

2016第3回戦略会議

阻血性四肢外傷

に対する治療戦略

森井 北斗 芝山 浩樹
松田 真樹 澤野 誠



まず**耳**学問

不可逆性変化の始まる阻血時間

Muscle 4 Hour

Nerve 8 Hour

Fat 13 Hour

Skin 24 Hour

Bone 4 Day

Steinau 1998

Treatment of the systemic complications of reperfusion *Steunauら (1988)*

Major amputation

阻血後4時間での再還流で全身合併症

10時間経過した四肢は切断をすすめている。

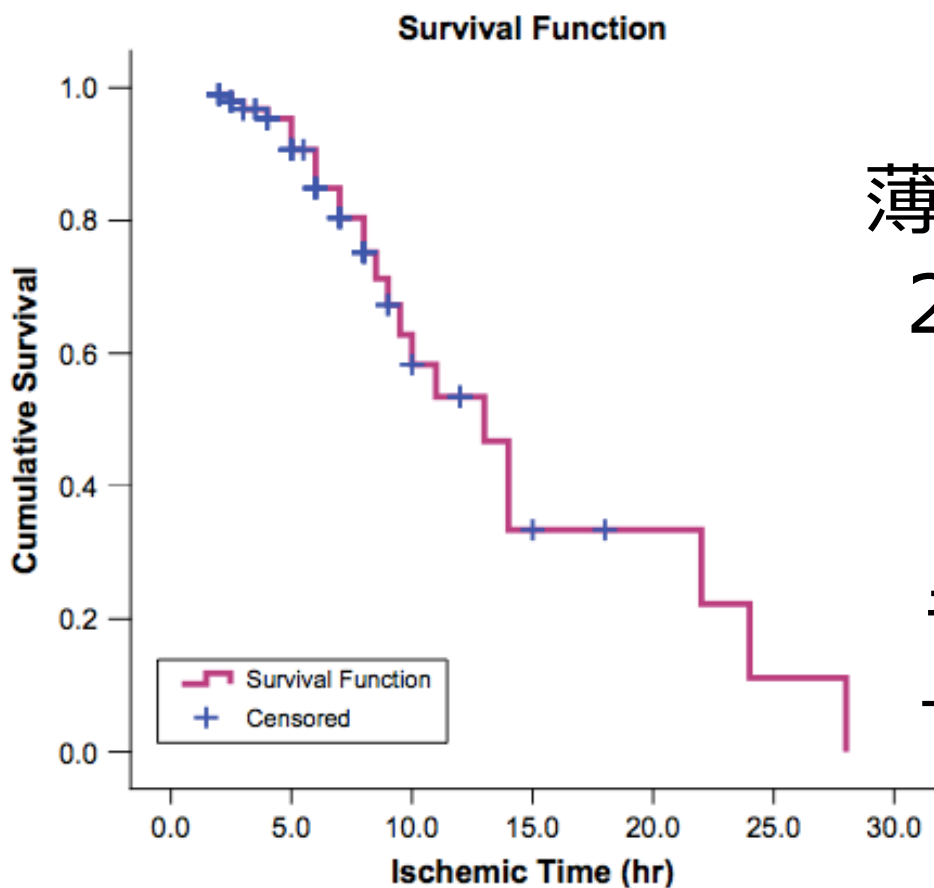
6 – 8時間の再灌流は若い犠牲者をつくることになる。

Table 3 Inflammatory mediators released from ischemic tissue

Complement [40]
Histamine [79]
Interleukin [30]
Leukotrienes [40]
Oxygen-free radicals [30,49,[84]
Platelet activating factor [50,59]
Serotonin [84]
Thromboxane [49]
Tumor necrosis factor [40,59]

救肢率, 虚血3-4h以上 ↓ ↓

Glass1998



薄筋は虚血が3,4,5時間だと
2%,30%,90%壊死

~Labbe

ラットモデル神経は3時間
でシビアな血流障害

~kinoshita

膝窩動脈損傷

完全阻血の膝窩動脈損傷
15例。5時間以内は救肢
6時間以上は切断。

Hossny 2004

スリランカ戦争

膝窩動脈損傷 4 4 例

3.5時間再建で切断、16時間
で救肢の例。血管、軟部損傷の
程度、側副血行が問題

Ratnayake 2014



Reperfusion strategies in the management of extremity vascular injury with ischaemia

T. J. Percival¹ and T. E. Rasmussen^{1,2}

¹United States Army Institute of Surgical Research, Fort Sam Houston (San Antonio), Texas, and ²The Norman M. Rich Department of Surgery, F. Edward Hebert School of Medicine, The Uniformed Services University of the Health Sciences, Bethesda, Maryland, USA

Correspondence to: Dr T. E. Rasmussen, US Army Institute of Surgical Research, 3400 Rawley E. Chambers/Suite B, Fort Sam Houston, Texas 78236, USA (e-mail: todd.rasmussen@amedd.army.mil)

British Journal of Surgery 2012; **99**(Suppl 1): 66–74

Table 1 Strategies to reduce extremity ischaemia–reperfusion injury

Adjunct	Mechanism
Surgical	
Restoration of perfusion	Reduction of ischaemia time
Vascular shunts	Reduction of ischaemia time
Fasciotomy	Reduction of pressure injury
Limb cooling	Reduction of reactive oxygen species
Conditioning	Reduction of reactive oxygen species
Medical	
Hypertonic saline	Reduction of inflammatory response
Statin medications	Reduction of inflammatory response
Ethyl pyruvate	Reduction of inflammatory response

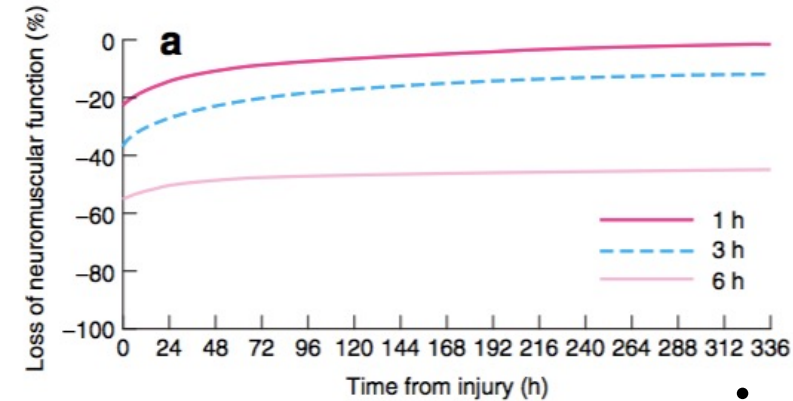
Table 1 Strategies to reduce extremity ischaemia–reperfusion injury

