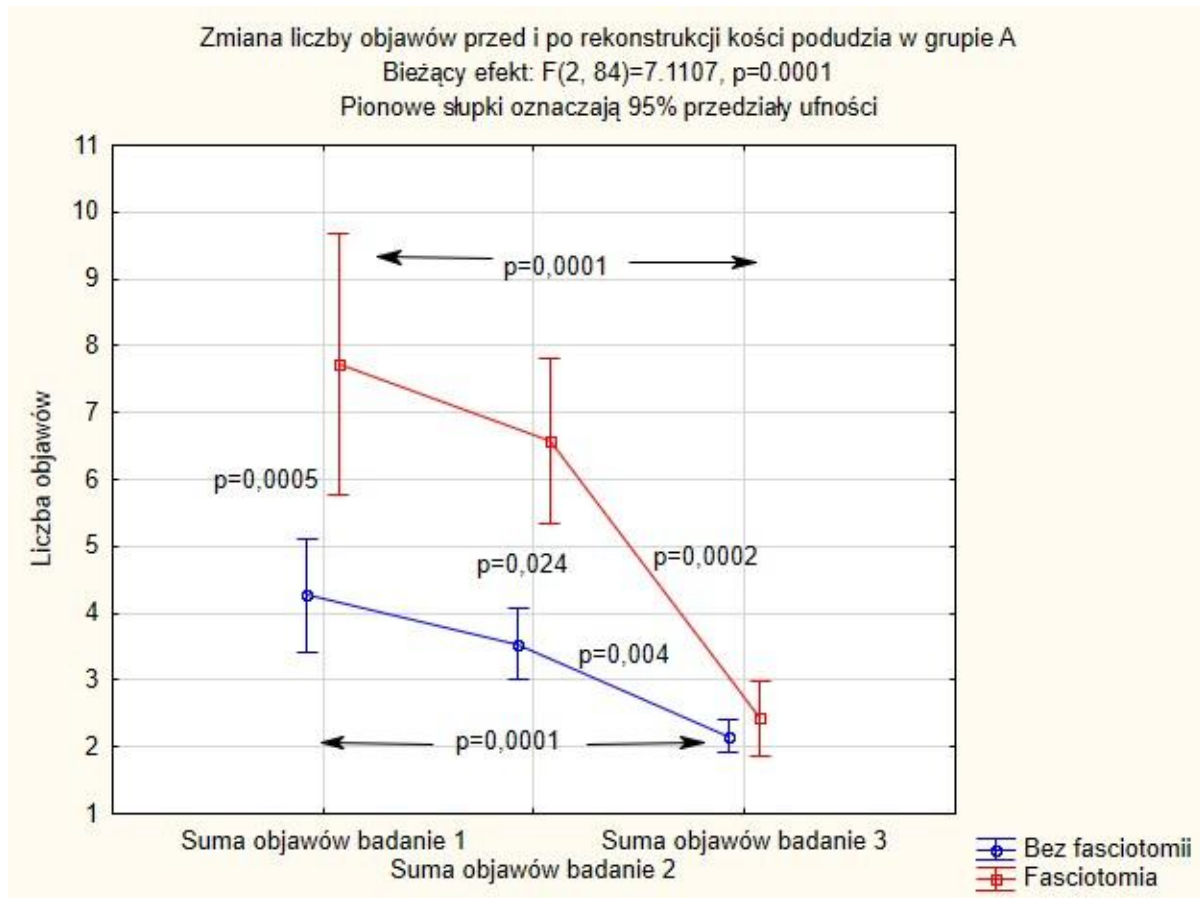


Rycina 31. Zmiana wartości ciśnienia perfuzji PPś w kolejnych pomiarach.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie zmiany wartości PPś pomiędzy badaniem pierwszym i drugim. Wykazano zwiększenie wartości PPś między badaniem pierwszym i trzecim, pierwszym i czwartym oraz drugim i czwartym.

Stabilizacja złamania wpłynęła na spadek ciśnienia perfuzji (PPś). Pomiar bezpośrednio po zabiegu wykazał nieistotny statystycznie spadek PPś. Jednakże kolejne pomiary wykazały istotny statystycznie wzrost wartości PPś już w pierwszej i drugiej dobie po operacji.

IV.5. Wpływ wykonanej fasciotomii na zmianę liczby objawów klinicznych i wartości ciśnienia śródopięziowego.

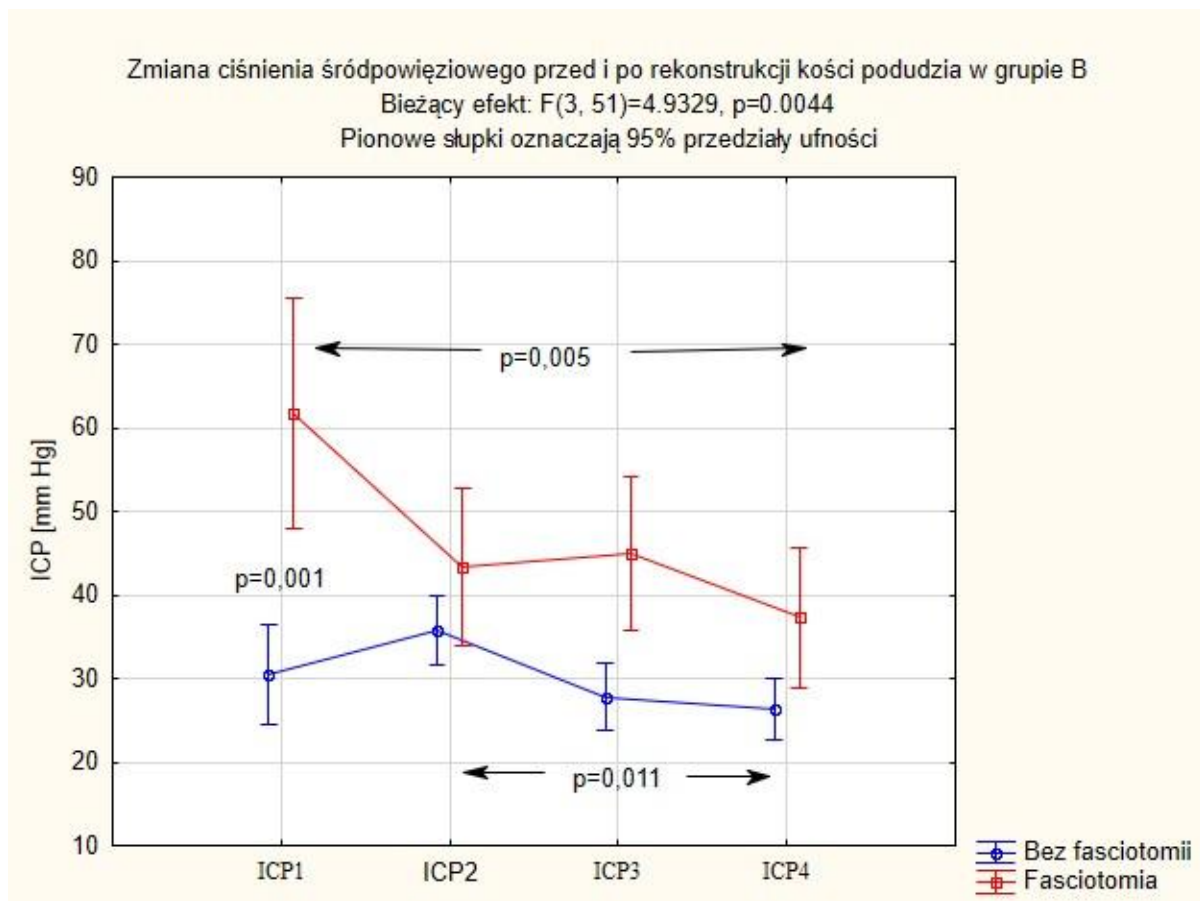


Rycina 32. Zmiana liczby objawów klinicznych w kolejnych badaniach w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii (*grupa D vs. grupa E*).

W analizie wewnątrzgrupowej stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie liczby objawów klinicznych zarówno w grupie z fasciotomią, jak i bez fasciotomii pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim oraz drugim i trzecim.

Porównanie międzygrupowe wykazało istotną statystycznie większą liczbę objawów klinicznych w grupie chorych z fasciotomią w badaniu pierwszym i drugim oraz zbliżoną liczbę objawów klinicznych w badaniu trzecim.

W obrębie obu grup chorych, z fasciotomią i bez fasciotomii stwierdzono zmniejszenie liczby objawów klinicznych, w tym samym okresie po zabiegu, a więc w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej. Jednak chorzy z fasciotomią w badaniu pierwszym i drugim mieli istotnie statystycznie większą liczbę objawów niż chorzy bez fasciotomii. Różnice te zatarły się zupełnie w drugiej dobie po zabiegu. Tym samym wykazano wpływ fasciotomii na zmniejszenie objawów klinicznych.

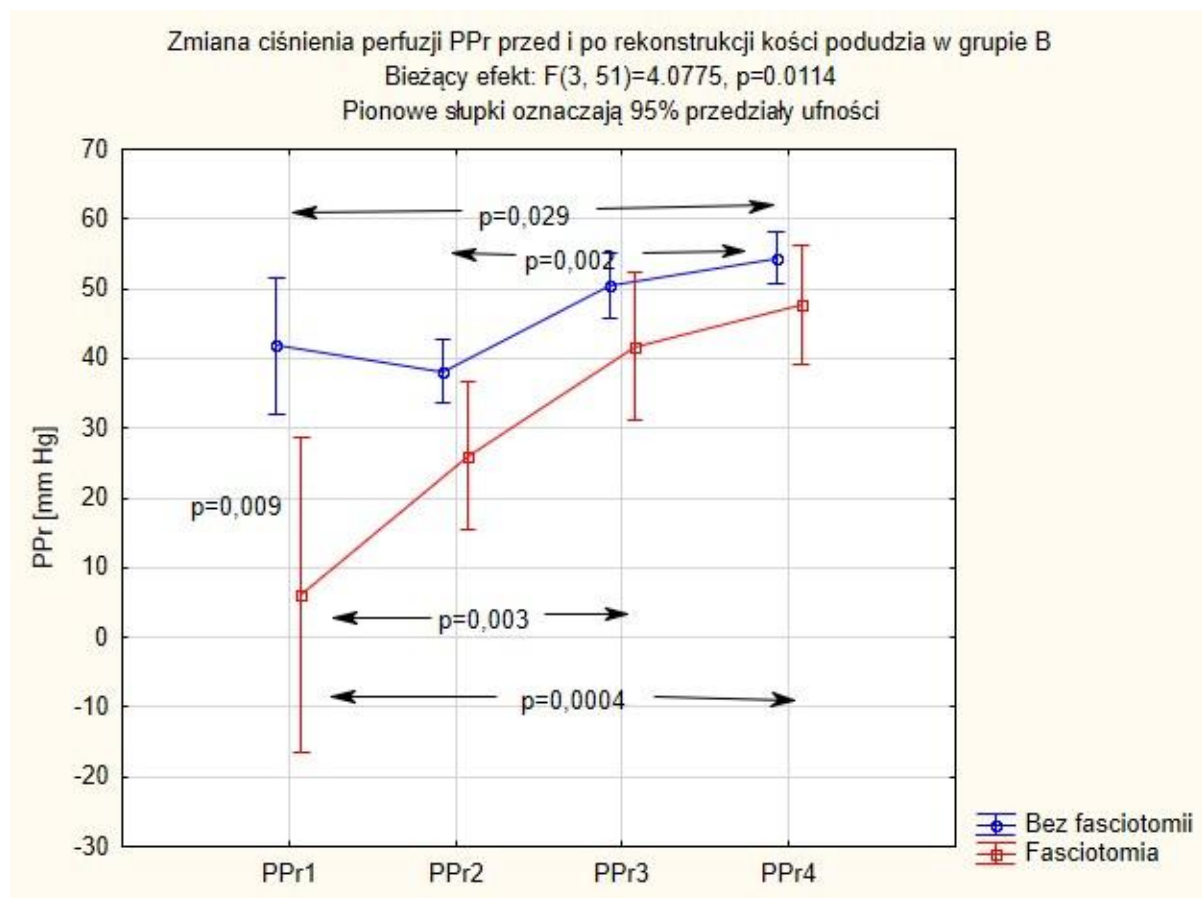


Rycina 33 . Zmiana wartości ICP w kolejnych pomiarach w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii (grupa D vs. grupa E)

W analizie wewnątrzgrupowej stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie wartości ICP pomiędzy badaniem pierwszym i czwartym jedynie w grupie z fasciotomią.

