第４回
阻血性四肢外傷の戦略会議

担当： 森井　北斗

・今までの成績と文献の比較

・過去の症例からの
問題点抽出

・改善策と進歩

・新しい戦略レジュメ

・Next Step

- 2016年８月以来の第4回

今までの症例の成績と文献の比較

上肢：切断/不全切断の再接着例の救肢率

Problem

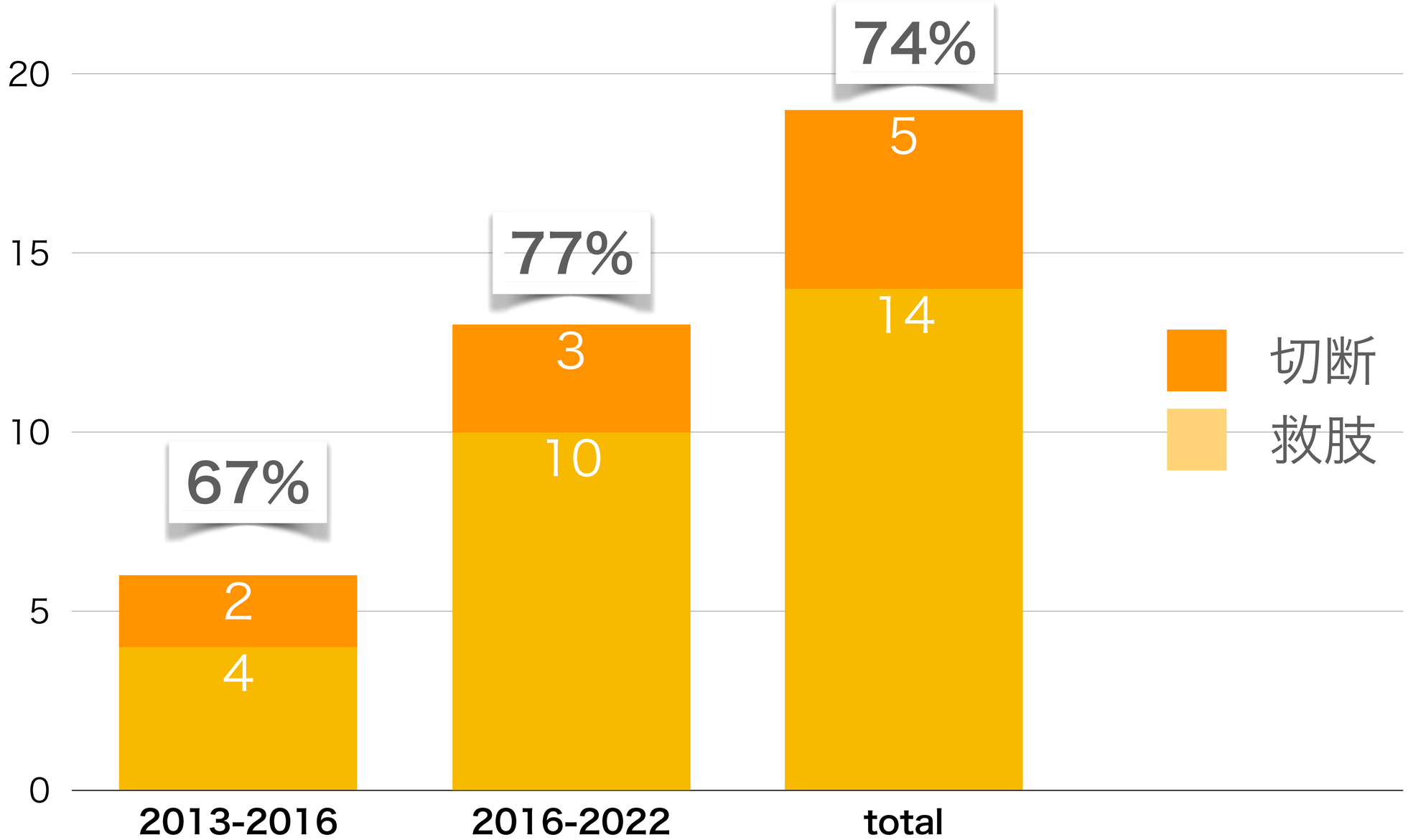
症例数が少ない, 切断の定義が曖昧, 切断レベルの差, 救肢の定義

概ね・・・

60 ～ 90%

Laing TA :2012, Battiston B : 2007, Waikakul : 1998, Hierner 2005
Chung KC: 2002, Wang : 1981, Tamai: 1982, Larson JV:2013

当院の上肢：GⅢC再接着例救肢率



下肢GⅢC の救肢率

Problem

症例数が少ない, G3Cの定義が曖昧，損傷レベルの差，救肢判断時期

22%

Lange RH　J trauma　1985

60%

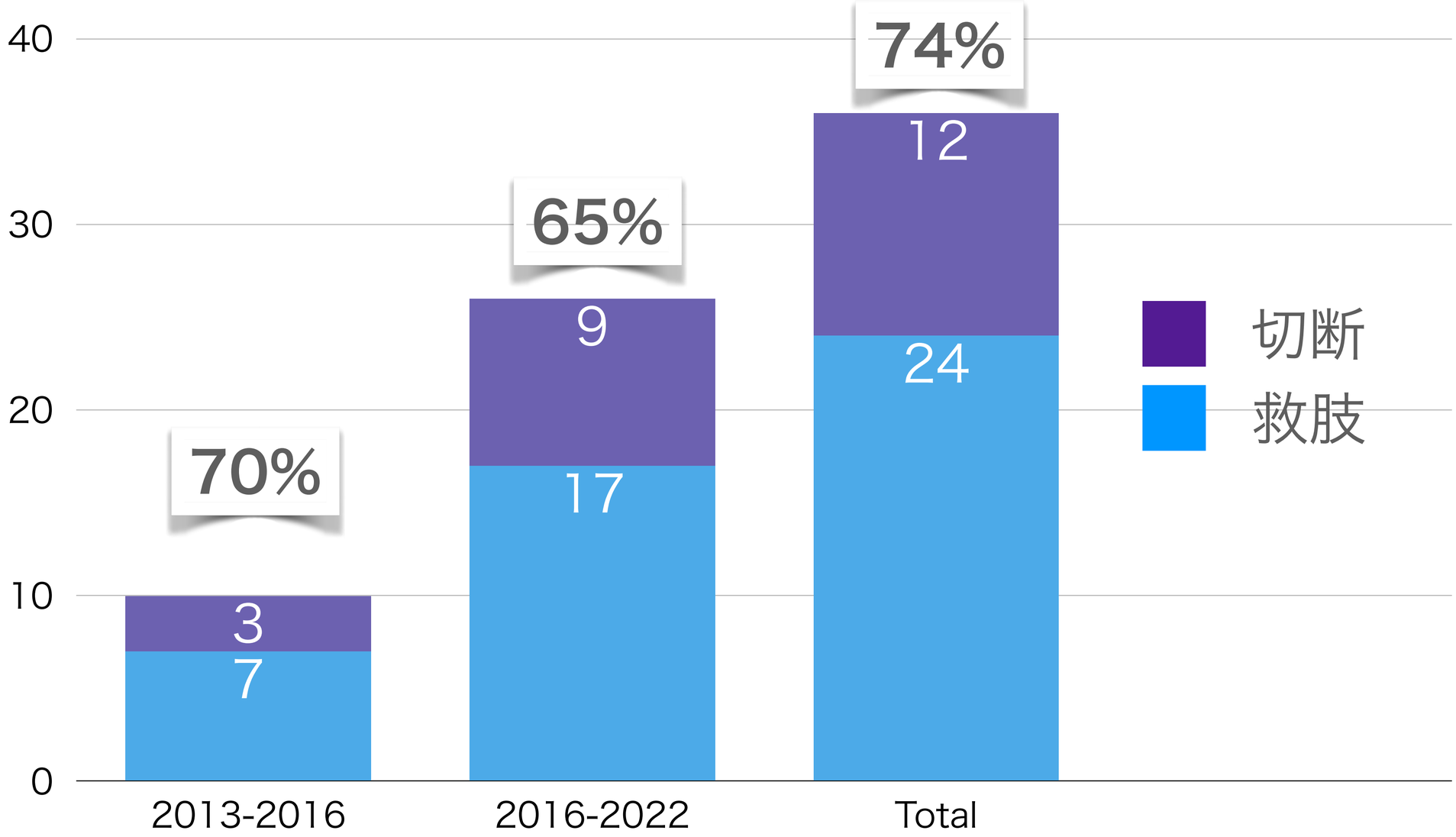
O'Sullivan ST　Injury 1997

62 ～84%

Arnež ZM, 2017　　Soni A, 2012

Young K, 2019

当院の下肢GⅢC の救肢率



・大きな進歩は見られない？

・適応が広がったため？

・ 概ね世界標準?

”Kaizen”
が必要

症例からの問題点抽出

2020 日本骨折治療学会

完全阻血を呈した下肢G3C開放骨折に対するTemporary Vascular Shuntの問題点

埼玉医大総合医療センター　高度救命救急センター
○**森井　北斗**　芝山　浩樹　井口　浩一　福島　憲治
大饗　和憲　八幡　直志　田　翔太　佐藤　直人

対象

- 2009 年2月 ～2018年 10月
  当院に搬送された下肢GⅢC開放骨折(脱臼）

- 診療録，画像検査で完全阻血と判断した

13例

年齢/性	部位	覚知～TVS(分)	覚知～血行再建（分）	切断/救肢
69 M	膝窩		450	切断
35 M	膝窩		660	切断
40 M	大腿中央		310	救肢
27 M	膝窩		600	切断
16 F	下腿遠位	407	754	救肢
46 M	下腿中央	399	753	切断
51 M	下腿遠位		561	切断
22 M	大腿中央	154	516	救肢
65 M	下腿遠位	334	523	救肢
34 M	大腿中央	415	859	切断
30 M	大腿遠位	124	769	切断
79 M	膝窩	207	761	切断
39 F	膝窩	241	558	切断

阻血時間：～5時間　5～7時間　7時間～

9/13例 切断

成績不良

年齢/性	部位	覚知～TVS(分)	覚知～血行再建（分）	切断/救肢
69 M	膝窩		450	切断
35 M	膝窩		660	切断
40 M	大腿中央		310	救肢
27 M	膝窩			切断
[illegible] F	下腿遠位	407		救肢
46 M	下腿中央	399		切断
51 M	下腿遠			切断
22 M	大腿中央	154	516	救肢
65 M	下腿			救肢
34 M	大腿			切断
30 M	大腿			切断
79 M	膝			切断
39 F	膝窩	241	558	切断

阻血時間：～5時間　5～7時間　7時間～

TVS 例

5/8 が 切断

有効性？

年齢/性	部位	覚知～TVS(分)	覚知～TVS(分)	切断/救肢
69 M	膝窩			切断
35 M	[illegible]			切断
40 M	大腿中央			救肢
27 M	膝窩			切断
16 F	下腿遠位	407	407	救肢
46 M	下腿中央	[illegible]	399	切断
51 M	下腿遠位			切断
22 M	大腿中央	154	154	救肢
65 [illegible]	[illegible]	[illegible]	334	救肢
34 [illegible]	[illegible]	[illegible]	415	切断
35 [illegible]	[illegible]	[illegible]	124	切断
79 [illegible]	[illegible]	[illegible]	207	切断
39 F	膝窩	241	241	切断

阻血時間：～5時間　5～7時間　7時間～

血行再建が遅い

年齢/性	部位	覚知～TVS(分)	覚知～血行再建（分）	切断/救肢
69 M	膝窩		450	切断
35 M	膝窩		660	切断
4			310	救肢
2			600	切断
			754	救肢
4			753	切断
5			561	切断
2			516	救肢
6			523	救肢
3			859	切断
30 M	大腿遠位	124	769	切断
79 M	膝窩	207	761	切断
39 F	膝窩	241	558	切断