Adjunct	Mechanism
Surgical	
Restoration of perfusion	Reduction of ischaemia time
Vascular shunts	Reduction of ischaemia time
Fasciotomy	Reduction of pressure injury
Limb cooling	Reduction of reactive oxygen species
Conditioning	Reduction of reactive oxygen species
Medical	
Hypertonic saline	Reduction of inflammatory response
Statin medications	Reduction of inflammatory response
Ethyl pyruvate	Reduction of inflammatory response

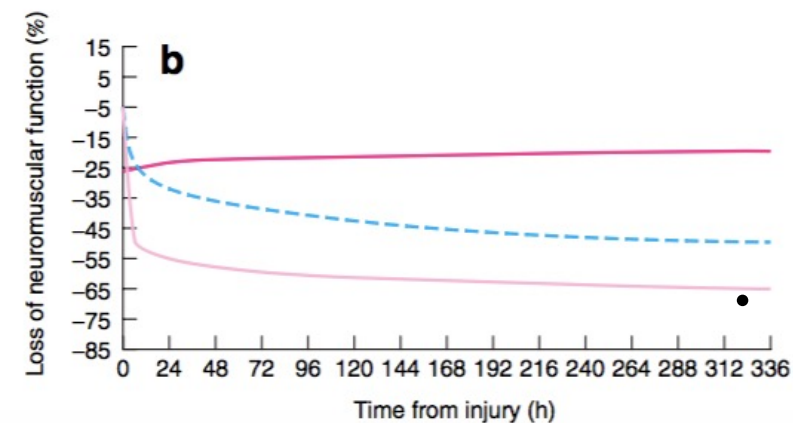
Hemorrhagic shock worsens neuromuscular recovery in a porcine model of hind limb vascular injury and ischemia-reperfusion

Capt Heather M. Hancock, MD

Journal of vascular surgery 2011



ショック状態にしたブタを
コントロールと比較、
阻血肢を作成



コントロール豚 ; 阻血 1 hr, 3 hrが
80%回復
(機能 + 筋の病理 + 神経伝導速度)

ショック豚 ;
阻血 3 hrは50%程度にとどまる。

ショック → 阻血時間 & 機能に影響

阻血時間短縮の切り札

Temporary

Vascular

Shunt



Clinical vascular traumaより引用

The majority of recent studies have supported the use of shunts as an adjunct to restore perfusion, and extend the window of opportunity for actual and functional limb salvage.