Porównanie międzygrupowe wykazało istotnie statystycznie większą wartość ICP w grupie chorych z fasciotomią w badaniu pierwszym oraz nieistotną statystycznie różnicę wartości ICP pomiędzy grupami w kolejnych pomiarach.

Fasciotomia wpłynęła na zmniejszenie wartości ciśnienia śródpowięziowego, jednak istotny statystycznie spadek wartości uzyskano dopiero w drugiej dobie pooperacyjnej. Porównanie pomiędzy grupami wykazało wyższe wartości ICP w pierwszym pomiarze w grupie chorych z fasciotomią, które uległy wyrównaniu w drugim pomiarze wykonanym bezpośrednio po zabiegu stabilizacji złamania z fasciotomią. Potwierdza to wpływ fasciotomii na spadek wartości ciśnienia śródpowięziowego (ICP).

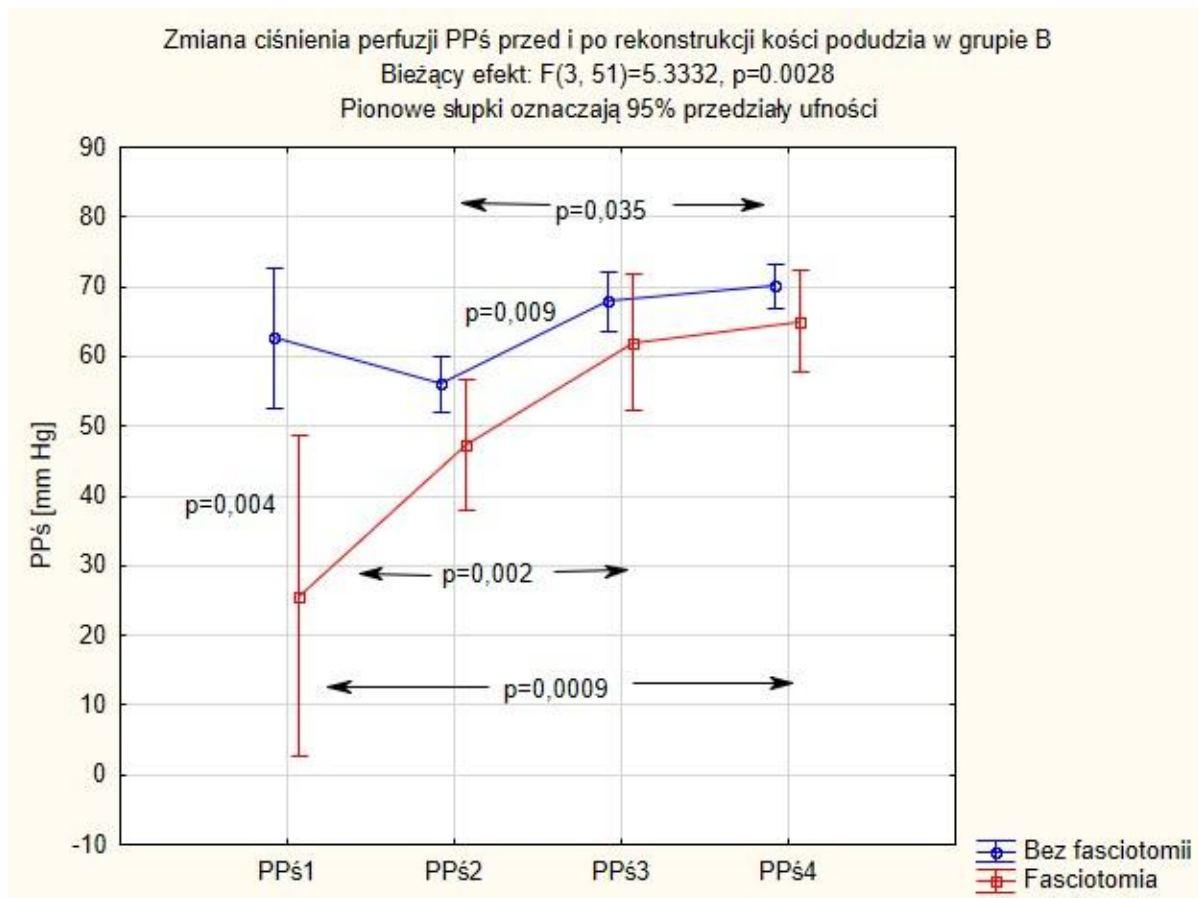


Rycina 34 . Zmiana wartości PPr w kolejnych pomiarach w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii (grupa D vs. grupa E)

W analizie wewnątrzgrupowej stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie wartości PPr pomiędzy badaniem pierwszym i czwartym zarówno w grupie z fasciotomią, jak i bez fasciotomii.

Porównanie międzygrupowe wykazało istotnie statystycznie większą wartość PPr w grupie chorych z fasciotomią w badaniu pierwszym oraz nieistotną statystycznie różnicę wartości PPr pomiędzy grupami w kolejnych pomiarach.

Fasciotomia wpłynęła na zwiększenie wartości ciśnienia perfuzji (PPr) we wszystkich kolejnych pomiarach. Istotny statystycznie wzrost wartości uzyskano w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej. Porównanie pomiędzy grupami wykazało wyższe wartości PPr w pierwszym pomiarze w grupie chorych z fasciotomią, jednak już w drugim pomiarze wartości ciśnienia perfuzji (PPr) obu grup były podobne. Tym samym stwierdzono wpływ fasciotomii na wzrost wartości ciśnienia perfuzji (PPr).



Rycina 35 . Zmiana wartości PPś w kolejnych pomiarach w grupie z fasciotomią i bez fasciotomii (grupa D vs. grupa E)

W analizie wewnątrzgrupowej stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie wartości PPś pomiędzy badaniem pierwszym i czwartym jedynie w grupie z fasciotomią. Porównanie międzygrupowe wykazało istotnie statystycznie większą wartość PPś w grupie chorych z fasciotomią w badaniu pierwszym oraz nieistotną statystycznie różnicę wartości PPś pomiędzy grupami w kolejnych pomiarach.

Fasciotomia wpłynęła na zwiększenie wartości ciśnienia perfuzji (PPś) we wszystkich kolejnych pomiarach. Istotny statystycznie wzrost wartości uzyskano w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej. Porównanie pomiędzy grupami wykazało wyższe wartości PPś w pierwszym pomiarze w grupie chorych z fasciotomią. Jednak już w drugim pomiarze przeprowadzonym po fasciotomii wartości ciśnienia perfuzji (PPś) obu grup były podobne. Tym samym stwierdzono wpływ fasciotomii na wzrost wartości ciśnienia perfuzji (PPś).

IV.6. Analiza wpływu wybranych czynników ryzyka na częstość wykonywanych fasciotomii

w grupie A.

Tabela 6.

Czynniki ryzyka ciasnoty śródpowięziowej w grupie A.

Czynniki ryzyka		Liczba pacjentów	Liczba chorych z OZCPP	Zależność
Płeć	Kobiety	13	1	p=0,2026
	Mężczyźni	33	8	
Wiek	≤40	20	4	p=0,9480
	>40	26	5	
Mechanizm urazu	Bezpośredni	15	8	p=0,0001
	Pośredni	31	1	
Czas od urazu do operacji (godz.)	≤12	19	4	p=0,9317
	>12	25	5	
Złamanie otwarte kości podudzia	Tak	7	0	p=0,1554
	Nie	39	9	
Złamanie obu kości podudzia	Tak	33	6	p=0,7060
	Nie	13	3	

Analiza wykazała, że statystycznie istotnie, z wystąpieniem ciasnoty przedziałów powięziowych, koreluje jedynie mechanizmu urazu (p=0,0001).

Płeć, wiek, okres oczekiwania chorego na zabieg, typ złamania kości piszczelowej oraz współwystępowanie złamania kości strzałkowej okazały się statystycznie nieistotne dla częstości występowania OZCPP i konieczności wykonania fasciotomii.

V. Omówienie

Pomiar ciśnienia śródpowięziowego w urazowych złamaniach kości podudzia nie jest standardową procedurą wykonywaną w oddziałach zabiegowych, dlatego wiele ośrodków urazowo-ortopedycznych w Polsce pracuje bez tego badania. W Oddziale Ortopedii i Chirurgii Narządu Ruchu SPSzW w Gorzowie Wielkopolskim pomiar ciśnienia śródpowięziowego wykonywany jest jedynie w przypadku wystąpienia objawów klinicznych nasuwających podejrzenie rozwijającego się zespołu ciasnoty. Pacjenci od wielu lat leczeni są według powyższego algorytmu postępowania, a graniczna wartość ciśnienia wykorzystywana do kwalifikacji do fasciotomii półzamkniętej to PPr poniżej 30mmHg. Chcąc ustalić wartość pomiaru u chorych leczonych z powodu złamań kości podudzia, rutynowo oznaczono wartość ciśnienia w wybranej grupie chorych. Badania wykonywane były głównie dla celów naukowych, lecz w znacznym stopniu ułatwiły one diagnostykę chorych zagrożonych OZCPP.

V.1. Objawy

Powszechnie istniało przekonanie, że do rozpoznania OZCPP u przytomnego chorego wystarcza badanie kliniczne [44, 45]. Oceniał to T.Ulmer [39] dokonując metaanalizy publikacji, w których badanie kliniczne było podstawą do rozpoznania OZCPP. Wykazał on, że objawy kliniczne charakteryzuje niska czułość (13 % - 19%) i ich występowanie nie pozwala jednoznacznie rozpoznać OZCPP. Objawy rozwijającego się OZCPP są jednak wysoce specyficzne; ich brak pozwala wykluczyć wzmożone ciśnienie śródpowięziowe (97% - 98%). Według cytowanego autora pojedynczy objaw zespołu był mało specyficzny i pozwalał skutecznie rozpoznać zespół ciasnoty jedynie w 25%, ale jednoczesne wystąpienie trzech objawów zwiększało prawdopodobieństwo rozpoznania OZCPP już do 93%.