阻血時間：～5時間　5～7時間　7時間～

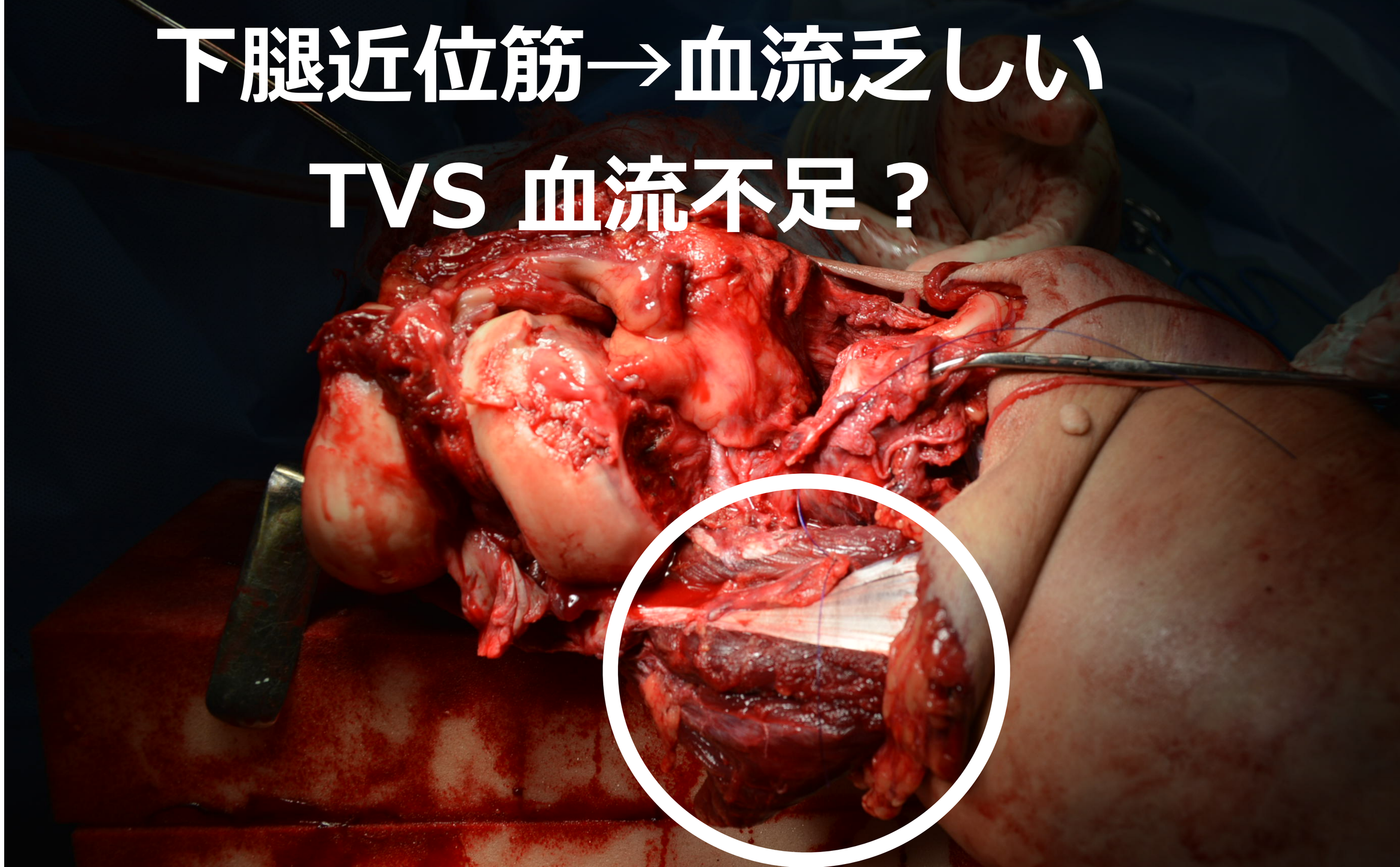
80歳　男性　DM

耕運機

右開放性膝脱臼骨折
Capillary Refilling Time 10s

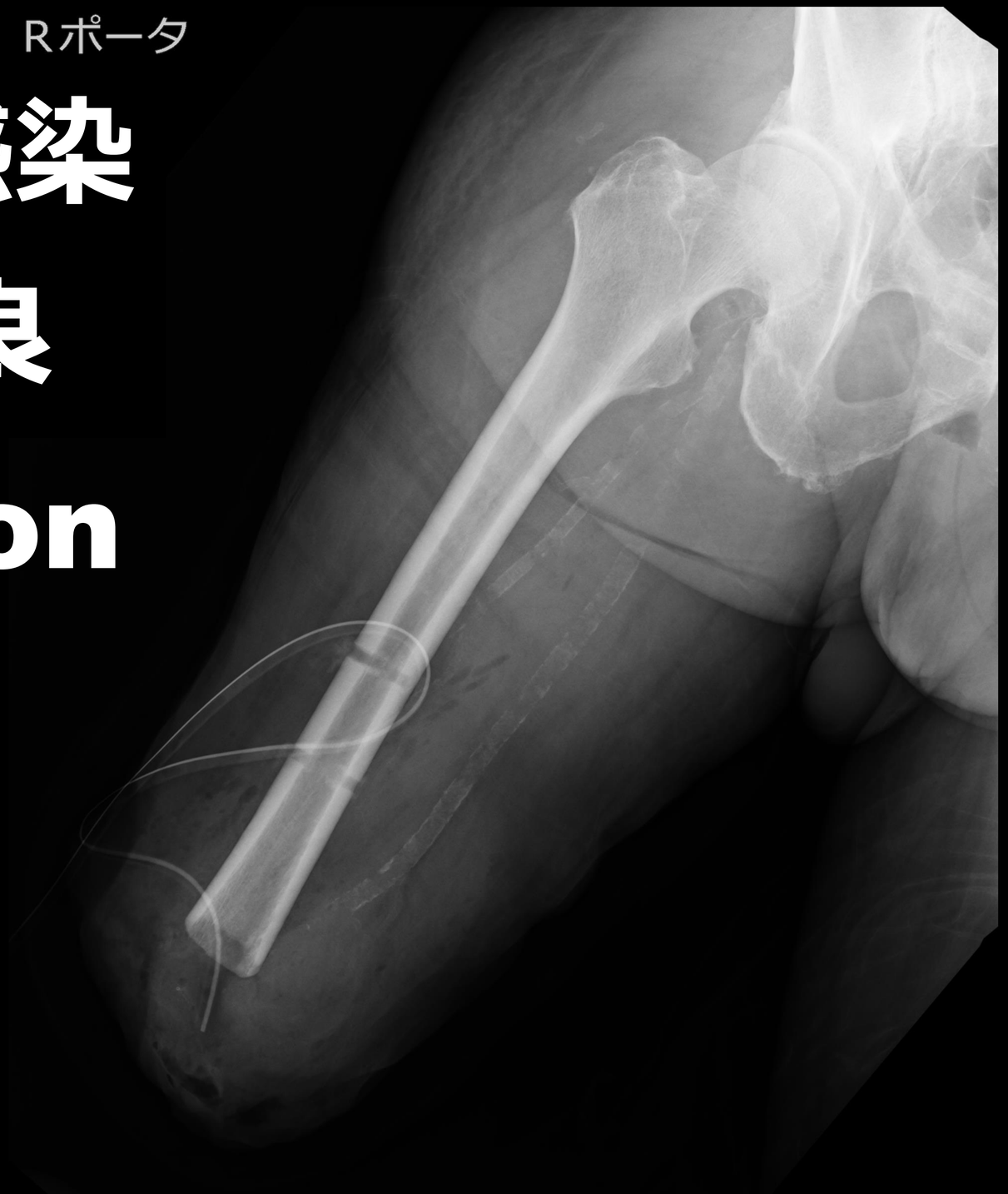
Cross limb vascular shunt 207分

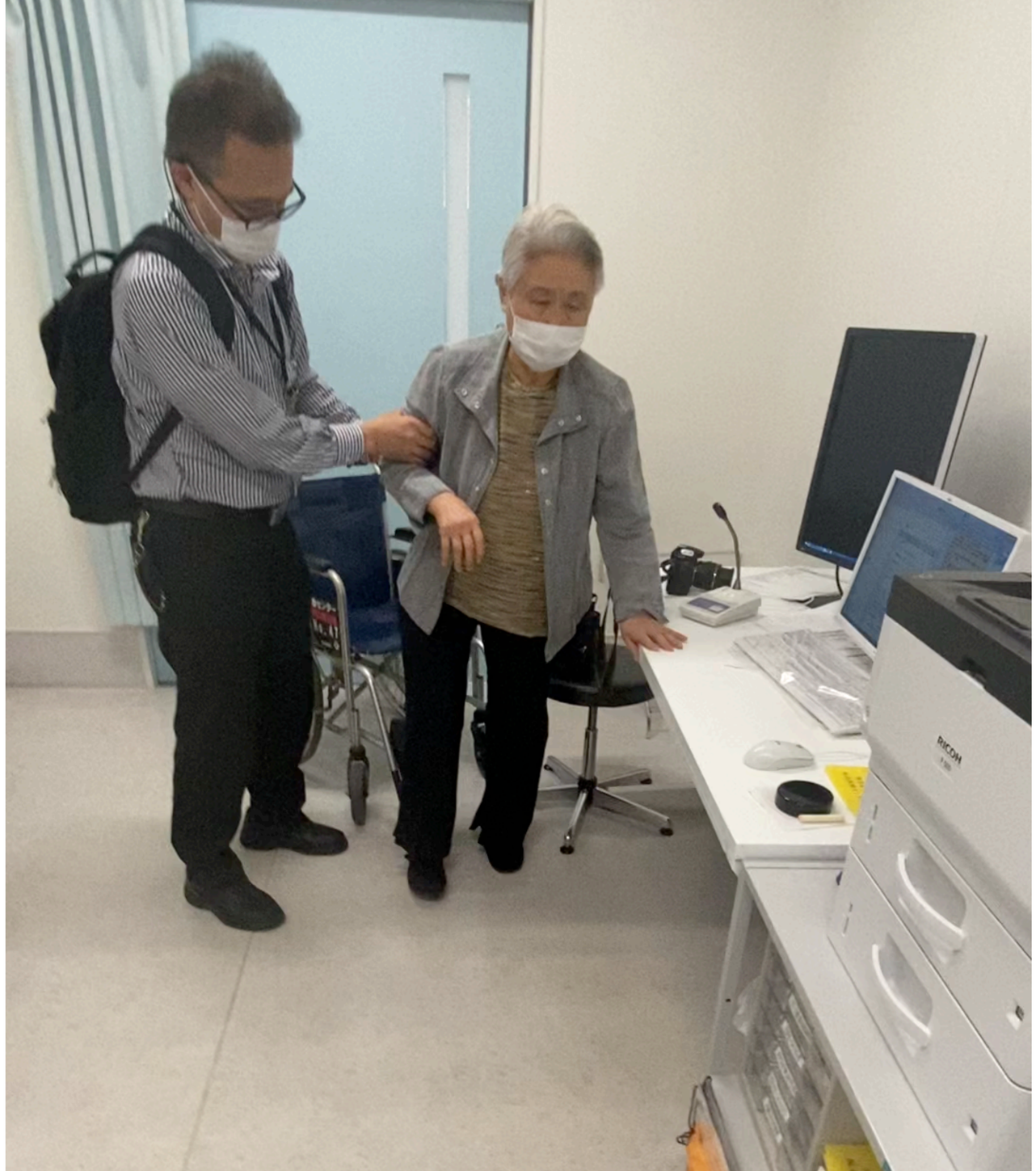
逆行性血管造影


下腿近位筋→血流乏しい
TVS 血流不足？

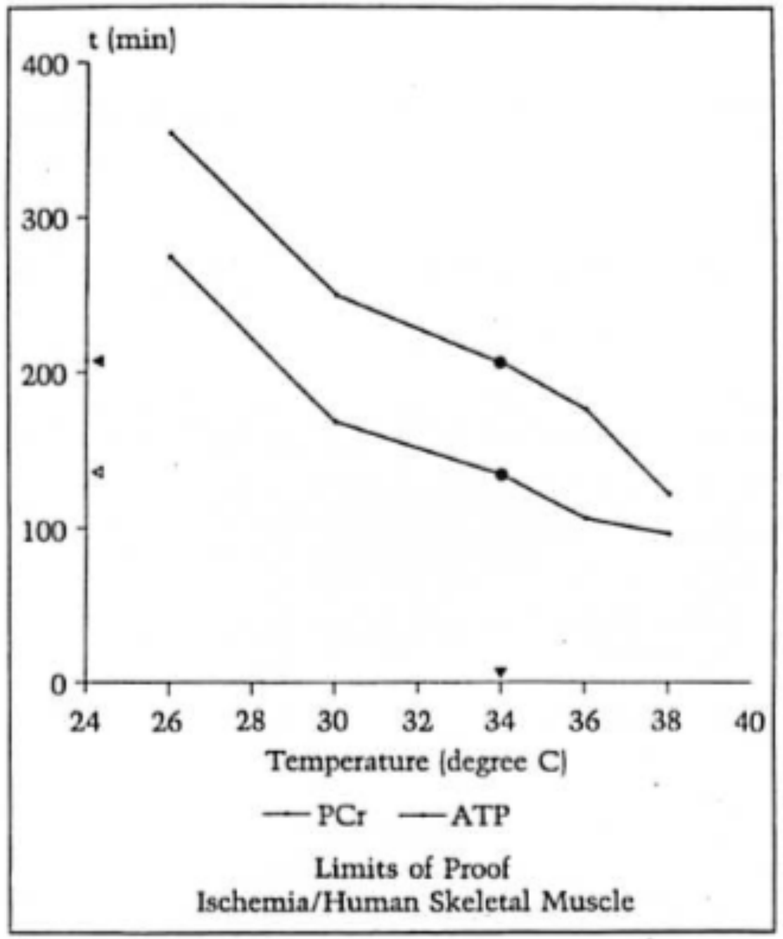
GSV グラフトx2
膝窩動静脈 創外固定
761 分で血行再建

Day 6 壊死筋感染
→全身状態不良
AK amputation




RICOH

骨格筋の許容阻血時間



26度以下で

5時間程度

~Eckert et al. Ann. plast. Surg 1991

TVSと阻血時間

覚知～TVS(分)	
407	救肢
399	切断
	切断
154	救肢
334	救肢
415	切断
124	切断
207	切断
241	切断

TVSまで 5 時間以下

筋壊死からの

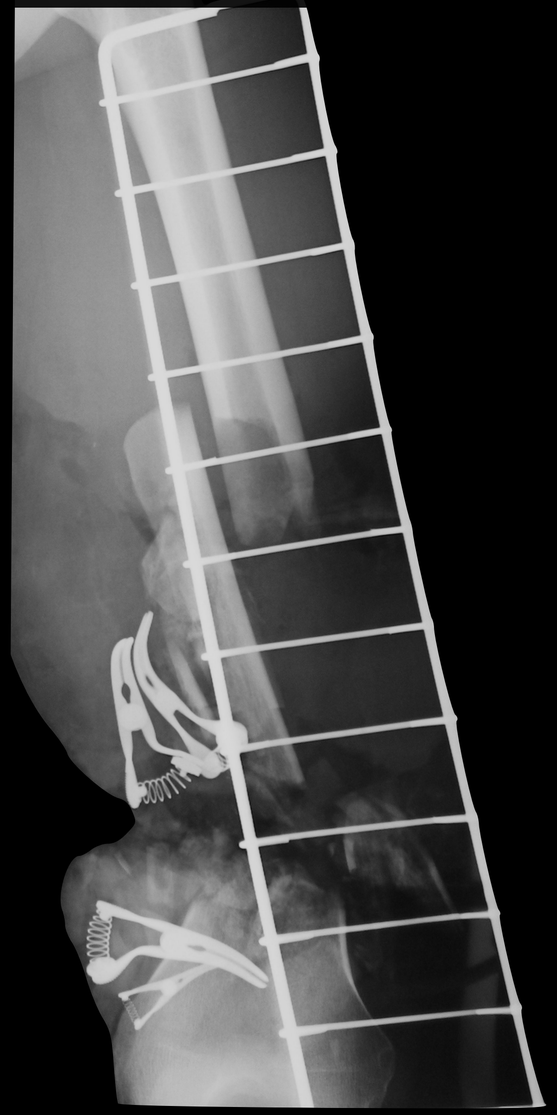
切断 3/4 例

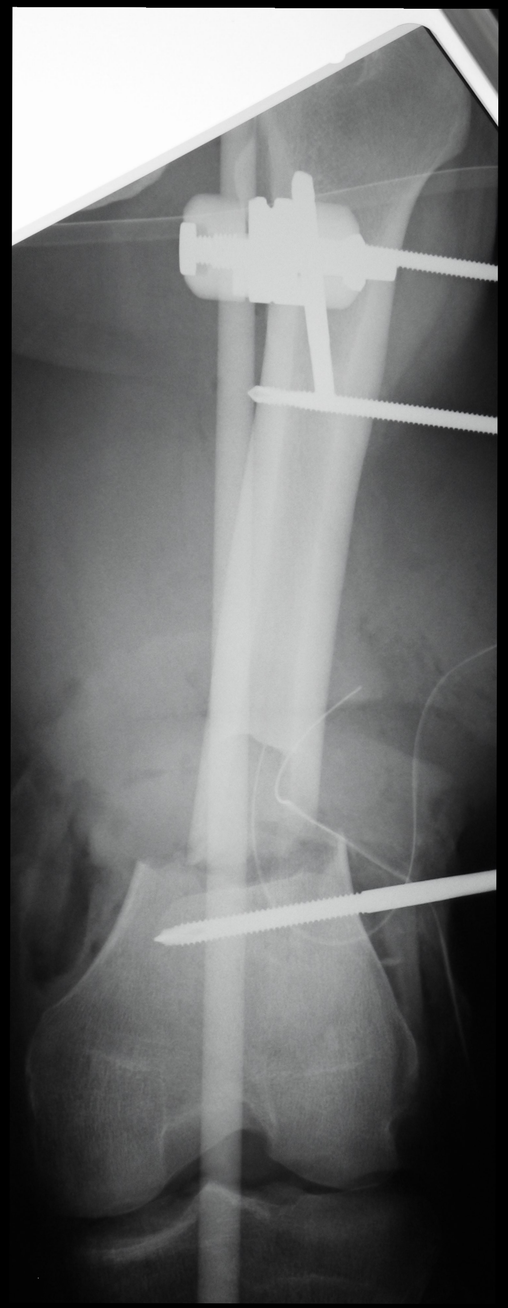
還流血液量不足？

年齢/性	部位	覚知～TVS(分)	覚知～血行再建（分）	切断/救肢
69 M	膝窩		450	切断
35 M	膝窩		660	切断