ヘパリンを使わず阻血時の患肢還流に有用

~ *Gifford J trauma 2009*

イラク・アフガン戦争で有用

~ *Rasmussen J trauma 2006*

多発外傷のマネジメント時の **Damage control**

~ *Taller J trauma 2008*

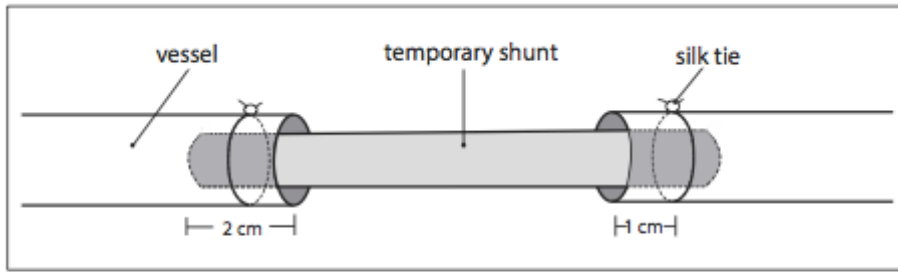
Compartment syndrome と在院日数が減少

~ *Hornez J visceral surg.2015*

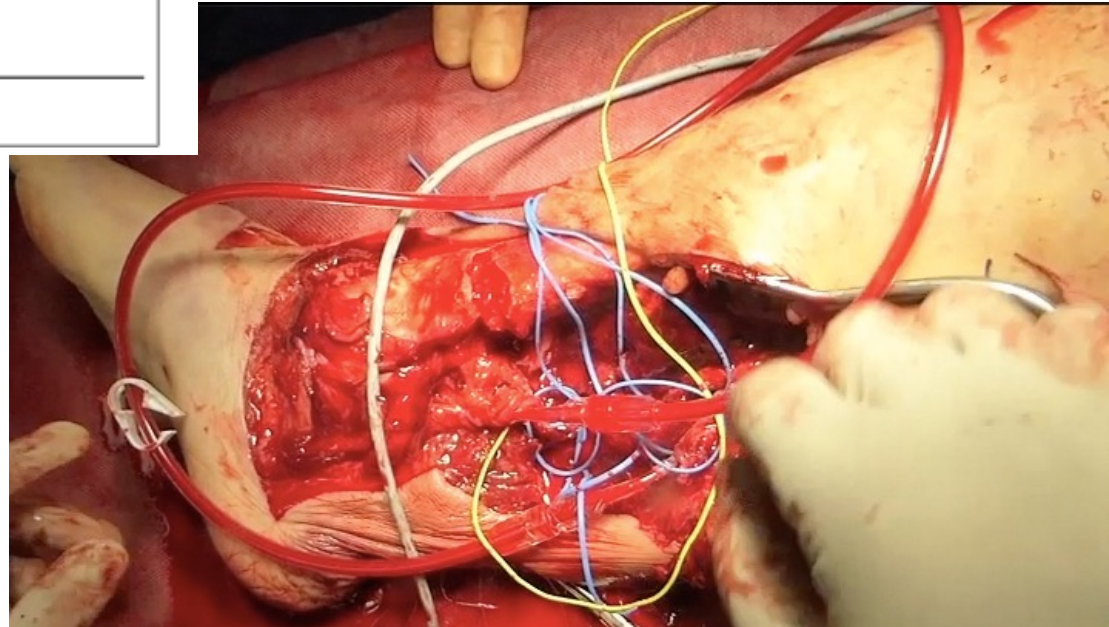
2つ のTemporary Shunt

TIVS

- *Temporary IntraVascular Shunt*

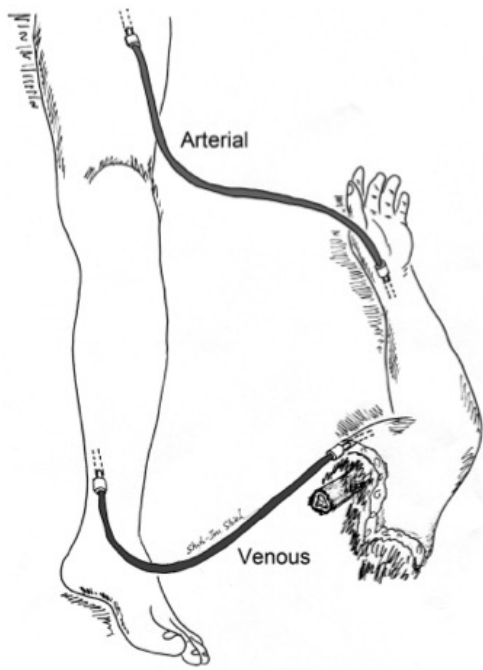


Oliver 2013



CVS

Cross limb Vascular Shunt



Lee 2013

前回の治療戦略

前回の治療戦略①

- 受傷時間（阻血開始時間）を明確にする。
- **Hard sign陽性**の場合は
原則、血管造影を省略して手術室へ。
(待機症例、多発外傷例などはcase by case)
- **Soft sign 陽性**または**API < 0.9**の場合は
造影CTを施行する。

前回の治療戦略②

Temporary Vascular Shunt

血行再建完了まで **4 - 6 時間** → 適応なし。

(多発外傷例は適応あり。)

骨接合に時間がかかる → 適応

閉鎖性骨折、開放創のない症例

➔ **CVS**を可及的早期に施行。A shuntのみ
切断症例、開放創のある症例

➔ **TIVSを1st choice**。原則としてA、V shunt

血管損傷の**Hard**



sign

- ・ 活動性外出血
- ・ 拡大する血腫
 - ・ 阻血所見
- ・ 損傷部の拍動触知

血管損傷の**Soft**



sign

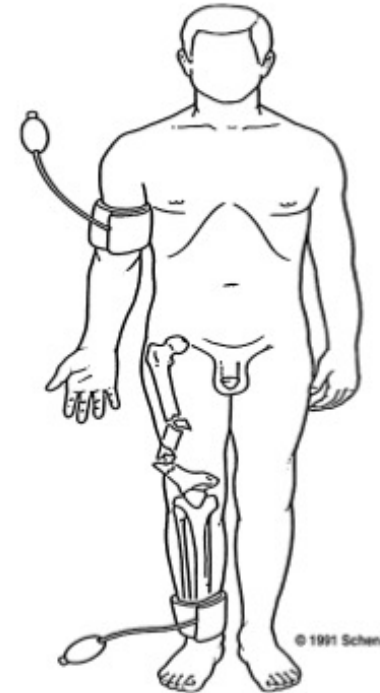
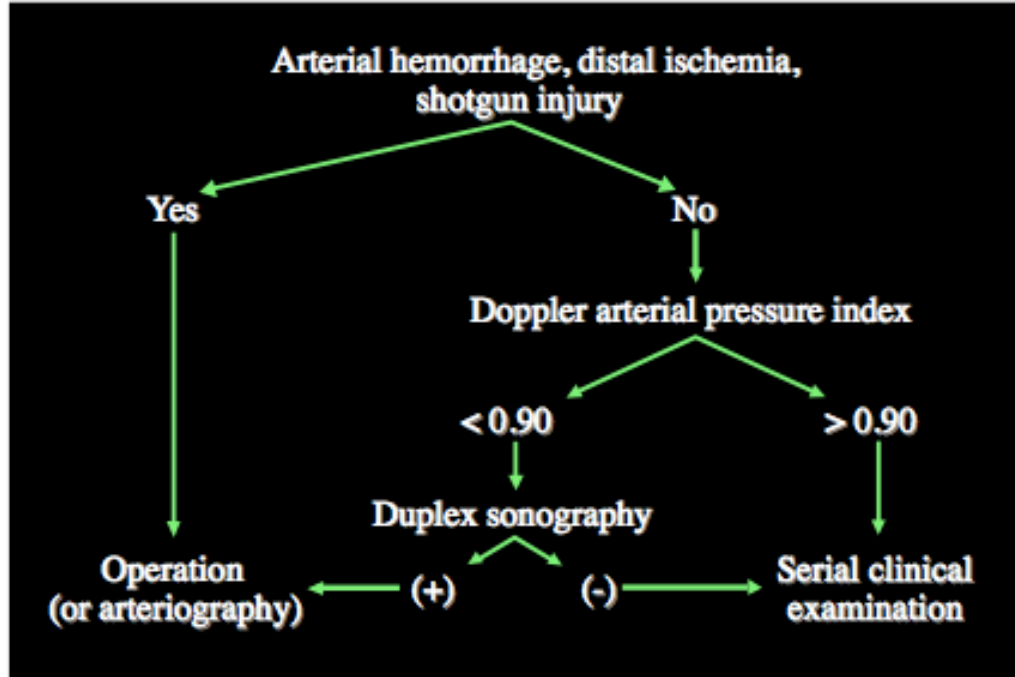
- 搬入時までの**動脈性出血所見歴**
- **動脈周辺**の創、外傷
- **動脈上**の非拍動性**血腫**
- 動脈近傍**神経**の**神経脱落所見**
- **弱くなる脈波**・拍動

Screening for extremity arterial injury with the arterial pressure index

Bruce A. Levy MD^{a,1}, Michael P. Zlowodzki MD^{b,2},
Matt Graves MD^{c,3}, Peter A. Cole MD^{d,*}

American Journal of Emergency Medicine (2005) 23, 689–695

^a*Sports and Knee Injuries, Regions Hospital, University of Minnesota, St Paul, MN 55101, USA*



$$\text{API} = \frac{\text{Doppler systolic arterial pressure in injured limb}}{\text{Doppler systolic arterial pressure in uninjured limb}}$$

0.9未満で画像所見へ!