Posiłkując się powyższymi wnioskami, sporządziłem kartę badania chorego. Umieściłem w niej wszystkie obserwowane objawy ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych. Suma stwierdzonych w badaniu przedmiotowym i podmiotowym objawów określała obraz kliniczny rozwijającego się OZCPP. Chcąc jednak sprawdzić siłę wiarygodności objawów klinicznych w rozpoznaniu OZCPP, porównałem je z ważnym parametrem patofizjologicznym jakim jest wartość ciśnienia śródpowięziowego. Poszukując wzajemnych zależności tych elementów rozpoznania zespołu ciasnoty śródpowięziowej, wartości ciśnienia śródpowięziowego odniosłem do średniej liczby objawów klinicznych (Rycina 17, 18, 19).

Chorych z rutynowym pomiarem ICP (grupa B) w zależności od wartości ciśnienia śródpowięziowego podzieliłem, zgodnie z kryteriami rozpoznania OZCPP, na dwie podgrupy. W każdej z nich obliczyłem średnią liczbę objawów klinicznych dla każdego pomiaru. Porównanie tych wartości miało określić korelację objawów klinicznych z ciśnieniem śródpowięziowym.

Ponieważ w prowadzonej pracy posługiwano się wartością bezwzględną ciśnienia, jak również ciśnieniem perfuzji, porównanie przeprowadzono dla wszystkich oznaczonych wartości. Zgodnie z dostępnym piśmiennictwem dla bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego graniczna wartość ICP równa się 45mmHg (Rycina 17), a dla PPr i PPŚ 30mmHg (Rycina 18 i 19) [37, 38, 39]. Przekroczenie tego ciśnienia według powyższych autorów skutkuje rozwinięciem się OZCPP. Analiza statystyczna uzyskanych przeze mnie pomiarów nie wykazała korelacji pomiędzy wartością ciśnienia (ICP, PPr i PPŚ) a średnią liczbą objawów klinicznych u chorych w poszczególnych podgrupach, w żadnym z kolejnych badań, niezależnie od metody oznaczenia ciśnienia. Oznacza to, że obraz chorobowy oparty na liczbie objawów klinicznych, nie różnił się istotnie pomimo różnic w wartościach ciśnienia w żadnej z metod pomiaru.

Dotychczasowe spostrzeżenia sugerują brak korelacji obrazu klinicznego z wartościami ciśnień w obrębie grupy B. Byli to jednak pacjenci objęci rutynowym pomiarem ICP, u których zabieg stabilizacji złamania i kolejne pomiary wykonywał autor w dniu przyjęcia. Wszystkie fasciotomie w tej grupie wykonano sposobem półzamkniętym po zabiegu stabilizacji złamania na podstawie wartości ciśnienia perfuzji (PPr) < 20mmHg.

Decyzje o rozpoznaniu OZCPP i wykonaniu fasciotomii u chorych grupy C podejmowane były w oparciu o obraz kliniczny. Pomiar ciśnienia wykonywano jedynie celem potwierdzenia diagnozy. Chorych tych wykorzystałem jako podgrupę kontrolną, analizując obraz kliniczny, wartości ciśnień i ich zmiany w procesie terapeutycznym. W obrębie grupy B obejmującej pacjentów z rutynowym pomiarem ICP chorych podzieliłem na tych, u których wykonałem wczesną półzamkniętą fasciotomię w oparciu o $PPr < 20\text{mmHg}$ z pierwszego pomiaru oraz tych, którzy fasciotomii nie wymagali ($PPr \leq 20\text{ mmHg}$).

Analiza nie wykazała istotnej statystycznie różnicy pomiędzy średnią liczbą objawów klinicznych w badaniu pierwszym pomiędzy poszczególnymi trzema grupami (Rycina 23). Oznacza to, że również przy takim doborze porównywanych grup chorych obraz kliniczny w pierwszym badaniu nie wskazywał jednoznacznie na dalszy rozwój, bądź brak ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych. Dopiero w badaniu drugim, po leczeniu operacyjnym, pacjenci grupy B bez fasciotomii mieli mniejszą liczbę objawów niż chorzy z późną fasciotomią ($p=0,007$). Powyższa analiza wykazała również spadek liczby objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim w obrębie grupy z fasciotomią na podstawie rutynowego pomiaru ($p=0,003$) i grupie bez fasciotomii ($p=0,001$). Zmiana liczby objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim w grupie z fasciotomią późną była statystycznie nieistotna. Zaobserwowano więc mniejszy wpływ leczenia na spadek liczby objawów klinicznych w grupie z późną fasciotomią, czyli wśród pacjentów z OZCPP bez rutynowego pomiaru ICP. Potwierdza to brak korelacji obrazu klinicznego z wartością ciśnienia śródpowięziowego, a co za tym idzie słabszą odpowiedź na terapię wśród chorych bez rutynowego pomiaru ICP.

Wszystkie powyższe analizy prowadzą do wniosków zgoła odmiennych od dostępnych w piśmiennictwie [44, 45]. Autor pracy w oparciu o powyższe porównania uważa, że obraz kliniczny nie jest wystarczającym i jednoznacznym kryterium rozpoznania OZCPP. Ocena statystyczna nie wykazała istotnych różnic w ilości objawów klinicznych w poszczególnych grupach.

Pomimo braku jednoznacznego obrazu klinicznego dla poszczególnych grup chorych z różnymi wartościami ICP, PPr i PPś podjęto próbę określenia, które z objawów klinicznych najbardziej korelują z OZCPP i które powinny być szczególnie dokładnie oceniane przy

podejrzeniu zespołu. Zgodnie z wnioskami Ulmera, który stwierdził znacznie większe prawdopodobieństwo rozpoznania OZCPP przy współwystępowaniu trzech objawów klinicznych określono stopień ważności poszczególnych objawów [39]. Rycina 20 przedstawia najlepsze predyktory dla zmiennej „fasciotomia” jednoznacznej w powyższej pracy z OZCPP. Wykazano, że trzy najważniejsze predyktory, czyli objawy najistotniejsze przy rozpoznaniu OZCPP w moim materiale to: brak poprawy przy elewacji kończyny, osłabienie siły mięśniowej oraz nasilenie bólu przy podeszwowym zgięciu stopy.

V.2. Ciśnienie

Skoro w rozpoznaniu OZCPP nie możemy posługiwać się samym obrazem klinicznym czy zatem samodzielny pomiar ciśnienia śródpowięziowego jest miarodajnym narzędziem kwalifikującym do fasciotomii i wskazującym na zagrożenie kończyny? Babak Shadgan w swojej pracy [46] podaje, że pomiar ciśnienia śródpowięziowego może potwierdzić rozpoznanie OZCPP jedynie wśród pacjentów z ewidentnymi objawami klinicznymi. Jednak w dalszych rozważaniach autor cytowanej pracy stwierdza, że pomiar ciśnienia śródpowięziowego, jako samodzielne narzędzie diagnostyczne kwalifikujące do fasciotomii, ma zastosowanie jedynie u pacjentów nieprzytomnych. Co więcej, istnieją publikacje, których autorzy negują wiarygodność bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego (ICP) jako parametru odzwierciedlającego stan ciśnienia wewnątrz całego przedziału mięśniowego. Postulują, że w określonych warunkach anatomiczno- fizjologicznych lepszym badaniem określającym OZCPP jest ciśnienie perfuzji (PP). Oznacza ono wypadkową ciśnienia tętniczego krwi oraz bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego uzyskaną z pomiaru krwawego [24, 25, 37].

O’Toole w swojej publikacji [26] przyznaje, że diagnostyka OZCPP jest trudna, a różne podejście do leczenia stosują lekarze nawet w obrębie tych samych ośrodków urazowo- ortopedycznych. Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że ciągle brakuje danych o rzeczywistej częstości występowania OZCPP oraz konsensusie w jego rozpoznawaniu. Według badaczy może to być następstwem fałszywie dodatnich wyników pomiaru ciśnienia śródpowięziowego [47]. Ponadto poszczególni autorzy prac posługują się różnymi wartościami ciśnienia, w oparciu o które rozpoznaje się OZCPP [37]. W pracy Ovre i Hvaal

[48] monitorowano ciśnienie śródpowięziowe wśród pacjentów po złamaniu trzonu kości piszczelowej leczonych operacyjnie z użyciem gwoźdźcia śródszpikowego. Za sztywne kryterium rozpoznania OZCPP przyjęto wartość ICP > 30mmHg. Skutkowało to wykonaniem fasciotomii aż u 29% pacjentów.

Prayson w swojej pracy [40] zbadał ciśnienie śródpowięziowe u 19 pacjentów z izolowanym złamaniem kończyny dolnej. U wszystkich wykonał pomiar ICP przyjmując za grupę kontrolną wartość ciśnienia w drugiej, zdrowej kończynie tego samego pacjenta. U 18 (95%) chorych stwierdził ICP > 30mmHg a u 12 (63%) ICP przekroczyło 45mmHg. Cytowany autor u żadnego z pacjentów nie wykonał fasciotomii, a obserwacje odległe zakończono po roku od urazu, nie stwierdzając cech przeoczonego zespołu ciasnoty.

Autor pracy podjął próbę określenia skuteczności diagnostycznej bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego (ICP) w rozpoznaniu OZCPP. W tym celu chorych, u których wykonano pomiar ICP (grupy B i C) podzielono na tych, u których wykonano fasciotomię oraz tych bez fasciotomii. Odniesiono pozyskane w naszej pracy z pomiaru krwawego wartości ICP do przeprowadzonych fasciotomii (Ryc. 21). Zwraca uwagę fakt, że w przypadku ICP uzyskanego z pierwszego pomiaru u wszystkich chorych, włączając fasciotomie późne, wszystkie wartości ICP były większe bądź równe od średniej dla grupy pacjentów bez fasciotomii. Średnia wartość ICP w grupie chorych z fasciotomią przekroczyła 63,0 mmHg przy średniej wartości dla chorych bez fasciotomii 30,6 mmHg (Ryc. 21). Jednak analiza ta wykazała, że nie u wszystkich chorych z wartością ICP przekraczającą 45 mmHg uzyskaną w pierwszym pomiarze rozwinął się OZCPP. Zatem wartość ciśnienia ICP powyżej 45 mmHg w naszej pracy nie pozwalała na jednoznaczne rozpoznanie ostrego zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych.