40 M	大腿中央		310	救肢
27 M	膝窩		600	切断
16 F	下腿遠位	407	754	救肢
46 M	下腿中央	399	753	切断
51 M	下腿遠位		561	切断
22 M	大腿中央	154	516	救肢
65 M	下腿遠位	334	523	救肢
34 M	大腿中央	415	859	切断
30 M	大腿遠位	124	769	切断
79 M	膝窩	207	761	切断
39 F	膝窩	241	558	切断

阻血時間：～5時間　5～7時間　7時間～

41歳男性　セメントブロック圧挫





TVS -

・手術室に即入室

EF骨短縮

→ 浅大腿動脈
端々縫合

救肢

大腿中央 血行再建310分 救肢

26度以下で

5時間程度

Clear

~Eckert et al. Ann. plast. Surg 1991

TVSよりも・・・・

可及的早期
血行再建

当センター

初回手術の出血量の中央値

	2013 - 2016	2016 - 2022	切断群	救肢群
出血量（ml）	2050	1290	2500	1180

出血が多いと救肢率も下がる？

64歳女性　交通事故

DAY 1
再接着

DAY 7

接着部軟部壊死
その下の
再建静脈血栓

DAY 10

遊離皮弁
静脈再建

DAY 25

切断

軟部組織再建が遅い！

早期確定的デブリ

再建血管保護

＝ 早期flap cover

問題点

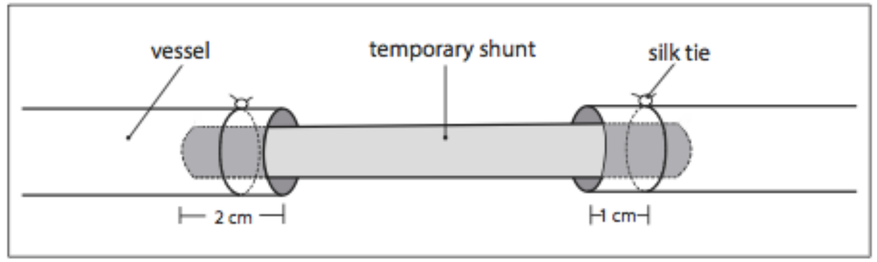
- CVSは下肢には血流不足
- 血行再建が遅い
- 出血が多い
- flap coverageが遅い