これまでの成績

からの

改訂ポイント

対象

阻血性四肢外傷

- 膝窩動脈損傷／浅大腿動脈損傷
- 末梢血流が確認できない四肢外傷
- 戦略会議前 **17** 例 + 会議後 **17** 例

34例

2010年1月～ 2013年1月

戦略会議以前 : **Before S.**

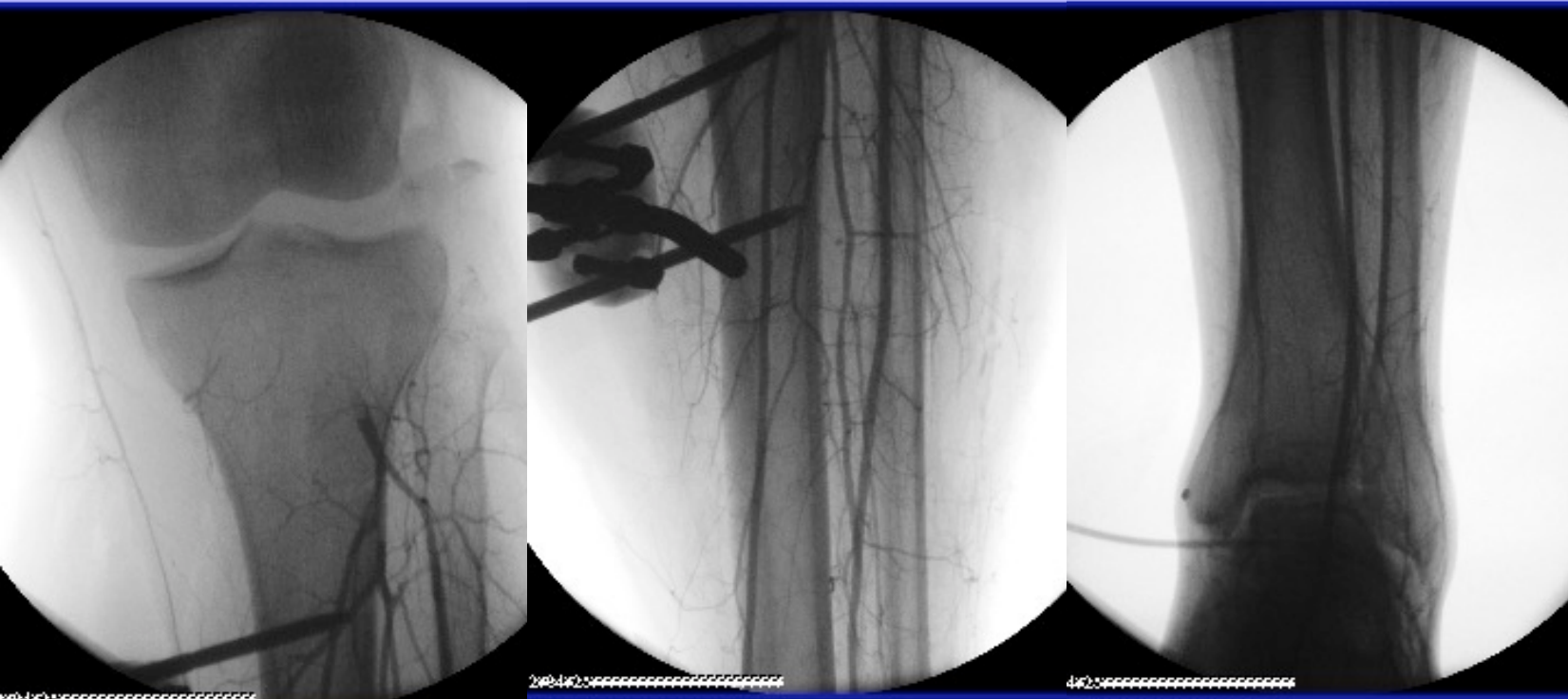
2013年3月～ 現在

戦略会議後 : **After S.**

術前検査

	AG	AG/CT	CT	未施行
Before S	5	4	1	1
After S	3	4	5	5

阻血時間短縮に貢献



シヤント後、逆行性動脈造影

- 損傷部より遠位の血管造影が可能
- TVSのコストが血管造影でとれる。

改訂

TVS施行後は

血管造影を行う

原

rule

則

阻血時間中央値①

Before S. 600分

After S. 277分

大きく改善！

阻血時間中央値②

再建例 23肢 459分

切断例 11肢 435分

大差なし

再建後切断

Before S. 6/17 肢

After S. 5/17 肢

大差なし

阻血時間,関係ない？



再建後切断症例

年齢	診断名	阻血時間	手術時間	出血量 (g)	切断日	切断理由	紹介	
69	左膝下動脈動脈/後脛骨動脈/前脛骨動脈/腓骨動脈損傷・左足関節脱臼骨折	450	3:40	2300	20	感染	熊谷生協	
63	右膝窩動脈損傷、右膝脱臼	792	7:20	1750	6	感染	国際医療センター	
35	左大腿/右膝窩動脈損傷、骨盤骨折	660	7:20	7140	21	感染		右切断 左右損傷、人工血管バイパス
26	左前腕切断	450	6:45	2500	30	感染		
37	右脛腓骨骨折/右膝窩動脈損傷	628	9:38	5000	6	再還流障害	埼玉医大本院	
27	多発性外傷、左下腿開放骨折/左膝窩動脈損傷	600	4:24	1000	1	阻血、血栓	深谷日赤	ダブルクラッシュ
53	右上腕切断、多発性外傷	157	4:06	800	12	再還流障害		HIT
46	右下腿不全切断、大腿骨骨幹部骨折	399	11:28	2500	1	出血多量、うっ血		
61	右上腕切断 右肋骨骨折 血気胸	135	5:52	3300	8	再還流障害、うっ血		
36	左総大腿動脈損傷、骨盤輪骨折、多発外傷	250	5:48	2690	1	救命、出血		
51	左大腿骨・右大腿動脈損傷	561	5:41	1800	23	感染		両側例、右遊離皮弁後切断

再建後切断症例

5/11例が

阻血時間 **7時間**以上

後日 **感染で切断**

阻血時間,関係ありそう。

阻血時間が

短かった症例はどうだった？



阻血時間 < 5 時間

年齢	性別	ID	病名	TVS	阻血時間 (分)	再建/ 切断	感染	切断日・理由
11	女	8136871	左肘関節完全離断	+	124	再建	なし	
61	男	7708118	右上腕切断 右肋骨骨折 血気胸	+	135	切断	?	1日、 再還流障害
22	男	7845464	右大腿骨骨折GⅢC 大腿デグロービング損傷	+	154	再建	なし	
53	男	7557572	右上腕開放骨折・不全断裂、 /SAH、多発顔面骨骨折 肝 損傷、右肺挫傷	+	157	切断	なし	12日再還流 障害・HIT
54	女	8094625	膝窩動脈損傷 右膝開放性脱臼	+	188	再建	なし	
40	男	7449598	右前腕切断	+	246	再建	あり	
64	男	7578842	左上腕不全切断 碑損傷 腓損傷	+	247	再建	なし	
36	女	7880289	左総大腿動脈損傷、骨盤輪 骨折、左前腕コンパートメ ント症候群、背部軟部組織 損傷	+	250	切断	?	1日 救命・出血
49	男	7585300	右上腕不全切断	+	277	再建	なし	
51	男	7972342	右大腿骨遠位骨折 右浅大腿動脈損傷	+	291	再建	なし	白岡総合より