Zgodnie z założeniem mojej pracy przeanalizowałem wstecznie grupę chorych z rutynowym pomiarem ciśnienia śródpowięziowego (grupa B), odnosząc pozyskane wartości ciśnienia do tych podawanych w piśmiennictwie. Należy wziąć pod uwagę, że ICP w mojej pracy nie było parametrem diagnostyczno-decyzyjnym. Posługiwałem się ciśnieniem perfuzji (PPr), jest to więc analiza wsteczna danych z badania przeprowadzonego u moich pacjentów. Wynika z niej, że fasciotomii półzamkniętej wymagali jedynie pacjenci z wartością ICP powyżej 45mmHg. Natomiast u chorych z wartościami ciśnienia do 45mmHg

nie wykonałem odbarczenia przedziałów powięziowych i nie wystąpiły u nich objawy kliniczne zespołu ciasnoty śródpowięziowej również w późniejszej obserwacji. Taka analiza sugerowała korelację wartości ICP > 45 mmHg z OZCPP. Gdy jednak za parametr wyjściowy oceny przyjęliśmy ciśnienie śródpowięziowe (ICP) przekraczające 45mmHg, w grupie znaleźli się chorzy, u których nie wykonałem fasciotomii i nie rozwinął się u nich OZCPP. Tym samym stwierdziłem, że wartość ciśnienia ICP powyżej 45 mmHg nie była jednoznaczna z wystąpieniem ostrego zespołu ciasnoty powięziowej (grupa B).

W moim materiale wartość ICP okazała się parametrem nieswoistym i nieprzydatnym w rozpoznaniu OZCPP, co również spostrzegają inni autorzy poszukujący parametru rozpoznania wczesnych objawów ciasnoty śródpowięziowej [49].

Podobne rozbieżności panują w określaniu wartości ciśnienia perfuzji dla rozpoznania OZCPP. Według dostępnego piśmiennictwa wartość ciśnienia perfuzji (PPr), wyliczona z różnicy ciśnień rozkurczowego i śródpowięziowego niższa niż 30mmHg, upoważnia do rozpoznania zespołu ciasnoty [40]. Jeżeli natomiast do obliczeń ciśnienia perfuzji (PPś) posłużymy się średnim ciśnieniem tętnicznym krwi, a nie ciśnieniem rozkurczowym, to wartość graniczna PPś wyniesie 30mmHg lub utrzyma się na poziomie 30mmHg przynajmniej przez jedną godzinę [41]. W przedstawianej przeze mnie pracy bezwzględna wartość ciśnienia śródpowięziowego (ICP) wykorzystana została jedynie do obliczenia ciśnienia perfuzji PP, natomiast jako kryterium rozpoznania OZCPP i wskazanie do wykonania fasciotomii przyjąłem wartość PPr poniżej 20mmHg.

Inni autorzy [39] przyjęli ciśnienie perfuzji (PPr) mniejsze od 30mmHg jako wartość graniczną rozpoznania OZCPP i wskazania do rozcięcia powięzi. Whitesides i Haney [38], analizując kryteria rozpoznania OZCPP, przyjęli za wartość graniczną PPr 20mmHg. McQueen i Court-Brown kwalifikowali do fasciotomii chorych z wartościami PPr < 20mmHg oraz PPś < 30mmHg [50]. Doceniając znaczenie pomiaru ciśnienia w swoich wnioskach końcowych stwierdzili, że przyjęte kryteria wartości są właściwe i nie pozwalają przeoczyć OZCPP, a co więcej trafnie wskazują chorych, u których należy wykonać fasciotomię.

Autor pracy przedstawił rozkład ciśnienia perfuzji PPr wśród chorych grupy A (wszyscy pacjenci), u których wykonano pomiar ciśnienia śródpowięziowego (Ryc. 22). Tylko u jednego chorego z fasciotomią (włączając fasciotomie późne) PPr oznaczone w pierwszym pomiarze było większe od średniej wartości PPr dla grupy chorych bez fasciotomii. Średnia wartość PPr uzyskana w pierwszym pomiarze dla grupy z fasciotomią wynosiła 13,6mmHg a dla grupy bez fasciotomii 41,8 mmHg. Najistotniejsza obserwacja to ta, że nie wszyscy chorzy z wartością ciśnienia (PPr) poniżej 30 mmHg wymagali fasciotomii. Potwierdzeniem tego faktu są badania Praysona, który dokonując rutynowego pomiaru ciśnienia śródpowięziowego [40] u pacjentów bez OZCPP. U 58% badanych chorych stwierdził PPr w granicy 20mmHg a wśród 84% PPr wynosiło 30mmHg. Cytowany autor nie stwierdził korelacji tych wartości PPr z wystąpieniem zespołu ciasnoty śródpowięziowej. Powyższe wnioski potwierdzają moje spostrzeżenia, że wartość PPr od 20mmHg wzwyż nie wskazuje na wystąpienie OZCPP. Zatem monitorując ciśnienie śródpowięziowe i obraz kliniczny, obniżyłem wartość progową ciśnienia perfuzji (PPr) do 20mmHg. Celem tego było poszukiwanie granicznej wartości ciśnienia wpływającego na trafność rozpoznania ostrego zespołu ciasnoty śródpowięziowej. W oparciu o własne obserwacje ustaliłem, że PPr poniżej 20mmHg wskazywała na OZCPP u pacjentów z rutynowym pomiarem ciśnienia śródpowięziowego (grupa B). U trzech pacjentów przed zabiegiem i w sześciu pomiarach po zabiegu stabilizacji kości podudzia wartość PPr mieściła się w przedziale 20 - 30 mmHg. Ciśnienie przed stabilizacją złamania wynosiło odpowiednio 23mmHg, 24mmHg i 30mmHg. U żadnego z tych trzech chorych nie przeprowadziłem odbarczenia przedziałów powięziowych zgodnie z przyjętym założeniem pracy. Po zabiegu stabilizacji złamania w sześciu przypadkach pomiary wartości ciśnienia PPr wynosiły odpowiednio: 24mmHg, 24mmHg, 25mmHg, 27mmHg, 28mmHg, 30mmHg. Również w tych przypadkach nie przeprowadzono chirurgicznego odbarczenia przedziału powięziowego.

Moje spostrzeżenia potwierdzał fakt, że kolejne pomiary ciśnienia śródpowięziowego oraz dalsza obserwacja objawów klinicznych nie wykazały ciasnoty przedziałów powięziowych u żadnego z tych chorych.

Rozkład ciśnienia perfuzji PPr wśród chorych grupy A (wszyscy pacjenci), u których wykonano pomiar ciśnienia śródpowięziowego przedstawia rycina 23. Średnia wartość PPr uzyskana w pierwszym pomiarze dla grupy z fasciotomią wynosiła 34,7 mmHg, a dla grupy

bez fasciotomii 62,6 mmHg. Istotnym okazał się być fakt, że nie wszyscy chorzy z wartością ciśnienia (PPś) poniżej 30 mmHg wymagali fasciotomii.

Oceniając wartości ciśnienia perfuzji (PPś) uzyskanej ze średniego ciśnienia tętniczego jako parametru granicznego odpowiadającego ciasnocie śródpowięziowej, większość autorów [41,42,50] przyjmuje PPś poniżej 30mmHg. W moim badaniu wśród chorych z rutynowym pomiarem ciśnienia perfuzji PPś u dwóch z trzech pacjentów z tą wartością wykonałem fasciotomię. W jednym przypadku PPś wynosiło 38mmHg natomiast RR 137/63mmHg. Wyliczona pośrednio wartość PPr wynosiła 13mmHg. Fasciotomię wykonałem w oparciu o przyjęte w założeniach pracy kryterium kwalifikujące, czyli PPr poniżej 20mmHg .

Prayson [40] w swoim badaniu wśród pacjentów bez OZCPP u 53% chorych uzyskał wartość PPś w granicy 40mmHg a u 42% chorych 30mmHg. We wnioskach końcowych stwierdził, że podawane w piśmiennictwie wartości ciśnień perfuzji nie zawsze korelują z zespołem ciasnoty przedziałów powięziowych.

Odmiennego zdania jest autor niniejszej pracy. Moje obliczenia wykazały, że graniczne wartości ciśnień perfuzji podawane w piśmiennictwie PPr < 20mmHg oraz PPś < 30mmHg [37] poparte badaniem klinicznym pozwoliły prawidłowo zakwalifikować chorych do fasciotomii. U żadnego chorego z rutynowym badaniem ciśnienia śródpowięziowego (grupa B) nie przeoczono OZCPP.

V.3. Zasadność wykonywania rutynowego pomiaru ICP

Czy zatem istnieje zasadność rutynowego pomiaru ciśnienia śródpowięziowego u wszystkich pacjentów ze złamaniem kości podudzia? McQueen na podstawie retrospektywnych prac [41, 50] uznaje takie podejście za właściwe. Zapobiega ono opóźnieniu rozpoznania OZCPP. Twierdzi, że obraz kliniczny może być niewystarczający do rozpoznania zagrożenia nawet u chorych przytomnych. Podobne poglądy reprezentuje Janzing [37] i uważa, że rutynowy pomiar ciśnień szczególnie u objawowych i nieprzytomnych pacjentów ma wielką wartość kliniczną. Według autora tej pracy, pomiar ciśnienia jest badaniem prostym, małoinwazyjnym i tanim w porównaniu do kosztów

leczenia powikłań, wynikających ze wzmożonego ciśnienia śródpowięziowego, przedłużonego pobytu szpitalnego czy roszczeń odszkodowawczych. Badanie to warto zatem wykonywać.

Chcąc wykazać powyższe stanowisko, analizowałem trzy wcześniej opisywane grupy chorych. Pacjentów z grupy B (rutynowy pomiar ICP), u których wykonano fasciotomię na podstawie wyliczonego pośrednio ciśnienia perfuzji ($PPr < 20 \text{ mmHg}$), chorych grupy B bez fasciotomii oraz chorych grupy C z fasciotomią późną.

Analiza zmiany objawów klinicznych w kolejnych badaniach wykazała brak istotnej statystycznie różnicy w liczbie objawów klinicznych w badaniu pierwszym pomiędzy grupami (Rycina 23). Oznacza to, że obraz kliniczny w pierwszym badaniu nie różnił się istotnie pomiędzy grupami. W badaniu drugim wykazano istotną statystycznie większą liczbę objawów klinicznych w grupie chorych z fasciotomią późną niż w grupie chorych bez fasciotomii ($p = 0,007$). Wiązało się to z brakiem poprawy po wykonanej zbyt późno, w oparciu o obraz kliniczny, fasciotomii półzamkniętej. Zmniejszenie liczby objawów klinicznych w tej grupie stwierdzono dopiero w badaniu trzecim po wykonaniu fasciotomii otwartej. Ponadto istotną statystycznie poprawę stanu klinicznego pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim uzyskano jedynie w przypadku grup z rutynowym pomiarem ICP. Analiza ta przemawia za rutynowym pomiarem ICP, który pozwala wcześniej rozpoznać zagrożenie OZCPP (nieistotna statystycznie różnica w liczbie objawów pomiędzy grupami w badaniu pierwszym). Jedynie w grupach z rutynowym pomiarem ICP uzyskano istotną poprawę stanu klinicznego; ponadto chorzy ci nie wymagali fasciotomii otwartej.

Ocena zmian wartości ciśnienia śródpowięziowego ICP oraz ciśnień perfuzji PPr i PPŚ w powyższych grupach wykazała niekorzystny wzrost wartości ICP pomiędzy pomiarem drugim i trzecim wśród chorych bez rutynowego pomiaru ICP (Ryc. 24). Związane to było z rozwijającym się OZCPP prowadzącym do otwartej fasciotomii przeprowadzonej po trzecim pomiarze ciśnienia śródpowięziowego.