改善策と進歩

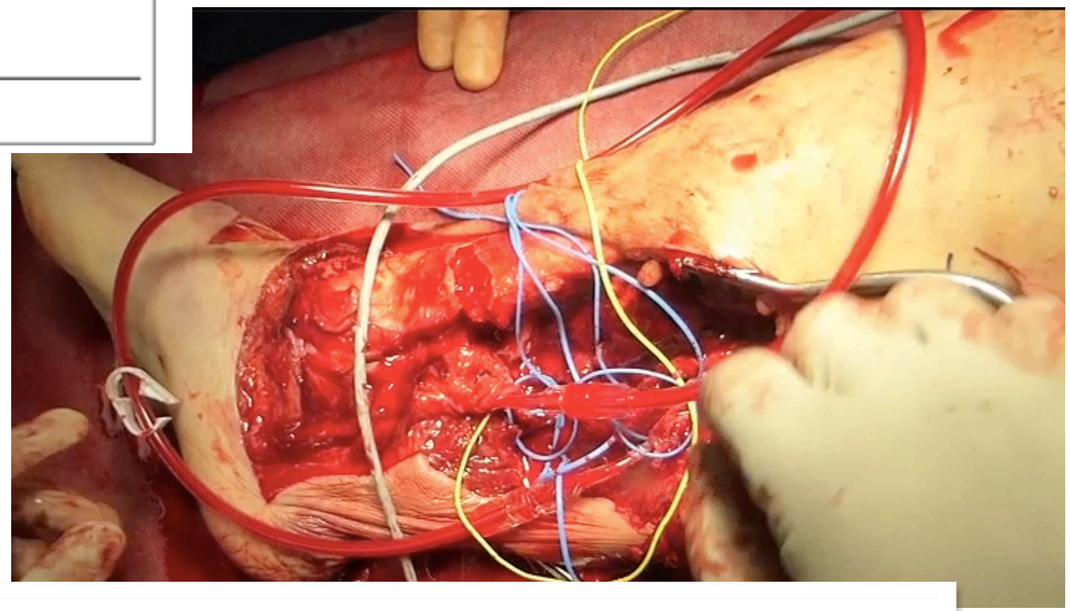
CVS
血流不足

TIVS 生理的に近い血流が得られる

- *Temporary IntraVascular Shunt*



Oliver 2013

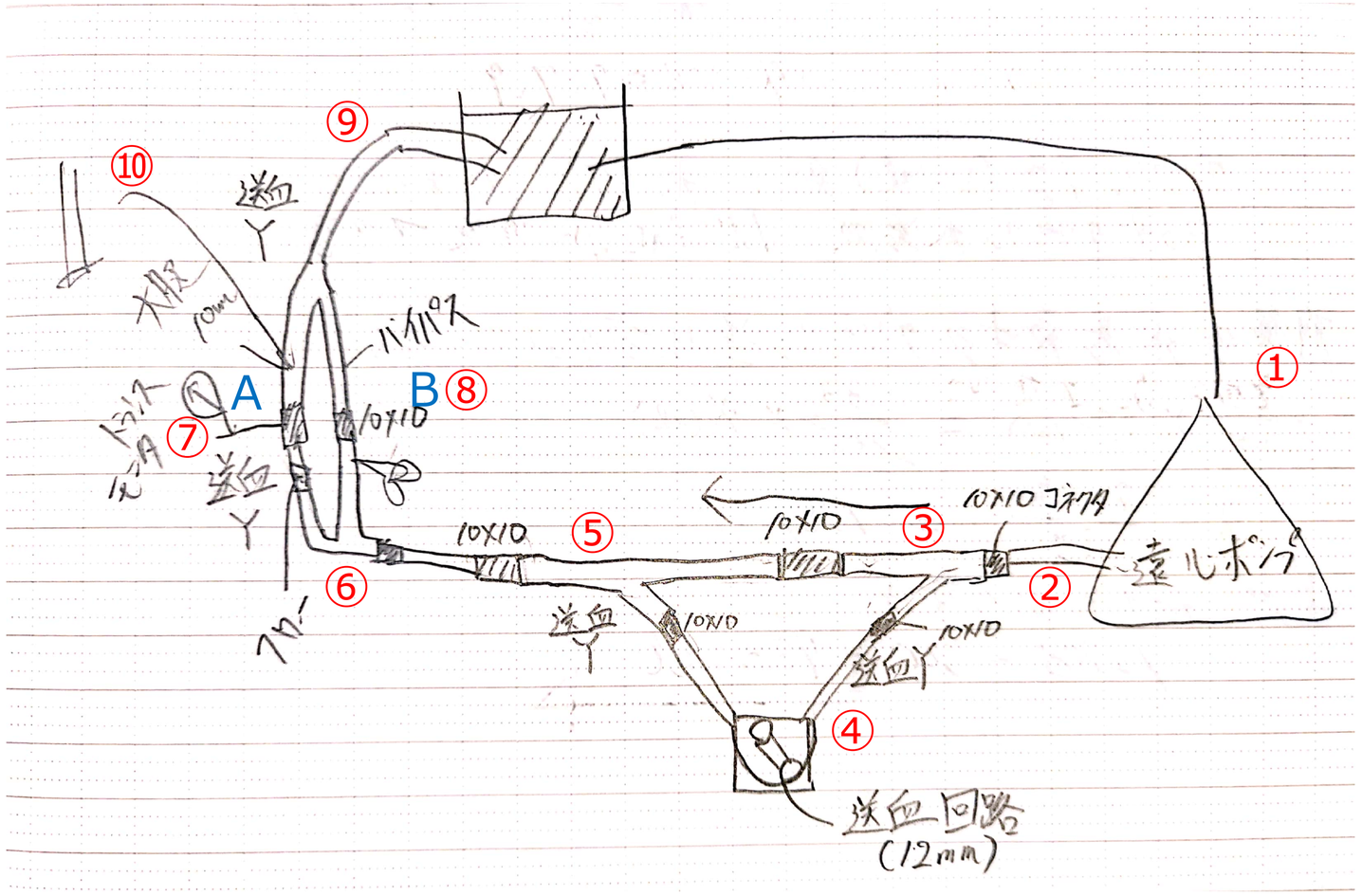


First choice

大腿動脈模擬回路での
CVS流量測定

臨床工学部　救命救急センター担当

回路図



1. テルモ「キャピオックスカスタムパックEBS心肺キット」をメイン回路として使用した。素材：塩化ビニル、チューブ径10mm。
2. 実験に不要な「人工肺」は離断した。
3. 離断部分を「10*10コネクタ」で、人工心肺回路・付属回路「送血Y」と接続。「送血Y」は各所で回路の分岐・合流に使用する。素材：塩化ビニル、チューブ径10mm。
4. 回路内圧に「脈成分」を再現するために、人工心肺用ローラポンプを、遠心ポンプ下流側で本流に対して並列に設置した。ローラーポンプに使用するのは「人工心肺回路・送血回路」。ポンプチューブ部分は径12mmで、それ以外は径10mmである。
5. 「送血Y」で合流。この時点で、定常流＋拍動成分
6. 「送血Y」2本を用いて、分岐・合流する回路を作成。
7. Aルートは、大腿動脈を模擬した部分となる。A側に流量センサ「ME-SPFAS01」装着。「10*10コネクタ」側枝よりエドワーズ製「TruWave（モニタキット）」を接続し、生体情報モニタ（日本光電製）にて表示した。
8. Bルートは、「バイパス回路」となる。
   実験において血流を作成するのは「遠心ポンプ」になる。遠心ポンプは回転数に応じて流量は変動するが直線的な関係にはなく、「回転数」に加え、「吸い上げ易さ」、「遠心ポンプ後の流量抵抗」などでも流量が複雑に変動する。
   Aルートにおいて、実験条件（750ml/min、90mmHg）などを再現するために、Bルートを用いて、「遠心ポンプ回転数」、鉗子を用いて回路を部分クランプして「バイパス回路の抵抗」を増減させた。
9. 全体の回路抵抗を調整するために、この部分でも鉗子による部分クランプを行った。
10. 脱血シース（6．7．8Fr）を逆行性に挿入・留置し、輸液延長チューブ（60cm）に接続し、送血シース（4Fr）の先より流量計測をした。測定はメスシリンダー（目盛り1ml）を用いて、測定時間1分間×3回。送血シースの側枝より圧力測定をして、「シース圧」とした。デジタルマノメーター「●●●」を使用。

手書きですみません。必要であれば作成します。

考察

- 送血を行う足背動脈の血管抵抗を考慮しない状態で、TIVS流量60ml/min程度であった。
- TIVS流量は、生体側の圧力に大きく依存すると考えられる。
- 脱血側シースは6,7,8FrでTIVS流量は大きく変わらなかった。
- 膝下組織の維持に必要な灌流量は、不明（300ml/min未満）であるが、60ml/minより高流量を必要とする場合には、機械的な送血が必要である。（後述：血液浄化装置を用いた脱送血方法）

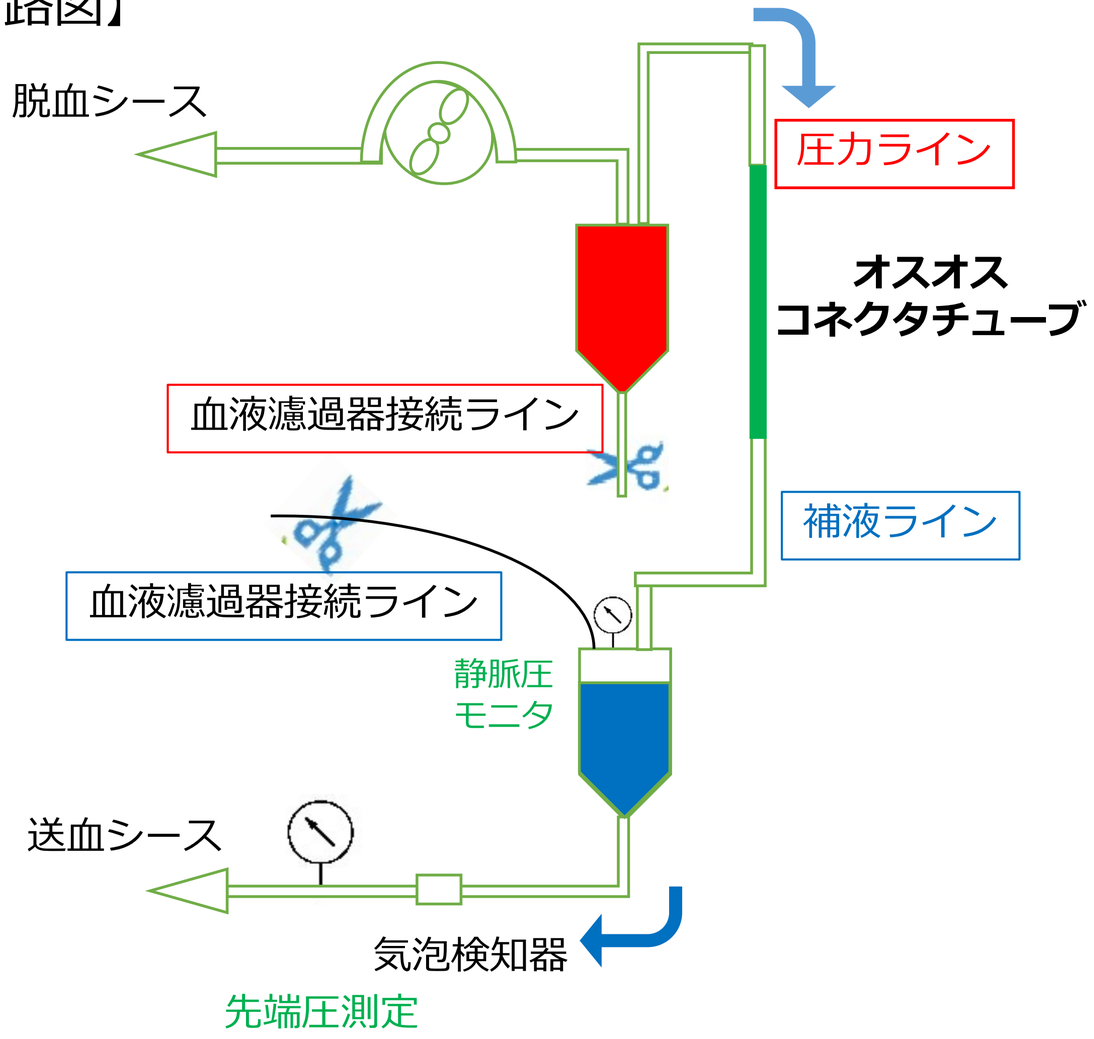
参考：血液浄化装置を用いた送脱血方法

【使用材料】
- 血液浄化装置（TR-55XⅡ）
- 血液回路
- オス－オスコネクタチューブ
- 鉗子
- シース
  ※いずれも汎用品で構成可能

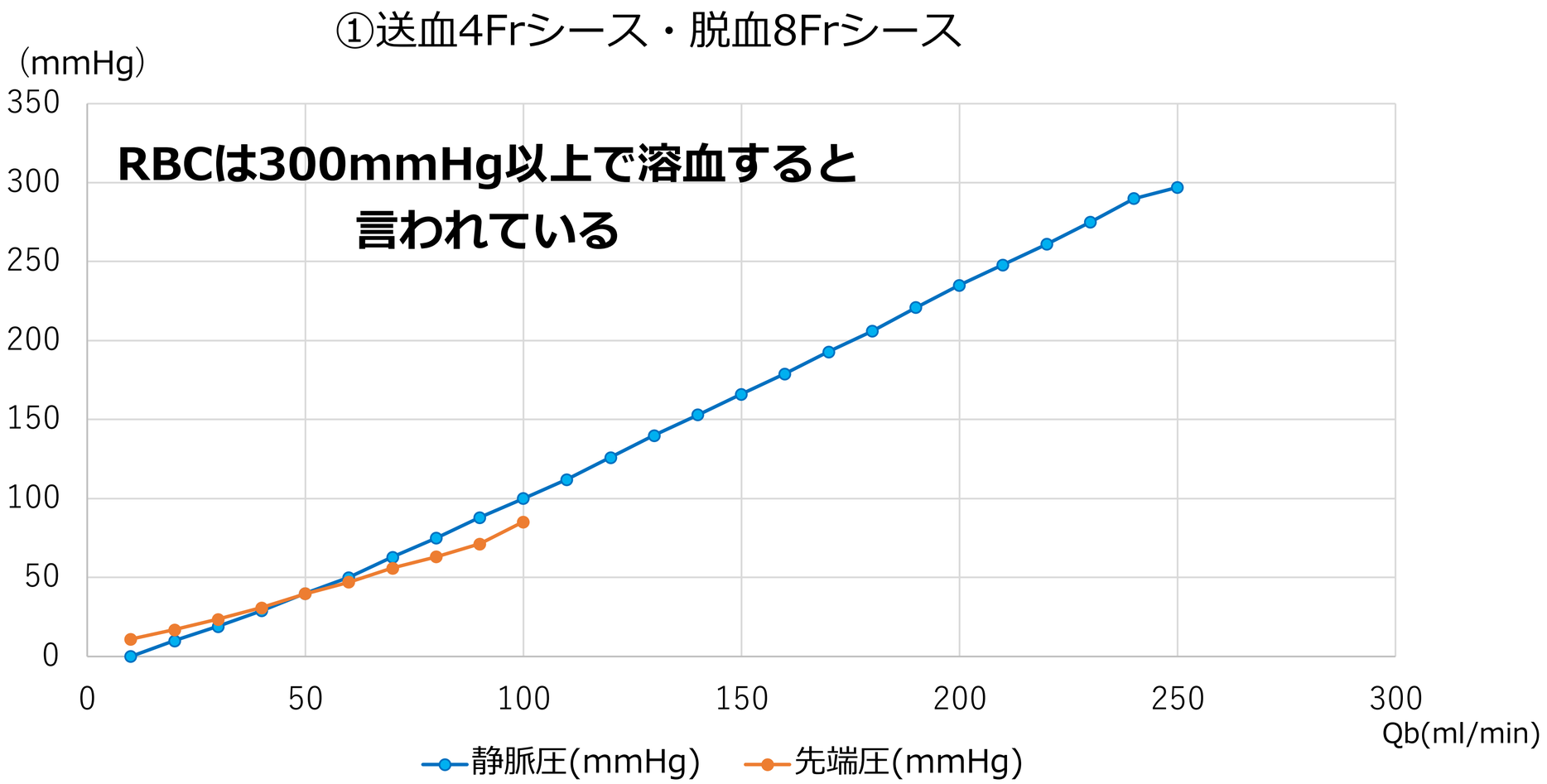
TR-55XⅡ

- 血液ポンプ
  最大250ml/min
- 圧力警報
  最大400mmHg

【回路図】



結果　血液浄化装置を用いた送脱血



実験方法はTIVS実験同様、33%グリセリン水溶液を用いた。脱血は8Frシースで送血は4Frシース。脱血はローラーポンプにより機械的に行うため、6Frシースに変更しても問題ないと思われる。血液ポンプは最大流量250ml/minまで上げることができるが、そのとき4Frシース部分に300mmHgの圧力が掛かる。赤血球は+400mmHgで溶血するといわれている。（陰圧では-100mmHg）