阻血時間 < 5 時間

3 / 10 例が再建後切断。

ただし・・・切断理由はHIT、救命、出血

その後に感染で切断例 なし

全例、初療室でTVS

改訂

阻血性四肢外傷

初療室ですみやかに

TVS

原

rule

則

出血

コントロール



PRIORITY

早期血流再開。



出血增加！

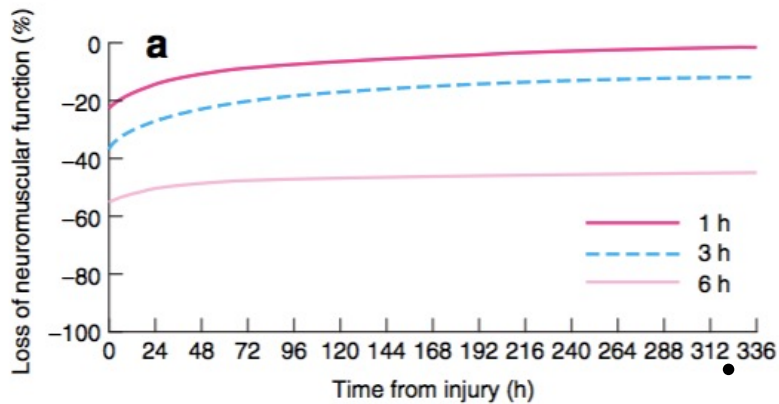
出血時間中央値

(初回手術のみ)

切断例 2500g

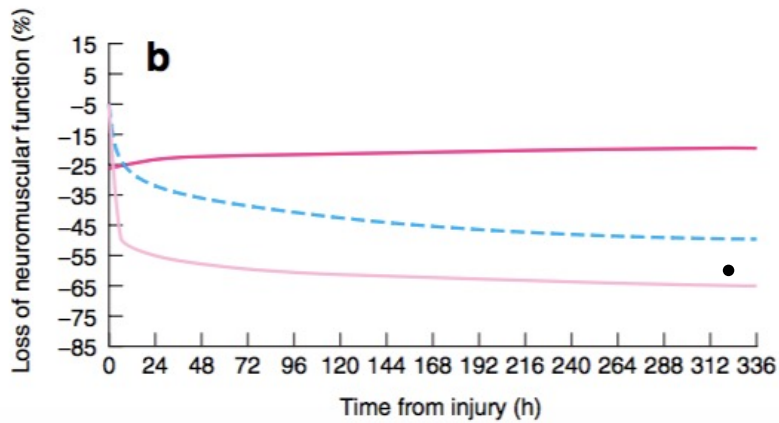
Hemorrhagic shock worsens neuromuscular recovery in a porcine model of hind limb vascular injury and ischemia-reperfusion

Capt Heather M. Hancock, MD Journal of vascular surgery 2011



ショック状態にしたブタを
コントロールと比較、
阻血肢を作成

コントロール豚 ; 阻血 1 hr、3 hr が
80%回復
(機能 + 筋の病理 + 神経伝導速度)