W przypadku ciśnienia perfuzji PPr jedynie w grupie chorych z fasciotomią (wykonaną na podstawie rutynowego pomiaru ciśnienia) uzyskano zwiększenie powyższej wartości (Rycina 25). Tym samym poprawiono stan ukrwienia kończyny.

Brak różnic w obrazie klinicznym poszczególnych grup w badaniu pierwszym, najlepszy efekt terapeutyczny odzwierciedlony istotnym statystycznie wzrostem ciśnienia perfuzji w grupie z wczesną fasciotomią oraz niekorzystny wzrost ICP skutkujący późną otwartą fasciotomią w grupie C przemawiają za rutynowym pomiarem ciśnienia śródpowięziowego.

Podobne wnioski przedstawił Janzing [37], analizując chorych po złamaniu kości podudzia. Cytowany autor wykazał, że pomiar ciśnienia pozwala odstąpić od fasciotomii, a w wybranych przypadkach podjąć wcześniejsze odbarczenie mięśni.

V.4. Kiedy wykonywać pomiar ICP

W piśmiennictwie toczy się dyskusja co do liczby pomiarów ciśnień śródpowięziowych oraz momentu przeprowadzenia fasciotomii. Pojedynczy pomiar ciśnienia śródpowięziowego według Heckman [42] jest mało wiarygodny szczególnie, gdy dotyczy wykonania fasciotomii. Heckman zaleca wielokrotne pomiary ciśnień wszystkich czterech przedziałów powięziowych. Sugeruje również wykonanie kilku pomiarów w obrębie jednego przedziału. W prowadzonych przeze mnie badaniach ograniczyłem się do pomiarów ciśnienia w objawowym przedziale powięziowym przed i po zabiegu stabilizacji złamania oraz w kolejnych dobach pooperacyjnych. Średnie wartości ciśnienia uzyskane w poszczególnych pomiarach porównano między sobą (Tabela 5). Analiza kombinacji oceny ciśnienia śródpowięziowego pozwoliła wykluczyć badania, pomiędzy którymi zmiana wartości ciśnienia śródpowięziowego jest mała. Tym samym pozwoliła wybrać odpowiedni moment przeprowadzenia pomiaru ciśnienia śródpowięziowego.

W przypadku ciśnienia perfuzji PPr uzyskano statystycznie istotną korelację pomiędzy kombinacjami pomiarów z wyjątkiem pierwszego i drugiego oraz trzeciego i czwartego. Oznacza to, że ocena ciśnienia śródpowięziowego bezpośrednio przed, jak i po zabiegu stabilizacji kości jest statystycznie bezzasadna. Zmiana wartości ciśnienia w tych dwóch następujących po sobie pomiarach jest statystycznie nieistotna ($p=0,6223$) i można ją pominąć. Największą istotność statystyczną wykazano w pomiarze ciśnienia perfuzji (PPr) wykonanym bezpośrednio przed zabiegiem oraz w pierwszej ($p=0,0153$) lub drugiej ($p=0,0001$) dobie po operacji. Kolejna statystycznie uzasadniona kombinacja to pomiar po

stabilizacji złamania oraz w pierwszej ($p=0,0499$) lub drugiej ($p=0,0006$) dobie pooperacyjnej. Ostatni czwarty pomiar ciśnienia śródpowięziowego wykonano w drugiej dobie pooperacyjnej. W świetle rutynowego pomiaru ICP jako profilaktyki OZCPP druga doba pooperacyjna to okres późny na wykrycie obniżonych wartości PPr. Autor sugeruje odrzucenie kombinacji z pomiarem czwartym. Ponadto, uwzględniając wpływ zabiegu operacyjnego na obraz kliniczny (Rycina 32), pierwsza doba po operacji przedstawia nieistotny statystycznie wzrost liczby objawów klinicznych do badania pierwszego związany z bólem pooperacyjnym. Dopiero druga doba po zabiegu jest okresem znacznej poprawy stanu miejscowego odzwierciedlonym w istotnej statystycznie zmianie w liczbie objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim ($p=0,0001$). Tym samym najlepszym momentem na wykonanie drugiego, kontrolnego pomiaru ciśnienia śródpowięziowego jest pierwsza doba pooperacyjna, w której obraz kliniczny jest wciąż niejasny, a badanie może wstrzymać wykonanie fasciotomii. Nadal otwarta pozostaje kwestia, czy pierwszy pomiar wykonywać przed czy po zabiegu stabilizacji złamania. Analizując wpływ operacji na wartość ciśnienia perfuzji, stwierdziłem, że wśród chorych bez fasciotomii (rycina 34) wartość PPr w drugim pomiarze malała, aby w kolejnych wzrastać, uzyskując istotną statystycznie różnicę między pomiarem pierwszym i czwartym oraz drugim i czwartym. Opieranie się jedynie na wartości PPr uzyskanej po zabiegu operacyjnym może skutkować pochopnym wykonywaniem fasciotomii u chorych, którzy w moim materiale fasciotomii nie wymagali. Pomiar drugi wykazywał przejściową, podwyższoną wartość ICP oraz obniżoną PPr spowodowaną wpływem zabiegu stabilizacji śródszpikowej. Zatem autor pracy uwzględniając te dwa parametry sugeruje rutynowe pomiary ICP przed zabiegiem stabilizacji złamania oraz w pierwszej dobie pooperacyjnej.

V.5 Wpływ zabiegu stabilizacji złamania na zmianę liczby objawów klinicznych i wartości ciśnień śródpowięziowych.

Kolejny aspekt to wpływ zabiegu operacyjnego na liczbę objawów klinicznych i wartość ciśnienia śródpowięziowego. Gershuni w swojej pracy analizował typ stabilizacji złamania kości podudzia na fakt występowania OZCPP oraz konieczność wykonania fasciotomii [29]. Postulował on, że pacjenci z zamkniętymi złamaniami kości podudzia i

zespołem ciasnoty, u których istnieje konieczność przeprowadzenia fasciotomii powinni być leczeni zespoleniem śródszpikowym. Stosując tą metodę zespolenia uzyskał zdecydowanie lepsze wyniki leczenia niż przy unieruchomieniu w opatrunku gipsowym czy stabilizacji zewnętrznej. Podobne poglądy reprezentuje autor powyższej pracy, zgodnie z którymi wszyscy chorzy leczeni byli za pomocą gwoźdźcia śródszpikowego. Dla potwierdzenia słuszności poglądu ocenie poddano zmianę w ilości objawów klinicznych oraz wartości ciśnienia po stabilizacji.

W grupie A ocenę zmiany liczby objawów klinicznych przeprowadziłem przed zabiegiem stabilizacji złamania oraz pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej (Rycina 28). W grupie B oceniłem zmianę wartości ciśnienia śródpowięziowego (ICP) oraz ciśnień perfuzji (PPr i PPś). Porównałem pomiary wykonane przed i po zabiegu oraz w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej. Zmiany wartości ciśnień przedstawiają ryciny 29-31.

Przeanalizowałem wpływ zabiegu operacyjnego na liczbę objawów klinicznych oraz średnie wartości ICP i PP. Podobne badanie prowadził McQueen i Court-Brown, oceniając wpływ stabilizacji śródszpikowej na wartość ciśnienia śródpowięziowego u 66 pacjentów ze złamaniem trzonu kości piszczelowej [51]; nie odnotowali oni wpływu leczenia operacyjnego na wartość ciśnienia i rozwój OZCPP.

W moim materiale nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w średniej liczbie objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i drugim. Średnia liczba objawów klinicznych w pierwszej dobie pooperacyjnej była mniejsza niż w badaniu przedoperacyjnym, jednak istotną statystycznie różnicę w ilości objawów klinicznych w stosunku do badania pierwszego uzyskano dopiero w drugiej dobie pooperacyjnej (Rycina 28). Tym samym w moim badaniu stwierdziłem wpływ zabiegu na zmniejszenie liczby objawów klinicznych w drugiej dobie pooperacyjnej. Odzwierciedla to statystycznie istotny spadek średniej liczby objawów klinicznych pomiędzy badaniem pierwszym i trzecim.

W przypadku bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego nie stwierdzono istotnej statystycznie zmiany wartości ICP pomiędzy badaniem pierwszym i drugim (Rycina 29). Wykazano co prawda tendencję wzrostową ICP, jednak nie jest to zmiana statystycznie

istotna. W kolejnych pomiarach wartość ICP spada, uzyskując statystycznie istotne zmniejszenie wartości w pomiarach drugim i czwartym oraz pierwszym i czwartym.

W przypadku ciśnień perfuzji PPr i PPŚ uzyskano podobne zależności w kolejnych pomiarach. Nie stwierdziłem istotnej statystycznie zmiany wartości PPr i PPŚ w kolejnym badaniu (pierwszy i drugim). Zauważyłem natomiast zwiększenie wartości PPr i PPŚ między badaniem pierwszym i trzecim, pierwszym i czwartym oraz drugim i czwartym.

Potwierdza to przyjęty przeze mnie pogląd, że zabieg stabilizacji złamania powoduje wzrost wartości ciśnienia perfuzji oraz spadek bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego w kolejnych dobach pooperacyjnych. Ostrożnej ocenie poleca się pomiar wykonany bezpośrednio po operacji. W moich badaniach nie wykazał on statystycznie istotnej zmiany wartości ciśnień.

V.6. Wpływ fasciotomii na zmianę liczby objawów klinicznych i wartość ciśnień.

Kolejnym ważnym problemem podjętym w dyskusji jest fasciotomia, która stanowi element leczenia OZCPP. Lagerstrom (15), lecząc 32 chorych z powodu ciasnoty przedziałów powięziowych, podaje, że fasciotomia wykonana do 16 godzin po urazie zmniejsza odsetek powikłań odległych. W przedstawionym materiale u 2 na 29 chorych cytowany autor stwierdza pooperacyjne powikłania mięśniowo-nerwowe w następstwie ciasnoty przedziałów powięziowych.

Mullett (16), analizując 17 chorych z OZCPP stabilizowanych rozwiercanym gwoździem śródszpikowym, wykazał istotny wpływ czasu pomiędzy pierwotną stabilizacją złamania, a fasciotomią na ostateczny wynik leczenia. Według Mulletta dobry wynik funkcjonalny uzyskali pacjenci z odbarczeniem wykonanym do 12 godzin. Odstęp czasowy pomiędzy stabilizacją złamania, a fasciotomią większy niż 24 godziny był jednoznaczny ze złym efektem końcowym leczenia. Podobne wyniki w swojej pracy zamieszcza Finkelstein (10). Autor opisał pięciu chorych z zamkniętym złamaniem kości podudzia i rozwiniętym zespołem ciasnoty śródpowięziowej. Fasciotomia wykonana po 35 godzinach od urazu spowodowała zgon w wyniku sepsy i niewydolności wielonarządowej, pozostali czterej chorzy wymagali amputacji kończyny.

Rozległość i sposób wykonania fasciotomii pozostają dyskusyjne. Fry (19) we wnioskach końcowych pracy przeglądowej przyznaje, że wielu powszechnie znanych i uznawanych ekspertów nie jest zgodnych co do rozpoznania OZCPP oraz metody i czasu odbarwienia ciasnoty.