この実験も、送血側の血管抵抗は考慮できていない。もし、血管虚脱により送血しにくい場合は、低流量設定でも回路圧力が上昇する。もし、血管抵抗がさほど高くなければ、圧力限界400mmHg以内で、血流量250ml/minが可能になるかもしれない。

下肢必要血流量

Under resting condition , **blood flow to the normal human leg** averages about

300 to 400 ml/min

~Rutherfolds Vascular Surgery
8th edition chapter 10 :P138

下腿必要血流量

Caff blood flow

average 3.5 ml/100g/min*

***体重６０Kgの下腿重量約３Kg**

***体重 ６０ Kg**

下腿必要血流量 ≒105 ml／min

~Rutherfolds Vascular Surgery

8th edition chapter 10 :P138

CVS送血方法の比較

	アシストなし CVS ＝CVS ver.0	ポンピング CVS＝CVS ver.1	血液浄化装置 CVS＝CVS ver.2
平均血流	60 ml/min	100～150 ml/min	**250ml/min**
血流	連続的	断続的	**連続的**
圧力のモニタリング	不要	×	**〇**
医師の拘束	なし	あり	**なし**
回路の簡便さ	◎	〇	△
コスト	差額	4000～5000円	（持続透析回路分）
備考	灌流量が不明	多大な労力を必要	**医師の裁量権により使用可能**

上肢/下肢
CVS使いわけ

血行再建が遅い

近年, 阻血許容時間は さらなる短縮を推奨傾向

血行再開は可及的早期がマスト, 必ず 3 - 4 時間以内

~ Eccles S et.al: Standards for the Management of Open Fractures BAPRAS and BOA 2020

"Time is tissue" (急性冠症候群に対する迅速な治療が良好な結果につながる)