ショック豚 ;
阻血 3 hr は 50%程度にとどまる。

ショック → 阻血時間 & 機能に影響

改訂

送血は30分毎に
5分程度

rule

S. Raja Sabapathy. Curr Rev Musculoskelet Med (2014) 7:40–46

65才男性

ホイールローダーに墜過



阻血





リスフラン関節脱臼骨折

立方骨粉碎
2メ夕基部
背足脱臼



造影CT

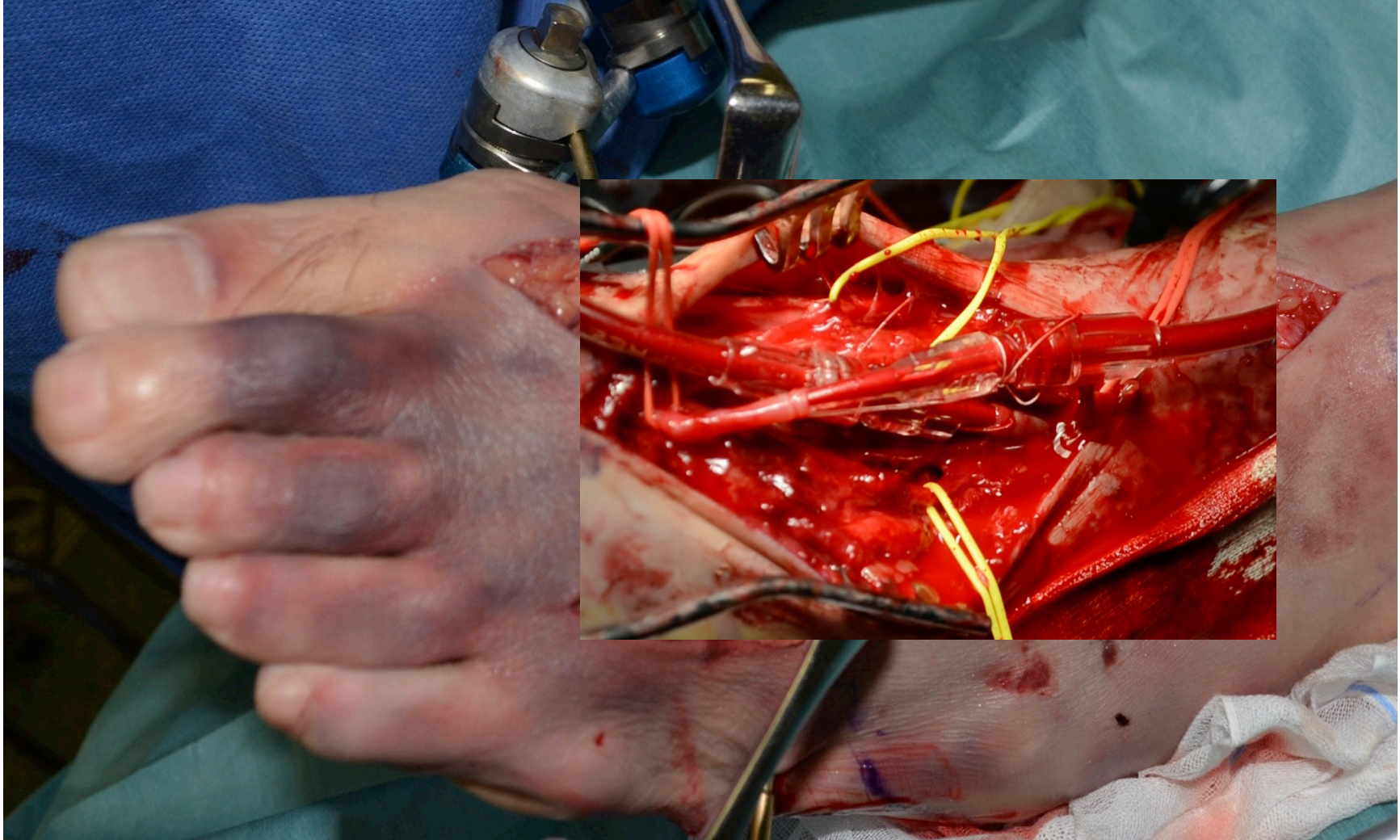




Shunt?



Surgery



TA完全断裂 → **Temporary shunt**
EF → **Saphenous vein graft**

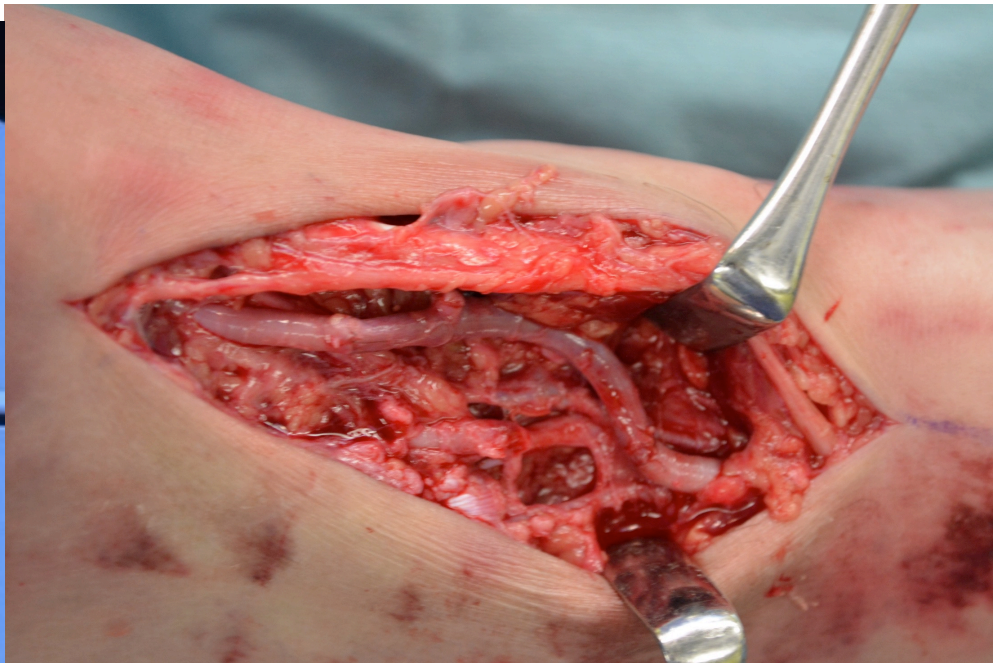


筋膜切開後阻血

→術中

angiography

2メタ基部での
Planter archの損傷



2 meta 安定化
端々縫合



**足背にシャント
→アーチの縫合が困難**



Ganga hospital guideline

(major amputation of upper limb)

上肢近位
1 / 3 レベル

3 - 6 h で病院着 → **TVS**
6h 越え → 切断

中央 1 / 3

4 - 7 h で病院着 → **TVS**
7 h 越え → 切断

遠位 1 / 3

TVS 使わない。
8 h 越え → 切断グレイゾーン



Ganga hospital guideline

(major amputation of upper limb)

上肢近位
1/3レベル

3-6 hで病院着 → **TVS**
6h越え → 切断

中央1/3

4-7 hで病院着 → **TVS**
7 h越え → 切断

遠位1/3

TVS使わない。
8 h越え ⇒ 切断グレイゾーシ

改訂

アーチの損傷が
疑われる症例

→ **TVS** は適応外

原

rule

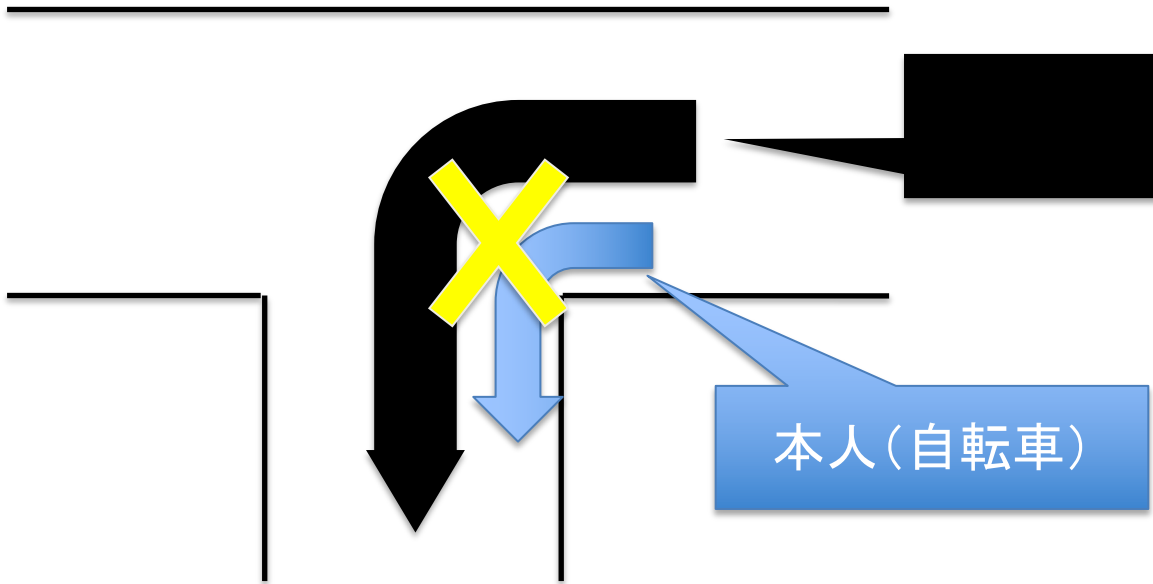
則

外腸骨動脈・総大腿動脈損傷例

36歳 女性

自転車 VS トラック

事故状況



トラックの前後輪で骨盤部を2回轢下された。

救急隊接触時

- JCS:300
- BP:測定できず
- HR:139/min
- RR:30/min

Flight Record

時刻	HR	BP	処置
9:24	139	触知可	患者接触、骨髄針留置
9:31	138	触知不可	アドレナリン1mg投与、胸骨圧迫、挿管
9:35	109	触知可	CPR停止、骨髄針1本追加
10:08	128		ヘリ離陸、適宜10倍アドレナリン投与
10:15	107	触知不可	アドレナリン1mg投与
10:17		触知可	
10:18			ヘリポート着陸