Foong określa fasciotomię jako leczenie z wyboru w zespole ciasnoty śródpowięziowej, rekomendując technikę dwóch cięć [52]. Blaisdell stwierdza, że rola otwartej fasciotomii w leczeniu obrzęku tkanek powstałego w następstwie niedokrwienia jest wciąż słabo poznana [53]. Podkreśla, że otwarcie przedziałów powięziowych i ekspozycja martwych mięśniowych na bakterie i czynniki egzogenne zwiększa ryzyko utraty kończyny. Frykberg natomiast uważa, że wszystkie niekorzystne następstwa OZCPP wynikają z samego zespołu i nie są spowodowane fasciotomią odbarczającą [54]. Autor pracy technikę fasciotomii otwartej, opisaną w materiale i metodzie, stosuje jedynie w przypadku późnych fasciotomii lub w sytuacji, gdy wczesna podskórna fasciotomia jest niewystarczająca, a objawy OZCPP utrzymują się, czego przykładem byli chorzy z późną fasciotomią z grupy A (Ryc . 2). Naraża to chorego na dłuższą hospitalizację oraz kolejne zabiegi rekonstrukcyjne powstałego ubytku z koniecznością przeszczepów skórnych [60]. Efektem końcowym są płaszczynowe blizny skórne, co w przypadku kobiet nie jest bez znaczenia.

Z kolei Hak [55] w leczeniu złamań trzonu kości piszczelowej ze współistniejącą ciasnotą śródpowięziową zaleca stabilizację śródspikową bez rozwierania jamy szpikowej z równoczesną fasciotomią czteroprziedziałową z pojedynczego cięcia bocznego. Według cytowanego autora zapewnia to wzrost kostny z brakiem odległych skutków OZCPP.

Fasciotomia podskórna (półzamknięta) opisana przez Renemann [56] i rekomendowana przez Due [57] jako metoda z wyboru w leczeniu przewlekłego zespołu ciasnoty śródpowięziowej polega na podskórnym rozcięciu powięzi z małych nacięć skóry. Powyższa technika może być mało skuteczna w leczeniu OZCPP. Potwierdza to Illing w swojej pracy określając podskórne odbarwienie mięśni jako mało wystarczające [58]. Powyższe wątpliwości badań Cohen [59]. Oceniał goleń po przecięciu powięzi lecz z zachowaną ciągłością skóry. Dowodził, że ośmiocentymetrowe cięcie skóry w 9 przypadkach na 29 uwolnionych przedziałów spowodowało utrzymanie się wysokich wartości ciśnienia. W ośrodku autora fasciotomie wykonywane są zarówno metodą otwartą i półzamkniętą.

Fasciotomię półzamkniętą wykonuje się jako pierwszą, monitorując następnie obraz kliniczny oraz wartość ciśnienia śródpowięziowego. Wskazaniem do fasciotomii otwartej są utrzymujące się, pomimo przeprowadzonego podskórnego odbarczenia, objawy kliniczne oraz wysoka wartość ciśnienia śródpowięziowego uzyskane z pomiaru krwawego. W przypadku skrajnie wysokich wartości ciśnienia śródpowięziowego, jak również ostro zaznaczonych objawach ciasnoty pomija się etap fasciotomii podskórnej wykonując pierwotnie fasciotomię otwartą. Przyjmuje się, że OZCPP zawsze będzie wymagał zabiegu odbarczenia przedziałów powięziowych. Zgodnie z takim rozumowaniem późna fasciotomia, wykonana w kolejnych dobach po stabilizacji kości świadczy o nierozpoznanym zespole ciasnoty powięziowej [61]. Dążąc do uniknięcia groźnych powikłań odległych po złamaniu kości podudzia należy rozważyć zasadność rutynowego pomiaru ciśnienia u wszystkich pacjentów, a w przypadku PPr < 20 mmHg fasciotomie półzamknięte. W moim przekonaniu mniejszy to odsetek pełnoobjawowego zespołu ciasnoty, która często rozpoznawana jest zbyt późno oraz wymaga „późnej” rozległej fasciotomii.

Reverte, analizując 245 złamań trzonów kości podudzia powikłanych OZCPP leczonych otwartą fasciotomią podkreśla wysoki odsetek zrostów opóźnionych i braków zrostu złamania [62]. Uważa, że pacjent poddawany fasciotomii otwartej powinien zostać poinformowany o większym ryzyku braku zrostu (55%) w porównaniu ze złamaniem bez OZCPP (17,8%). W moim materiale wśród chorych poddanych podskórnej fasciotomii nie zaobserwowałem braku zrostu czy zrostu opóźnionego. W grupie chorych z ciśnieniem perfuzyjnym PPr < 20mmHg i wczesną półzamkniętą fasciotomią nie było chorych wymagających fasciotomii otwartych. Ze względu na małe grupy ocenionych chorych nie udało się przeprowadzić analizy statystycznej, jednak warty komentarza jest fakt, iż w grupie pacjentów z rutynowym pomiarem ciśnienia (grupa B) przeprowadzono trzy podskórne fasciotomie, pomimo wartości ciśnienia znacznie odbiegających od standardów zamieszczonych w literaturze [37, 39, 41]. Obserwacja pacjenta oraz kontrolne pomiary ciśnienia nie wykazały u żadnego z chorych rozwiniętego OZCPP oraz konieczności otwartej, późnej fasciotomii [Tabela 30]. Analizując całą grupę leczonych chorych (grupa A), należy podkreślić, że pacjenci z grupy C nie mieli rutynowego oznaczenia ciśnienia. Pomiar wykonywano w momencie wystąpienia klinicznych objawów ciasnoty przedziałów powięziowych i był on konieczny do uzasadnienia fasciotomii. Chcę podkreślić, że zawsze

pierwotnie wykonywano fasciotomię półzamkniętą. Dopiero w przypadku braku poprawy klinicznej zamieniano ją na fasciotomię otwartą. Spośród czterech pacjentów z OZCPP, u których nie wykonano pomiaru ICP, aż trzech wymagało fasciotomii otwartej. Zatem moje badania nie w pełni pokrywają się z obserwacjami Illing'a oraz Cohen'a [58, 59]. Uważam, że fasciotomia podskórna jest skuteczną i wystarczającą metodą w leczeniu OZCPP. Należy ją wykonać odpowiednio wcześnie w oparciu o graniczną wartości ciśnienia perfuzyjnego PPr < 20mmHg. Brak rutynowego pomiaru ciśnienia naraża chorych na rozległe, otwarte fasciotomie, czego przykładem byli chorzy grupy C. U tych chorych wykonano cztery fasciotomie podskórne i aż trzy z nich wymagały konwersji zabiegu do otwartego uwolnienia przedziałów.

W celu oceny wpływu fasciotomii na zmianę liczby objawów klinicznych oraz wartości ICP, PPr i PPś porównano powyższe parametry u chorych z fasciotomią (grupa D) i bez fasciotomii (grupa E), (Rycina 32-35).

W obrębie obu grup chorych, z fasciotomią i bez fasciotomii, stwierdzono zmniejszenie liczby objawów klinicznych, w tym samym okresie po zabiegu, a więc w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej (Rycina 32). Jednak chorzy z fasciotomią w badaniu pierwszym i drugim mieli istotnie statystycznie większą liczbę objawów niż chorzy bez fasciotomii. Różnice te zatarły się zupełnie w drugiej dobie po zabiegu, a liczba objawów klinicznych w obu grupach była zbliżona. Tym samym wykazano wpływ fasciotomii na zmniejszenie objawów klinicznych.

Oceniając wartości ciśnienia śródpowięziowego ICP wewnątrz grup stwierdzono istotne statystycznie zmniejszenie ich wartości pomiędzy badaniem pierwszym i czwartym jedynie w grupie z fasciotomią (rycina 33). W obrębie grupy chorych bez fasciotomii bezpośrednio po zabiegu stabilizacji złamania stwierdzono chwilowy, statystycznie nieistotny, wzrost wartości ICP, która w kolejnych pomiarach uległa obniżeniu. Porównanie międzygrupowe wykazało istotne statystycznie większą wartość ICP w grupie chorych z fasciotomią jedynie w badaniu pierwszym oraz nieistotną statystycznie różnicę wartości ICP pomiędzy grupami w kolejnych pomiarach. Tym samym fasciotomia zmniejszyła bezwzględną wartość ICP osiągając w badaniach drugim, trzecim i czwartym wartości zbliżone do ciśnień chorych bez fasciotomii.

W przypadku ciśnień perfuzji PPr i PPś stwierdzono analogiczne zależności (Rycina 34 i 35). Wykazano wzrost wartości ciśnienia perfuzji w kolejnych pomiarach, zarówno w grupie z fasciotomią oraz bez fasciotomii. Stwierdzono ponadto mniejszą wartość ciśnienia perfuzji jedynie w badaniu pierwszym, kolejne pomiary wykazały zbliżone wartości ciśnień w obu grupach. W obrębie grupy chorych bez fasciotomii bezpośrednio po zabiegu stabilizacji złamania stwierdzono chwilowy nieistotny statystycznie spadek wartości ciśnień perfuzji, które w kolejnych pomiarach uległy wzrostowi. Natomiast wśród chorych z fasciotomią stopniowy wzrost PPr i PPś stwierdzono już w drugim, pooperacyjnym pomiarze. Powyższa analiza wykazała wpływ fasciotomii na obniżenie wartości ICP oraz wzrost wartości PPr i PPś. Wartość wzrostu ciśnień uzyskała istotność statystyczną w pierwszej i drugiej dobie po zabiegu stabilizacji złamania połączonej z fasciotomią półzamkniętą.

V.7. Czynniki ryzyka OZCPP

W obrębie całej grupy badanej (grupa A) przeanalizowano poszczególne parametry oceniając ich wpływ na częstość występowania OZCPP (Tabela 33). SangDo Park w swojej pracy [63] zbadał 173 przypadki złamań trzonów kości piszczelowej pod kątem częstości występowania OZCPP, biorąc pod uwagę wiek, płeć, mechanizm urazu, współwystępowanie innych złamań oraz złamania strzałki, typ złamania z uwzględnieniem jego otwarcia. W swoim badaniu stwierdził istotną statystycznie różnicę jedynie w przypadku wieku pacjenta i lokalizacji złamania. Jako najbardziej zagrożonego OZCPP określając pacjenta ze złamaniem w obrębie trzonu kości piszczelowej. Z kolei McQueen w grupie 164 pacjentów z ostrym zespołem ciasnoty powięziowej stwierdził większą częstość występowania tego powikłania u mężczyzn poniżej 35 roku życia [64].

W mojej grupie chorych analiza wykazała istotną statystycznie korelację jedynie w mechanizmie urazu. Uraz bezpośredni skutkował statystycznie istotnym zwiększeniem występowania OZCPP. Dłuższy czas hospitalizacji interpretować należy raczej jako skutek nie przyczynę OZCPP. W przypadku pacjentów poddanych odbarczającej fasciotomii pobyt w oddziale w naturalny sposób ulega wydłużeniu z powodu wieloetapowego leczenia, otwartej fasciotomii lub wydłużonego okresu obserwacji pooperacyjnej w przypadku fasciotomii półzamkniętej. Parametry, takie jak wiek, płeć, typ złamania, czas od urazu do leczenia

operacyjnego, czy współwystępowanie złamania strzałki okazały się statystycznie nieistotne. W moim materiale nie znalazłem potwierdzenia modelowego pacjenta z predyspozycją do wystąpienia ciasnoty śródpowięziowej, którym byłby młody, dobrze umięśniony mężczyzna ze złamaniem obu kości podudzia w mechanizmie urazu bezpośredniego [41, 63].