は外傷性虚血肢にも適応. 機能温存のためには, **可及的早期の血行再開**

~ Polcz et al :Journal of vascular surgery 2020

出血性ショック→阻血許容時間が1時間短縮

~Hancock : Journal of vast. Surg 2011

時間がない！

- 吻合可能な血管探索, 静脈採取
- デブリドマン
- 骨短縮
- 創外固定 or プレート固定
- 血行再建

少なくとも緊急度レベル２
での手術室搬入が必要・・

迅速な判断、手術手技もマスト！

時間がない！

プレホスからの情報共有も重要！！

→人手の確保, MTP対応, 手術室への連絡

出血が多い

大量輸血プロトコール　Ver. 4

Massive Transfusion Protocol ; MTP　2020/5　今本

MTP

Lac 2.5以上 and

予想出血量1000ml以上

RBC：O型 6U+Fib 3g

トランサミン1g

血算, 凝固, ABG 少なくとも1hrごとチェック

RBC,FFP
（Volume replaceとして）
RBC:FFP:PC= 1:1:1目標

PC
<6万 ：オーダー
6～10万： オーダー待ち
＞10万：オーダー×
FFP8U以上投与：オーダー

1.1<iCa<1.25mmol/L目標
→カルチコール積極投与

アシドーシス補正
→メイロン積極投与

Fib <150mg/dl
→Fib3g ＋フィブロガミン15U/kg

PTINR> 1.5
→ ｹｲｾﾝﾄﾗ 25U/kg

★初療室～Zeego～Ope室まで一貫して行う

- 早期MTP発動
- 確実な静脈再建
- 血行再建後の<u>徹底した</u>外科的止血

軟部再建が遅い

①手術室の確保

②全身状態の安定化

③遊離皮弁の判断

多くはDAY２，3が勝負

④高い精度のデブリドマン

⑤迅速、確実な遊離皮弁手技

特に③④⑤は人材育成が必要

・CVSは血流不足

→・ First choiceをTIVSに

・CVS Ver.2を導入

・出血が多い

→ ・確実な静脈再建・保護

・早期MTP発動

・血行再建が遅い

→・プレホスからの情報共有

・手術申し込みをレベル２（１時間以内）に統一

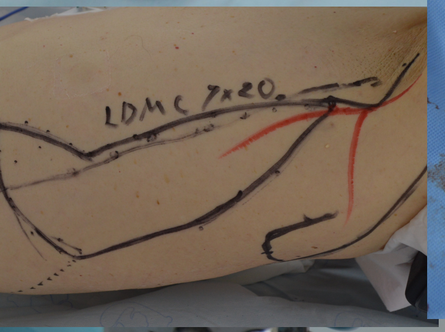
・flap coverageが遅い

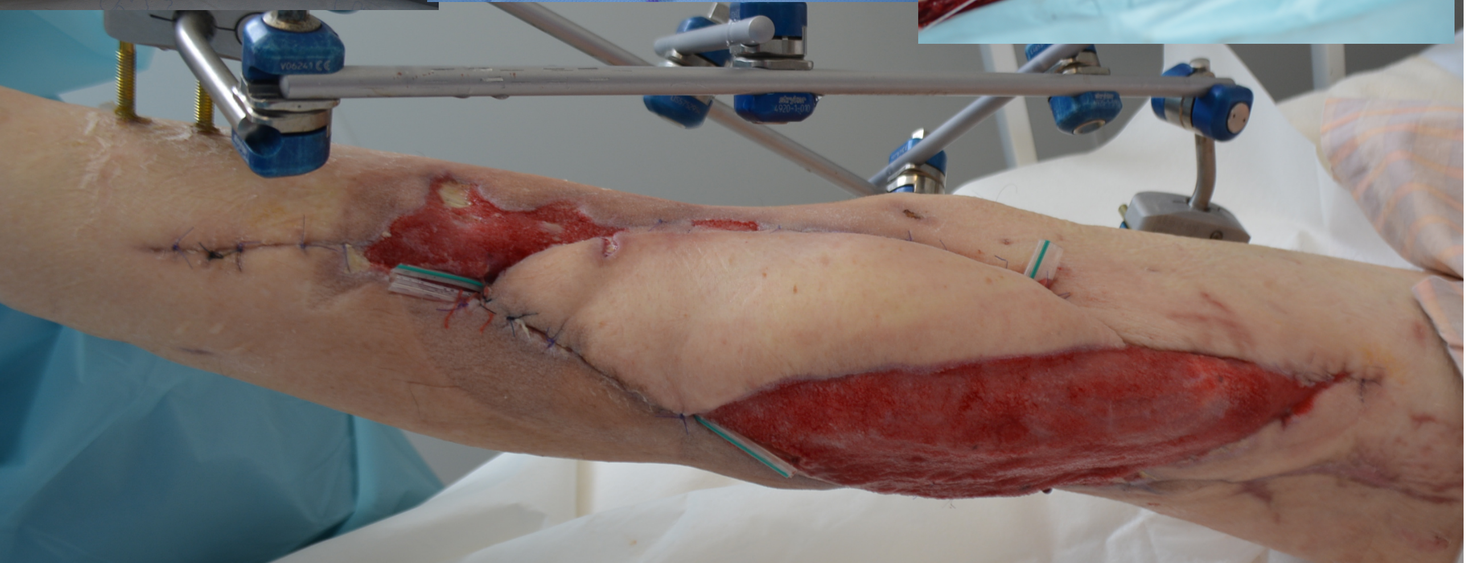
→ Day2-3の遊離皮弁をためらわない

７２才 男性　耕運機

下腿完全阻血

血液浄化装置を用いたCVS ver.2





DAY 1： デブリ　創外固定
膝窩動静脈;
大伏在静脈グラフト血行再建

出血量　2800 ml

DAY 3: デブリ
遊離広背筋皮弁
(軟部欠損・露出血管カバー)
靭帯再建

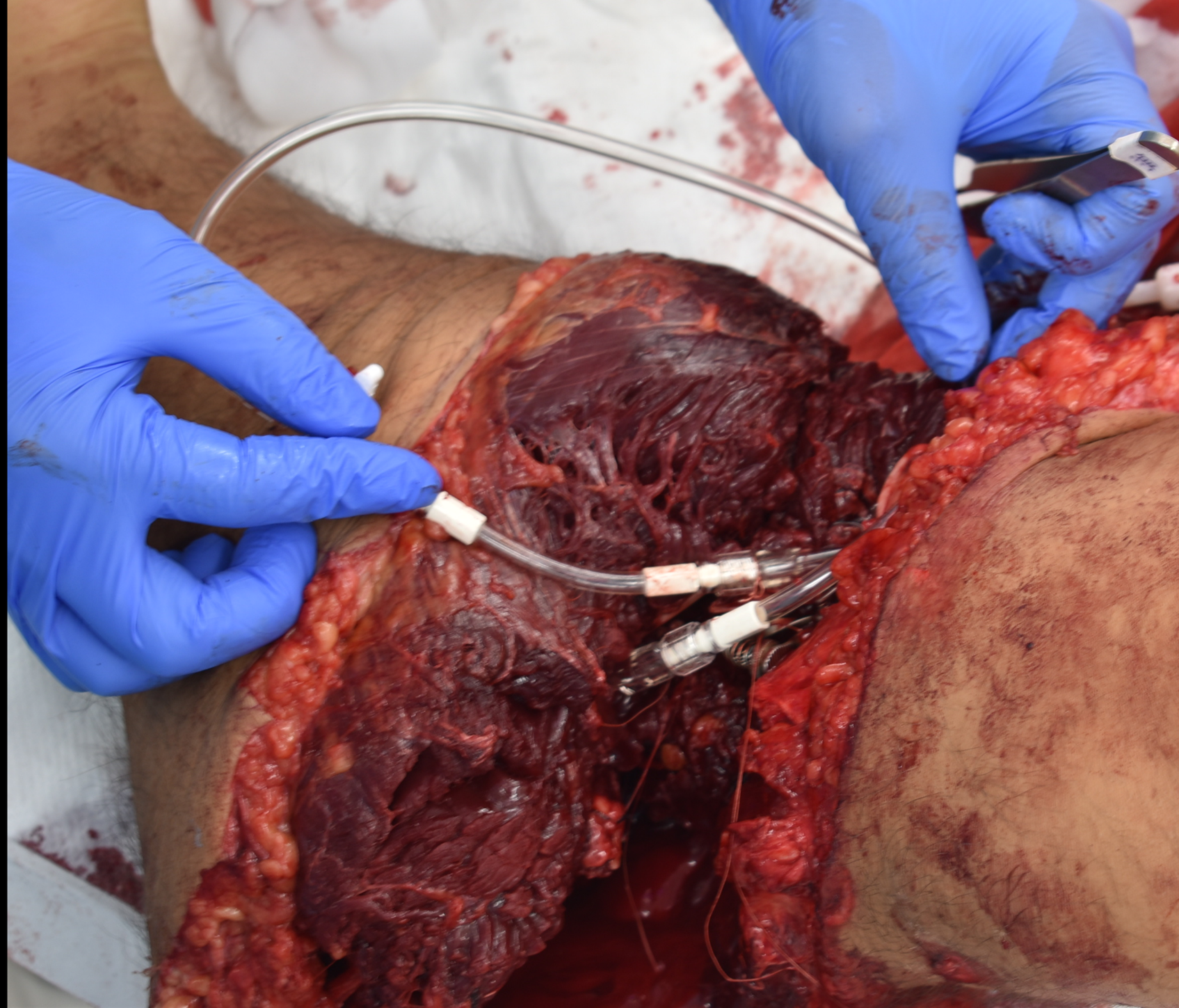
27才男性　バイク事故

TIVS

111分

1クール

20分

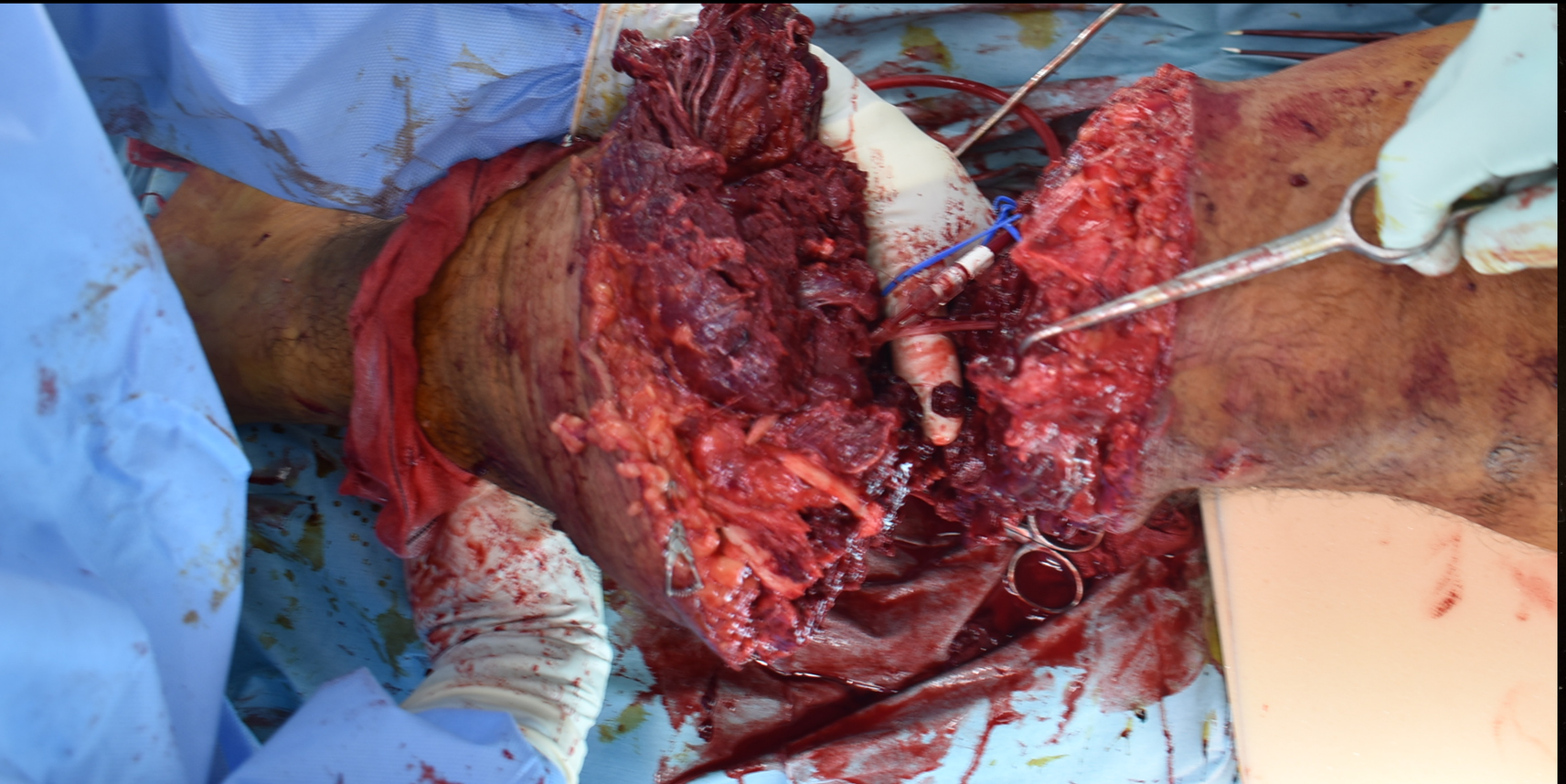


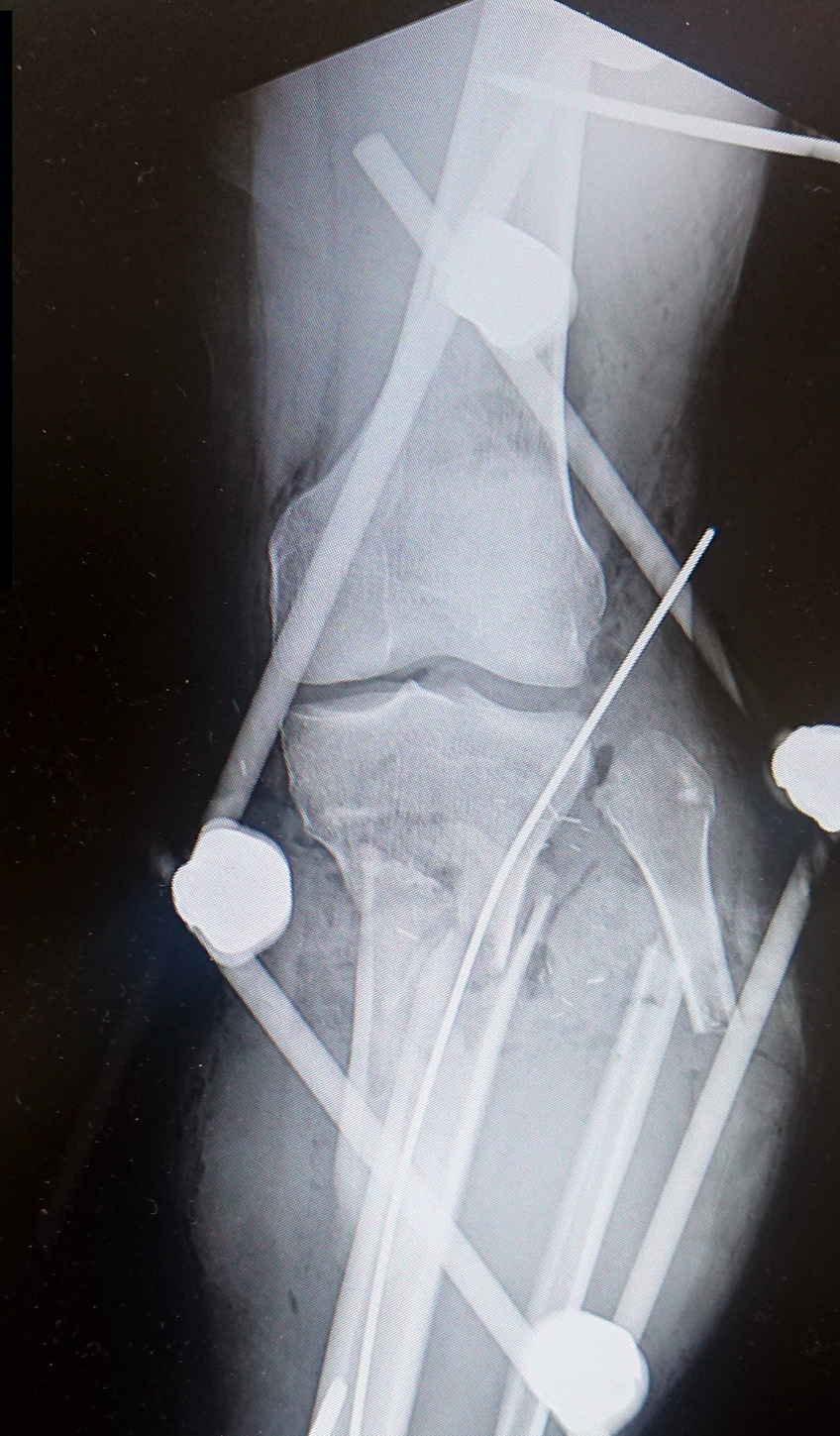
１Ａ２Ｖ血行再建　デブリ

骨短縮8センチ　創外固定

出血量　4114ml

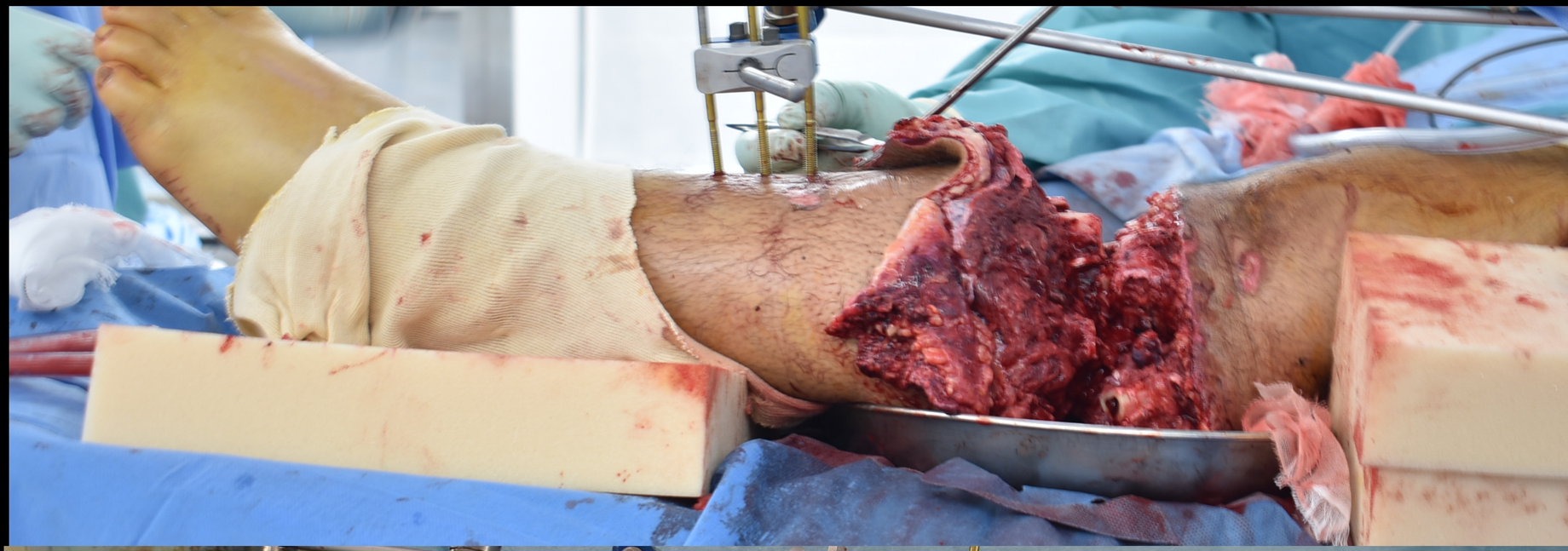
血流再開 7時間12分





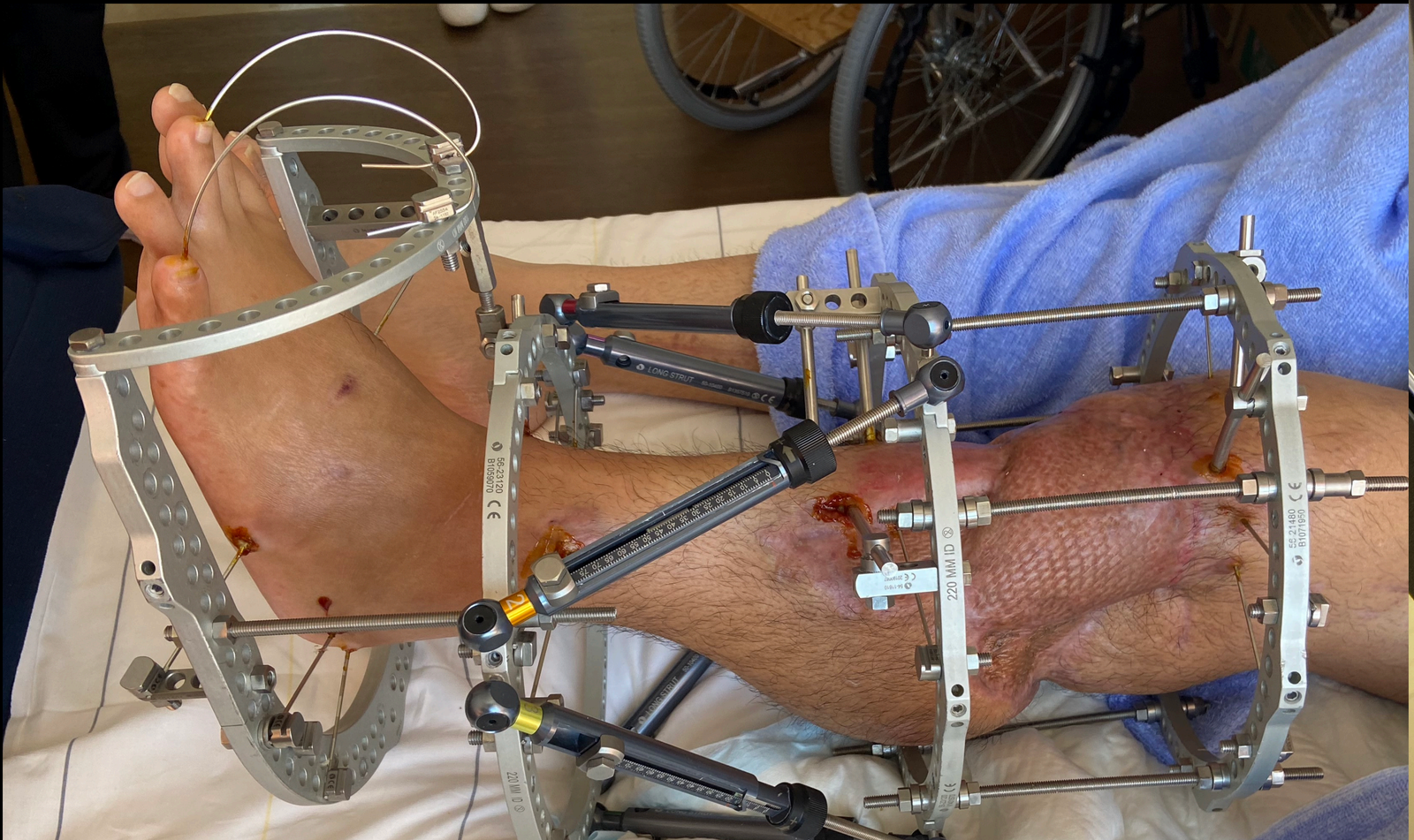
DAY 3

再デブリ
遊離皮弁
出血量
2300ml



10M

イリザロフ骨延長 8センチ終了



10M

Standards for the Management of Open Fractures

~ Eccles S et.al: Standards for the Management of Open Fractures BAPRAS and BOA 2020