初療室(MTP対応)

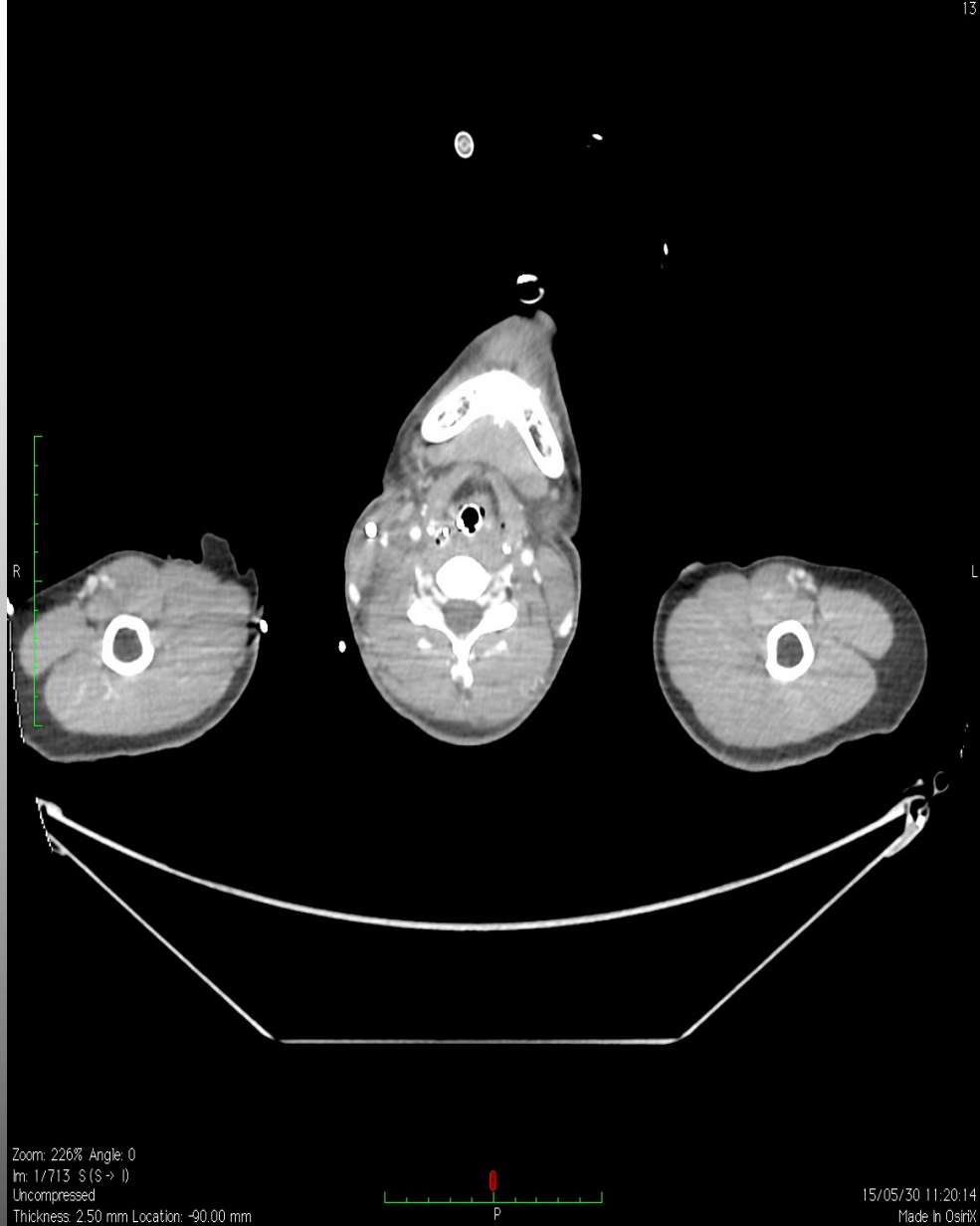
時間	経過	薬剤投与	処置
10:28	<u>搬入</u>		
10:30	<u>胸骨圧迫開始</u>	ボスミン1A投与	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 外腸骨動静脈結紮 ▪ 骨盤ガーゼパッキング
↓	BP測定不能 HR:48/min		
10:41	<u>自己心拍再開</u>	RBC 8単位(O型異型輸血6u)	
↓	BP:60/48mmHg HR:142/min	FFP 4単位 フィブリノーゲン3g	
11:15	<u>CT室へ</u> BP:130/50mmHg		rt SCVから8Fr Vシース rt IJVから8Fr Vシース rt FAから4Fr Aシース

診断

- 左外腸骨(総大腿)動静脈損傷
- 開放性骨盤骨折
- 右大腿デグロービング損傷
- 背部軟部組織損傷
- 右前腕コンパートメント症候群

Image size: 512 x 512
View size: 1157 x 1157
WL: 40 WW: 400

0007880289 (36 y , 36 y)
2.28 trauma Routine + Leg(CE) - C-Leg 120sec 2.5mm Strid
4985
13



Zoom: 226% Angle: 0
In: 1/713 S(S->I)
Uncompressed
Thickness: 2.50 mm Location: -90.00 mm