VI. Wnioski

- 1) Nie stwierdzono korelacji pomiędzy liczbą objawów klinicznych a ciśnieniem śródpowięziowym (ICP).
- 2) Ciśnienie perfuzyjne PPr < 20mmHg wskazuje na konieczność wykonania fasciotomii, pomimo małej liczby objawów klinicznych.
- 3) Chirurgiczna stabilizacja złamania kości podudzia zmniejsza liczbę objawów klinicznych, wpływa na istotne statystycznie zmniejszenie wartości ICP oraz wzrost ciśnień PP, co wykazano w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej.
- 4) Wykazano istotny statystycznie wpływ fasciotomii półzamkniętej na zmniejszenie liczby objawów klinicznych, wzrost wartości ciśnienia perfuzyjnego PPr i PPś oraz obniżenie bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego.
- 5) Wśród określonych czynników ryzyka jedynie mechanizm urazu miał istotny statystycznie wpływ na występowanie OZCPP.

VII. Streszczenie

Założenia i cel pracy:

Ocena zależności objawów klinicznych od wartości ciśnienia śródpowięziowego w złamaniach kości podudzia. Ocena wpływu leczenia operacyjnego i fasciotomii na zmianę ciśnienia śródpowięziowego i zniesienie objawów klinicznych OZCPP. Określenie czynników ryzyka ciasnoty śródpowięziowej u chorych po złamaniu kości podudzia

Materiał i metodyka pracy:

Przebadano 46 pacjentów ze złamaniem kości podudzia. Do oceny przedmiotowej posłużono się kartą badania uwzględniającą kliniczne objawy OZCPP. U 19 chorych dodatkowo wykonano rutynowy pomiar ciśnienia śródpowięziowego. Badanie przeprowadzono przed i po zabiegu stabilizacji złamania jak również w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej. Uzyskana z pomiarów wartość ICP została użyta do wyznaczenia PP. Wartości ciśnienia porównano z liczbą objawów klinicznych oraz wykonaną fasciotomią.

Wyniki:

Nie stwierdzono korelacji między wartościami ICP i PP a średnią liczbą objawów klinicznych. Wartość ICP > 45mmHg, PPr < 30mmHg i PPś < 30mmHg nie skutkowała rozwojem OZCPP. Rutynowy pomiar ICP wpłynął na zmniejszenie liczby objawów klinicznych u tych chorych w kolejnych badaniach ($p=0,0001$, $p=0,0003$). Wykazano wzrost wartości PPr w grupie chorych z rutynowym pomiarem ICP oraz fasciotomią wykonaną w oparciu o PPr poniżej 20mmHg ($p=0,041$). Dla ciśnienia perfuzji PPr istotne statystycznie zmiany wartości PPr uzyskano w kombinacji pomiarów pierwszego i trzeciego ($p=0,0153$) oraz pierwszego i czwartego ($p=0,0001$). Zabieg stabilizacji złamania wpłynął na zmniejszenie liczby objawów klinicznych ($p=0,0001$), spadek wartości ICP w drugiej dobie pooperacyjnej ($p=0,015$), wzrost wartości PPr i PPś w pierwszej dobie pooperacyjnej ($p=0,002$, $p=0,016$). Stwierdzono wpływ fasciotomii na zmniejszenie liczby objawów klinicznych, zmniejszenie wartości ICP ($p=0,005$), zwiększenie wartości PPr ($p=0,0004$) i PPś ($p=0,0009$) w drugiej dobie pooperacyjnej. Występowaniem OZCPP w naszej grupie koreluje jedynie z mechanizmem urazu ($p=0,0001$).

Wnioski:

Nie stwierdzono korelacji pomiędzy liczbą objawów klinicznych a ciśnieniem śródpowięziowym (ICP). Ciśnienie perfuzyjne PPr < 20mmHg wskazuje na konieczność wykonania fasciotomii, pomimo małej liczby objawów klinicznych. Chirurgiczna stabilizacja złamania kości podudzia zmniejsza liczbę objawów klinicznych, wpływa na istotne statystycznie zmniejszenie wartości ICP oraz wzrost ciśnień PP, co wykazano w pierwszej i drugiej dobie pooperacyjnej. Wykazano istotny statystycznie wpływ fasciotomii półzamkniętej na zmniejszenie liczby objawów klinicznych, wzrost wartości ciśnienia perfuzyjnego PPr i PPś oraz obniżenie bezwzględnej wartości ciśnienia śródpowięziowego. Wśród określonych czynników ryzyka jedynie mechanizm urazu miał istotny statystycznie wpływ na występowanie OZCPP.

VIII. Summary

Changes in the intracompartmental pressure after intramedullary stabilization of the tibia fracture and the compartment syndrome threat

Aim of the study:

Assesment of the dependence of the clinical symptoms on the value of intracompartmental pressure in the fractures of lower leg bones. Assesment of the influence of the surgical treatment and fasciotomy on the value of ICP and the number of clinical symptoms of the ACS. Distinction of risk factors for the compartment syndrome in the group studied.

Materials and Methods:

The group of 46 patients with diagnosed lower leg fracture was examined. All patients were examined clinically in accordance with the examination sheet. The value of ICP was additionally measured in 19 patients. The patients were examined on the day of hospital admission, after the bone fixation procedure, and in their second and third day on the ward. The absolute value of the ICP, obtained during the measurement, was used to determine the PP value. Pressure values were compared with the number of clinical symptoms and performed fasciotomies.

Results:

The statistical analysis did not show a significant correlation between the absolute value of ICP and PP, and the average number of clinical symptoms. The value of ICP > 45mmHg, PPd < 30mmHg and PPav < 30mmHg did not result in ACS. Routine measurement revealed a lower number of clinical symptoms in these patients ($p=0,0001$, $p=0,0003$). The increase of the PPd value in patients with routine measurement and accompanying fasciotomy performed with the PPd < 20mmHg was revealed ($p=0,041$). A statistically significant correlation was established for PPd in measurement combinations: first and third ($p=0,0153$), first and fourth ($p=0,0001$). The surgical stabilization of the fracture reduced the number of clinical symptoms ($p=0,0001$), reduced the ICP value on the second day after the procedure ($p=0,015$) and increased the PPd and PPav value on the first day after the procedure

($p=0,002$, $p=0,016$). Fasciotomy reduced the number of clinical symptoms, reduced the ICP value ($p=0,005$) and increased both the PPd ($p=0,0040$) and the PPav ($p=0,0009$) values on the second day after the procedure. The analysis in our group showed a statistically significant correlation only between the occurrence of compartment syndrome and the mechanism of trauma ($p=0,0001$).

Conclusions:

No statistically significant correlation between the number of clinical symptoms and the value of ICP has been confirmed. The value of PPd below 20mmHg is a good indicator for fasciotomy despite a low number of clinical symptoms. The surgical stabilization of the fracture reduces the number of clinical symptoms, reduces the ICP value and increases the PPd and PPav values on the first and second day after the procedure. Fasciotomy reduces the number of clinical symptoms and the ICP value and increases both the PPd and the PPav values. The analysis in our group showed a correlation only between the occurrence of compartment syndrome and the mechanism of trauma.

IX. Piśmiennictwo

1. Mubarak SJ, Hargens AR: Compartment syndromes and Volkmann's contracture. Sander's monographs in clinical orthopaedics, vol 3, Philadelphia, 1981, Sanders
2. Frink M, Klaus AK, Kuther G, Long term results of compartment syndrome of the lower limb in polytraumatised patients. *Injury* 2007; ; 38:607-13
3. Sadasivan KK, Carden DL, Moore MB, Korthuis RJ, Neutrophil mediated microvascular injury in acute, experimental compartment syndrome. *Clin Orthop Relat Res* 1997:206-15.
4. Shulter MS, Reisman WM, Cole AL, Whitesides Jr TE, Moore TJ, Near-infrared spectroscopy in acute compartment syndrome: case report. *Injury* 2011;
5. Clayton JM, Hayes AC, Barnes RW. Tissue pressure and perfusion in the compartment syndrome. *J Surg Res.* Apr 1977; 22(4):333-339.
6. Hargens AR, Schmidt DA, Evans KL, et al: Quantitation of skeletal-muscle necrosis in a model compartment syndrome, *J Bone Joint Surg Am* 1981; 63:631-636.
7. Heckman MM, Whitesides TE, Grewe SR, et al: Histologic determination of the ischemic threshold of muscle in the canine compartment syndrome model, *J Orthop Trauma* 1993; 7:199-210.
8. Whitesides TE, Heckman MM. Acute Compartment Syndrome: Update on Diagnosis and Treatment *J Am Acad Orthop Surg.* 1996 Jul; 4(4):209-218.
9. Boweyer MW, *Compartment Syndrome of the Extremities. Penetrating Trauma* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012
10. Finkelstein JA, Hunter GA, Hu RW Lower limb compartment syndrome: course after delayed fasciotomy. *J Trauma.* 1996 Mar; 40(3):342-344.
11. Heemskerk J, Kitslaar P, Acute compartment syndrome of the lower leg:retrospective study on prevalence, technique, and outcome of fasciotomies. *World J Surg* 2003;27:744-7.
12. Pearse MF, Harry L, Nanchahal J, Acute compartment syndrome of the leg. *BMJ*

2002;325:557-8.

13. Tzioupis Ch, Cox G, Giannoudis P, Acute compartment syndrome of the lowe extremity: an update. *Orthopaedics and Trauma* 2009;

14. Hessmann MH, Ingelfinger P, Rommens PM, Compartment Syndrome of the Lower Extremity. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2007;33:589-99

15. Lagerstrom CF, Reed RL 2nd, Rowlands BJ, Fischer RP. Early fasciotomy for acute clinically evident posttraumatic compartment syndrome. *Am J Surg.* 1989 Jul; 158(1):36-39.

16. Mullett H, Al-Abed K, Prasad CVR, O'Sullivan M, Outcome of compartment syndrome following intramedullary nailing of tibial diaphyseal fractures. *Injury* 2001; 32:411-413.

17. Olson SA, Glasgow RR, Acute compartment syndrome in lower extremity musculoskeletal trauma. *J Am Acad Orthop Surg* 2005;13:436-44

18. Williams AB, Luchette FA, Papaconstantinou HT, Lim E, Hurst JM, Johannigman JA, Davis K Jr, The effect of early versus late fasciotomy in the management of extremity trauma. *Surgery* 1997;122:861-6.

19. Fry WR, Wade MD, Smith RS. Extremity compartment syndrome and fasciotomy: a literature review. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2013; 39:561-567.