救肢の意思確認が重要

意思決定までは，できる限り会話が可能な状態を維持

Box 12.1 Decision-making variables

Amputation or limb salvage

Decision-making variables

Injury variables

- vascular trauma and warm ischaemia time
- uncontrolled bleeding
- neurological trauma
- ipsilateral foot trauma
- soft tissue trauma
- contamination
- bone loss

Patient variables

- multiple injuries (Injury Severity Score, ISS)
- haemodynamic shock
- age
- smoking
- medical co-morbidities
- occupation
- social and cultural

新しい戦略のレジュメ

阻血性四肢外傷に対する治療戦略

2016/8 森井北斗

★**Hard sign**陽性

- 活動性外出血
- 拡大する血腫
- 阻血所見
- 損傷部の拍動触知

送血は30分毎に5分

→初療室でTVS（Temporary Vascular Shunt）

- TIVS(temporary Intra Vascular Shunt)
- CVS(Cross limb Vascular Shunt)

→血管造影へ

注)待機症例、多発外傷はcase by case

★**Soft sign**陽性

→造影CT

- 搬入時までの動脈性出血所見歴
- 動脈周囲の創、外傷
- 動脈上の非拍動性血腫
- 動脈付近神経の神経脱落所見
- 弱くなる脈波・拍動

・手・足部のアーチ損傷が疑われる場合はTVSは行わない

・体幹に近い四肢血管損傷の場合、

多量出血リスクがあるため、血流再開は慎重に行う

複数個所の損傷を想定する

●前回の戦略

新治療戦略①

- **Hard sign陽性**の場合は

原則、**初療室でTVSを施行**

血管造影を行う。

（待機症例、多発外傷例などはcase by case）

- **Soft sign 陽性**の場合は

造影CTを施行する。

阻血性四肢外傷改訂版 1.

末梢血管損傷のHard sign

- 阻血所見（患肢末梢のSPO2低下, 悪化）
- 血腫の拡大
- 活動性外出血
- 損傷部の拍動触知

Hard signがあった場合

- プレホスからの情報共有（可能であればフォトも）
- 患者の意思決定まで, 可能な限り会話できる状態を保つ
- 来院後, MTPを考慮する

阻血性四肢外傷の診断後

阻血性四肢外傷改訂版 2.

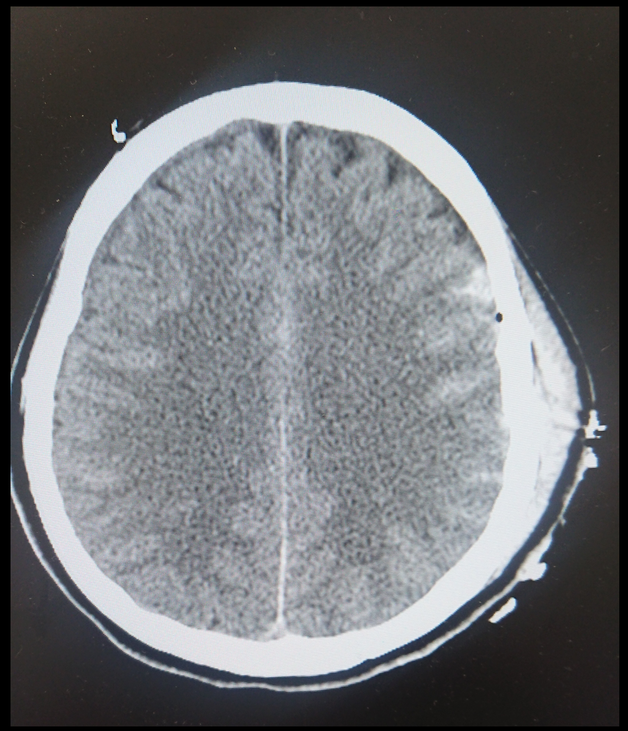
- 患者に救肢の意思を確認する.
- 受傷後<u>４時間以上</u>経過した症例は年齢, 合併症, 受傷高位, 重症度など考慮し治療方針を再考する.
- 初療室で気道確保 , 各種ライン挿入後Temporary Vascular Shunt施行
- TIVSがfirst choice. 2nd は上肢がCVS ver.0 or 1 , 下肢はCVS ver.2
- 手足部のアーチ動脈損傷が疑われる場合はCVS禁忌.
- 手術室に緊急度２で手術申し込みを行う.
- バイタルを確認しながら輸血（MTPを考慮）を準備し送血開始
    - 少なくとも1クール（10-15分）は行う. バイタルに異常なければ送血維持も可.
    - 1クール終了後, 末梢にウロキナーゼ６万単位をボーラス注射する.
    - 2クール以降は末梢血栓を考慮しなるべく行わない.