20. Jensen SL, Sandermann J, Compartment syndrome and fasciotomy in vascular surgery. A review of 57 cases. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1997; 13: 48-53

21. Giannoudis PV, Harwood PJ, Kontakis G, Long –term quality of life in trauma patients following the full spectrum of tibial injury (fasciotomy, closed fracture, grade IIIB/IIIC open facture and amputation). *Injury* 2009; 40: 213-9.

22. Singh S, Trikha SP, Lewis J. Acute Compartment Syndrome. *Current Orthopaedics* 2004;18:468-476

23. H.M.J. Janzing *, P.L.O. Broos Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: beware of overtreatment! *Injury, Int. J. Care Injured* 32 (2001): 415–421.

24. Mars M, Hadley GP. Raised compartment pressure in children: a basis for management. *Injury* 1998;29:183-5
25. Timothy O. White, BMedSci, AFRCs, Glyn E. D. Howell, FRCS, Elizabeth M. Will, MCSP, Charles M. Court-Brown, MD, FRCS, and Margaret M. McQueen, MD, FRCS Elevated Intramuscular Compartment Pressures Do Not Influence Outcome after Tibial Fracture *J Trauma*. 2003; 55:1133–1138
26. Robert V. O’Toole, MD, Augusta Whitney, BA, Nishant Merchant, BS, Emily Hui, MPH, Jennifer Higgins, MS, Terrence T. Kim, MD, and Carlos Sagebien, MD Variation in Diagnosis of Compartment Syndrome by Surgeons Treating Tibial Shaft Fractures *The Journal of Trauma Injury, Infection, and Critical Care* • Volume 67, Number 4, 2009.
27. Acklin YP, Potocnik P, Sommer C, Compartment syndrome in dislocation and non-dislocation type proximal tibia fractures: analysis of 356 consecutive cases. *Arch Trauma Surg* 2012; 132;227-231.
28. McQueen MM, Gaston P, Court-Brown, CM: Acute compartment syndrome: who is at risk? *J Bone Joint Surg Br* 2000; 82:200-203.
29. Gershuni DH, Mubarak SJ, Yaru NC, Lee YF Fracture of the tibia complicated by acute compartment syndrome. *Clin Orthop Relat Res* 1987 Apr; (217):221-227.
30. Iqbal HJ, Pidikiti P. Treatment of distal tibia metaphyseal fractures; plating versus intramedullary nailing: a systematic review of recent evidence. *Foot Ankle Surg*. 2013 Sep; 19(3):143-147.
31. Tornetta P, French BG, Compartment pressures during non-reamed tibial nailing without traction *J Orthop trauma* 1997; 11:24-7
32. Mawhinney IN, Maginn P, McCoy GF, Tibial compartment syndromes after tibial nailing. *J Orthop Trauma* 1994;8:212-4.
33. Mawhinney P, Maginn P, McCoy F, Tibial Compartment Syndromes After Tibial Nailing *Journal of Orthopaedic Trauma* vol. 8. No 3 1994; 212-214.

34. Szczeklik A, Gajewski P, Augustynowicz-Kopec: Interna Szczeklika: Podręcznik chorób wewnętrznych 2012. Kraków: Medycyna praktyczna 2012 ISBN
35. Prusiński A., Neurologia praktyczna. PZWL, Warszawa 2001.
36. Boody AR, Wongworawat MD, Accuracy in the measurement of compartment pressures: a comparison of three commonly used devices, J Bone Joint Surg Am. 2005;87(11):2415-22.
37. H.M.J. Janzing *, P.L.O. Broos Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: beware of overtreatment! Injury, Int. J. Care Injured 32 (2001): 415–421.
38. Whitesides TEJ, Haney TC, Morimoto K, et al. Tissue pressure measurements as a determinant for the need of fasciotomy. Clin Orthop. 1975; 113:43.
39. Todd Ulmer. The Clinical Diagnosis of Compartment Syndrome of the Lower Leg: Are Clinical Findings Predictive of the Disorder? Journal of Orthopaedic Trauma 2002; Vol. 16 No. 8: 572–577.
40. Michael J. Prayson, MD, James L. Chen, MPH, Douglas Hampers, MD, Molly Vogt, PhD, James Fenwick, MD, and Richard Meredith, MD Baseline Compartment Pressure Measurements in Isolated Lower Extremity Fractures without Clinical Compartment Syndrome J Trauma. 2006; 60:1037–1040.
41. McQueen MM, Christie J, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome in tibial diaphyseal fractures. J Bone Joint Surg [Br] 1996; 78:95 – 98.
42. Heckman, Michael M.; Whitesides, Thomas E. Jr.; Grewe, Scott R.; Rooks, Michael D. Compartment Pressure in Association with Closed Tibial Fractures. The Relationship between Tissue Pressure, Compartment, and the Distance from the Site of the Fracture. J Bone Joint Surg Am. 1994 Sep; 76(9):1285-92.
43. Stanisław A., Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA na przykładach z medycyny, tom II, StatSoft Polska, Kraków 2000; 408.
44. Shadgan B, Menon M, Sanders D, Berry G, Martin C Jr, Duffy P, Stephen D, O'Brien PJ.

Current thinking about acute compartment syndrome of the lower extremity. Canadian Journal of Surgery. 2010;53(5):329- 34.

45. Bourne RB, Rorabeck CH, Compartment syndromes of the lower leg. Clin Orthop Relat Res 1989: 97-104.

46. Babak Shadgan, Matthew Menon, Peter J. O'Brien, W. Darlene Reid, Diagnostic Techniques in Acute Compartment Syndrome of the Leg J Orthop Trauma _ Volume 22, Number 8, September 2008

47. Shulter FD, Dietz MJ, Physicians ability to manually detect isolated elevations in leg intracompartmental pressure J Bone Joint Surg Am. 2010;92(2):361-7.

48. Ovre S, Hvaal K, Holm I, Stromsoe K, Nordsletten L, Skjedal S, Compartment pressure in nailed tibial fractures: a treshold of 30mmHg for decompression gives 29% fasciotomies. Arch Orthop Trauma Surg 1998; 118:29-31.

49. Terry Canale S, Beaty James,,: Campbell's Operative Orthopaedics Eleventh Edition: Elsevier; 2008.

50. McQueen MM, Court-Brown CM. Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. J Bone Joint Surg [Br] 1996; 78:99 –104.

51. McQueen MM, Christie J, Court-Brown CM. Compartment pressures after intramedullary nailing of the tibia. J Bone Joint Surg Br 1990; 72:395–397.

52. Deborah Pek Suan Foong*, Rajive Mathew Jose, Steven Jeffery, Oliver Garth Titley Fasciotomy: A call for proper placement. The Surgeon 2011; 249-254.

53. Blaisdell FW, Is there a reason for controversy regarding fasciotomy? J Vasc Surg. 1989;9(6):828

54. Frykberg ER, Commentary on „Compartment Syndrome in the setting of vascular injury” Perspect Vasc Surg Endovasc Ther. 2011;23(2):125-7

55. Hak J.D, Johnson E.E, The Use of the Unreamed Nail in Tibial Fractures with Concomitat

Preoperative or Intraoperative Elevated Compartment Pressure or Compartment Syndrome, Journal of Orthopaedic Trauma vol.8, No 3 1994; 203-211.

56. Renemann RS, Wieberdink J. A new technique for blind (subcutaneous) fasciotomy of the anterior compartment of the leg. Arch Chir Neerl 1970; 22:39-41

57. Due J.Jr., Nordstrand K. A Simple technique for Subcutaneous fasciotomy Acta Chir. Scand 1987; 153:521-522.

58. Illing KA, Ouriel K, DeWeese JA, Shortell CK, Green RM. A condemnation of subcutaneous fasciotomy. Mil Med 1998;163(11):794-796.

59. Cohen MS, Garfin SR, Hargens AR, Mubarak SJ. Acute compartment syndrome. Effect of dermatomy on fascial decompression in the leg. J Bone Joint Surg Br 1991 Mar;73(2):287-290.

60. Giannoudis PV, Nicolopoulos C, Dinopoulos H, Ng A, Adedapo S, Kind P, The impact of lower leg compartment syndrome on health related quality of life. Injury. 2002;33:117-21.

61. Ritenour AE, Dorlac WC, Fang R, Woods T, Jenkins DH, Flaherty SF, Wade CE, Holcomb JB, Complications after fasciotomy revision and delayed compartment release in combat patients. J Trauma 2008;64(2 Suppl):S153-62.

62. Reverte MM, Dimitriou R, Kanakaris KN, Giannoudis PV, What is the effect of compartment syndrome and fasciotomies on fracture healing in tibial fractures? Injury 2011;1402-1407

63. SangDo Park, Jaimo Ahn, Albert O. Gee, MD, Andrew F. Kuntz, MD, and John L. Esterhai, Compartment Syndrome in Tibial Fractures J Orthop Trauma 2009; 23:514–518.

64. McQueen MM, Gaston P, Court-Brown, CM: Acute compartment syndrome: who is at risk? J Bone Joint Surg Br 2000; 82:200-203.

X. Załącznik nr 1. KARTA BADANIA

Imię i Nazwisko:	Data:
Adres:	
Pesel:	
Wiek:	Płeć:
Data i godzina urazu:	
Mechanizm urazu:	
Leczenie przeciwbólowe:	
Heparyna drobnocząsteczkowa:	
Zabieg operacyjny:	
Data i godzina zabiegu:	
Czas od urazu (godziny):	
Typ zabiegu operacyjnego:	
ORIF (otwarta repozycja stabilizacja wewnętrzna)	
CRIF (zamknięta repozycja stabilizacja wewnętrzna)	
Stabilizacja strzałki:	
Fasciotomia podskórna:	
Fasciotomia otwarta:	
Typ znieczulenia:	
Ogólne:	Przewodowe:
Uwagi:	
Otwarte złamanie Ist. wg Gustillo:	
Czas hospitalizacji (liczba dni):	

POMIAR CIŚNIENIA ŚRÓDPOWIĘZIOWEGO:

Pomiar	Przedział	RR mmHg	Wartość CŚP	Różnica rozk./CŚP
1	Przedni			
2	Przedni			
3	Przedni			
4	przedni			

BADANIE KLINICZNE:

Data:		
Ból niewspółmierny z urazem (bn-u)	TAK	NIE
Brak poprawy podczas elewacji kończyny (bp-ek)	TAK	NIE
Wrażenie rozpierania w obrębie goleni (wr-g)	TAK	NIE
Palpacyjna bolesność przedziału mięśniowego:		
Przedni (pal-p)	TAK	NIE
Boczny (pal-b)	TAK	NIE
Tylne (pal-t)	TAK	NIE
Nasilenie bólu związane z biernym ruchem zajętych mięśni:		
Zgięcie podeszwowe (przedni) (nas-p)	TAK	NIE
Zgięcie grzbietowe (tylny powierzchowny) (nas-tp)	TAK	NIE
Prostowanie palców (tylny głęboki) (nas-tg)	TAK	NIE
Odwracanie (nas-b)	TAK	NIE
Oslabienie siły mięśniowej (osm)	TAK	NIE
Zaburzenia czucia (zcz)	TAK	NIE
Brak tętna na tętnicy grzbietowej stopy	TAK	NIE
Brak tętna na tętnicy piszczelowej tylnej	TAK	NIE