NEXT STEP

２３才女性
線路飛び込み

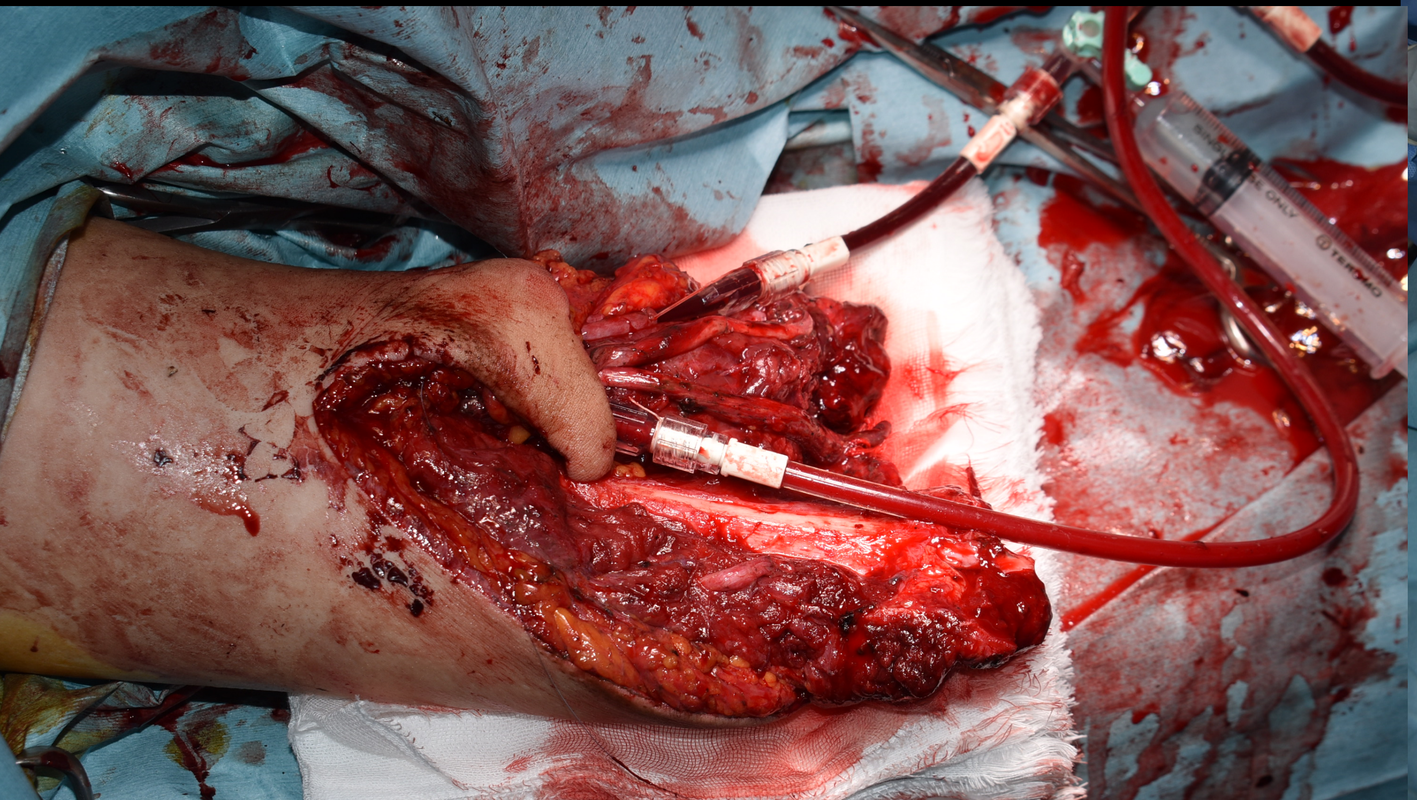
外傷性SAH

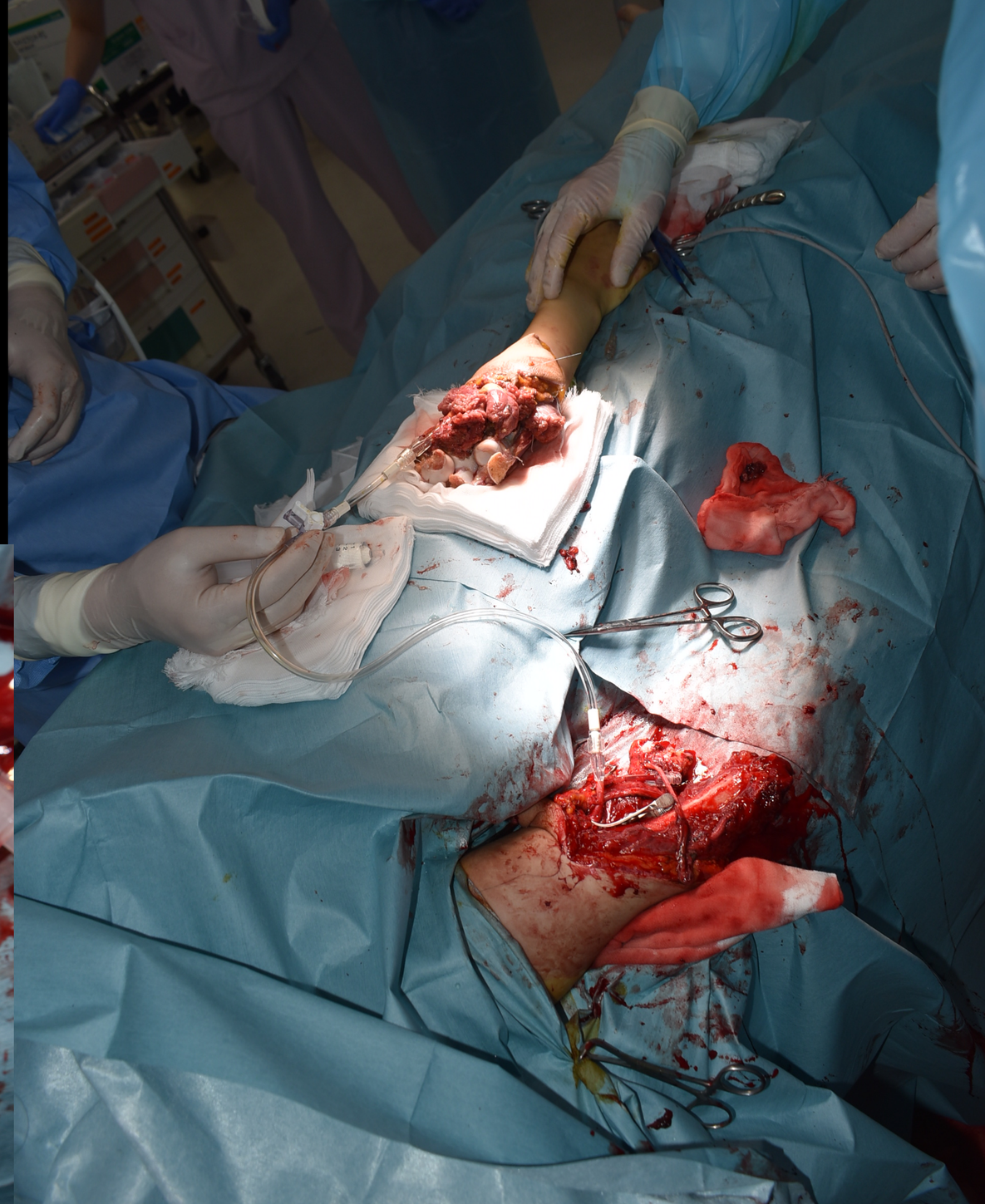
肋骨・腸骨骨折



Damage－control
TIVS（上腕動静脈）

２４時間待機して再接着の予定とした





TIVS後
12時間もたたずに
還流不能、シャント血栓形成
不可逆性壊死・・

Damage-Control
TIVS
→より短いスパンでの
再接着が必要

35才男性
軽自動車と接触

受傷後
5時間半
で搬送

阻血時間オーバーで
救肢は困難・・・・

“骨折部で切断”を行うと・・

- おそらく遊離皮弁・筋弁が必要
- 皮弁で被覆できても
  短断端で下腿義足の装着×
- AK免れても膝機能が喪失

The Microsurgical Calcaneus Osteocutaneous Fillet Flap After Traumatic Amputation in Lower Extremities

Flap Design and Harvest Technique

Fan Wu, MD, Gen Wen, MD, Yimin Chai, MD, PhD, and Pei Han, MD, PhD

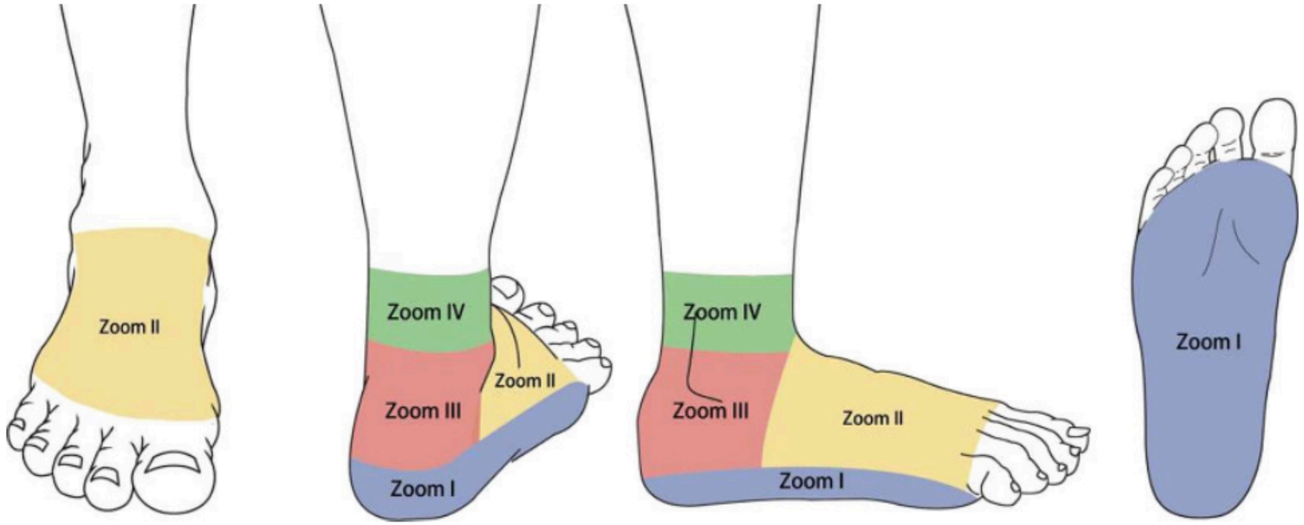
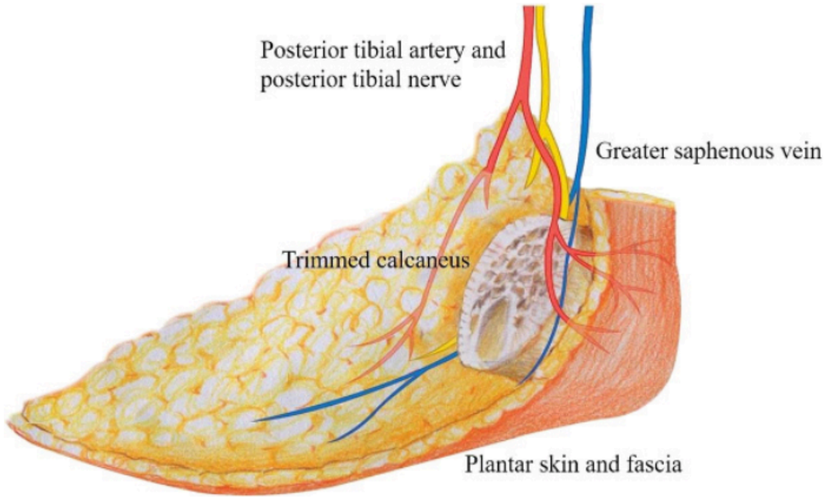
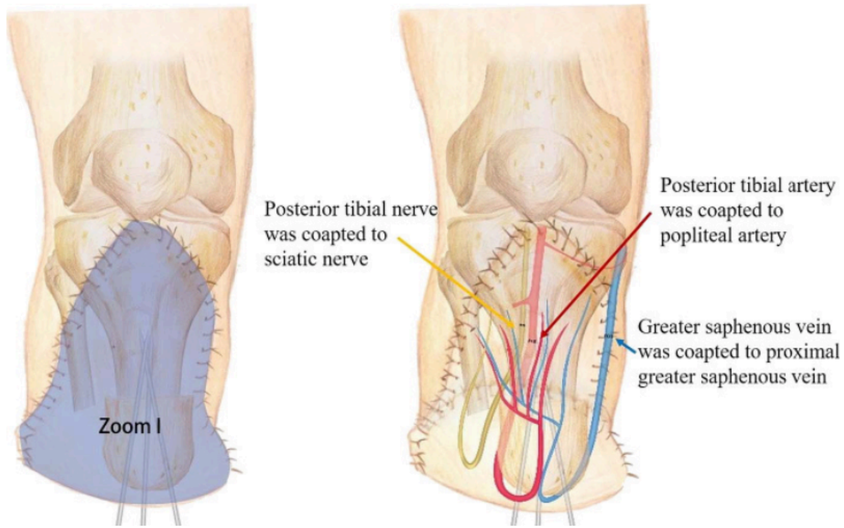


FIGURE 1. The tissue of foot and ankle were divided into 4 zones.





足部は筋量が少なく，**阻血時間１１時間でも再接着可能**

→　後脛骨動静脈の支配領域の皮膚・踵骨を挙上し再接着

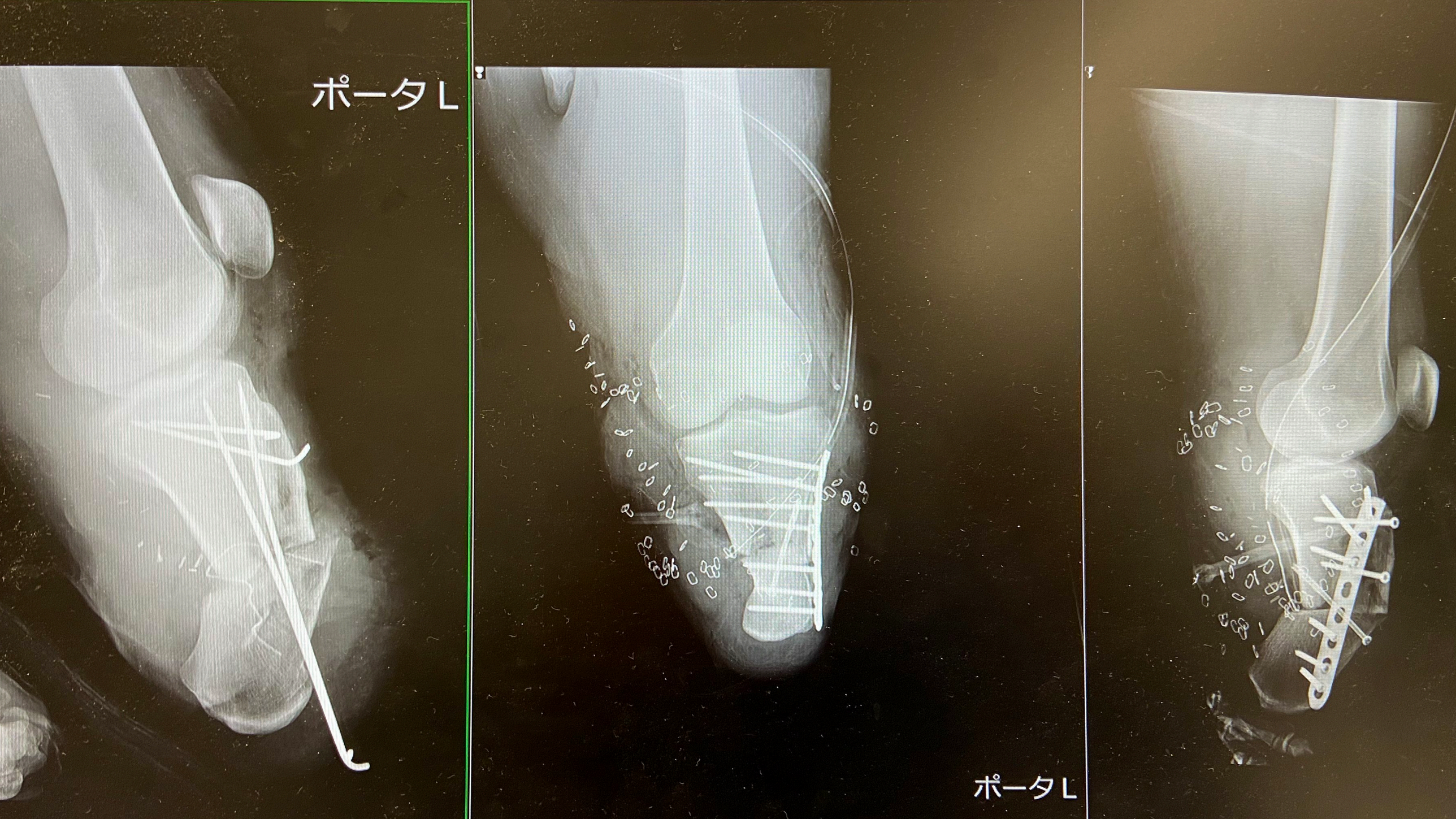
脛骨神経も坐骨神経に縫合

受傷後
10時間
TIVS

受傷後

１２時間

Fillet flap


ポータL
ポータL