15/05/30 11:20:14
Made in OsiriX

この段階での治療戦略

足背動脈からの逆行性送血



背部軟部組織損傷・骨盤骨折に対してIVR



血行再建 + 骨盤創外固定

Cross-limb retrograde arterial bypass



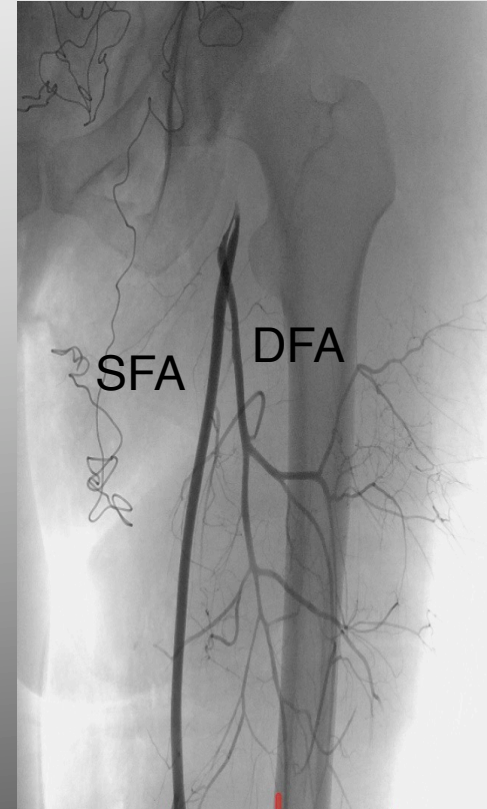
IVR(1st)



Internal iliac artery(IIA)

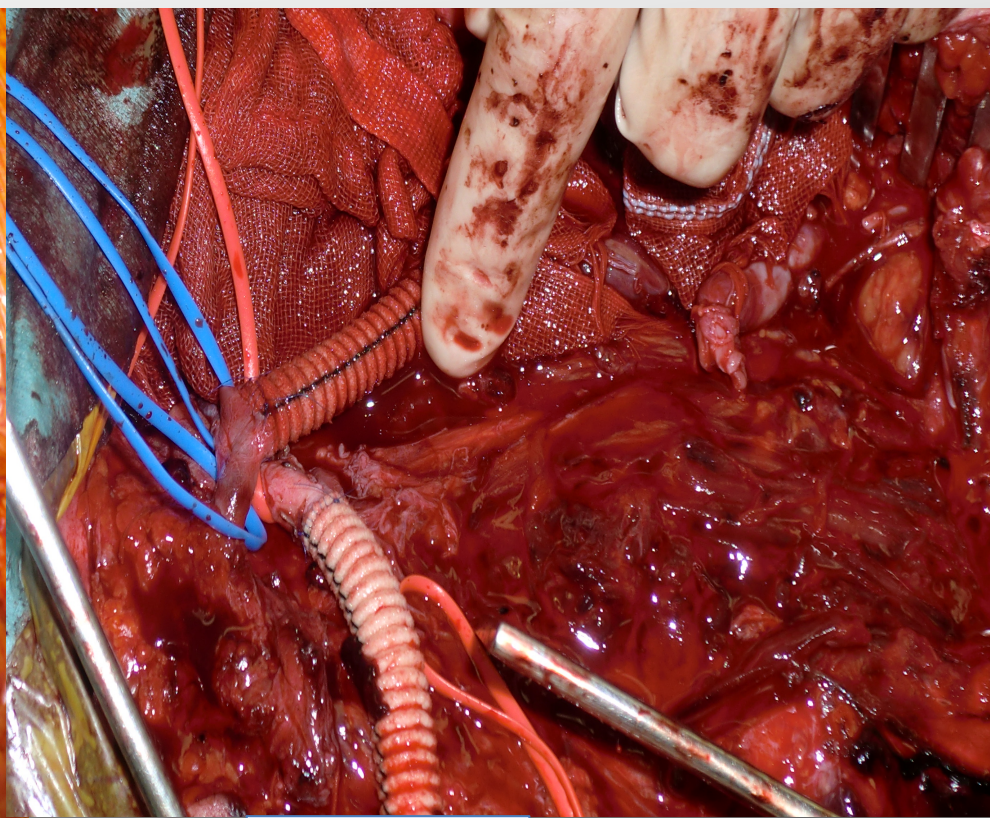
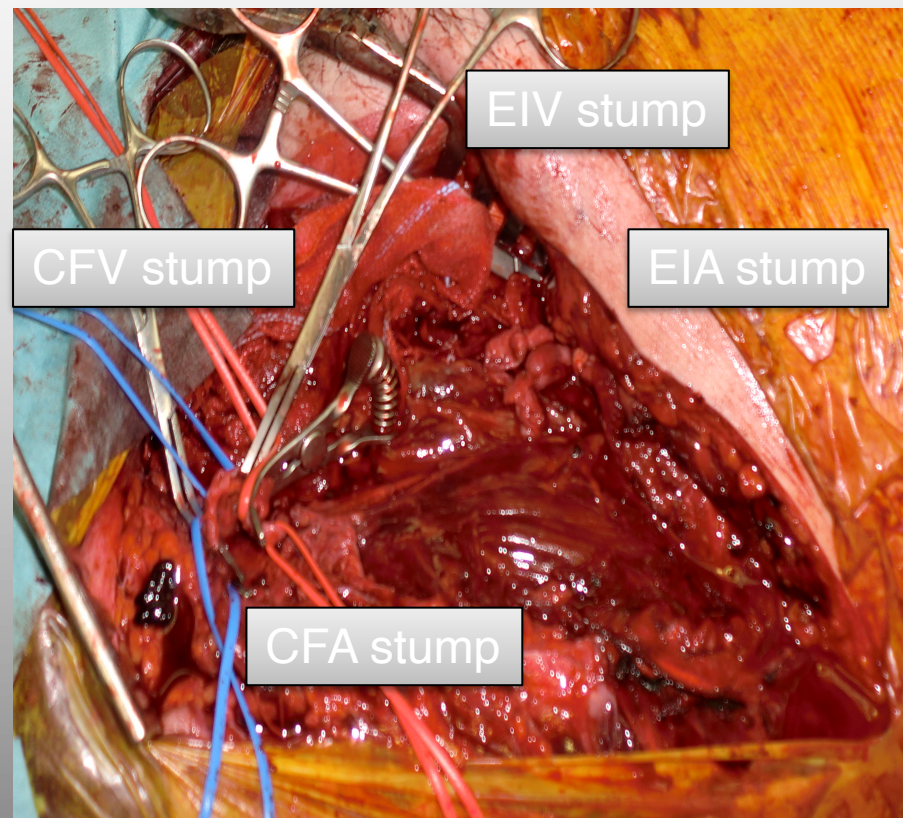


Lumber artery(LA)



retrograde enhance

Reconstruction of It CFA&V + pelvic EF



operation time : 5h48min
blood loss : 2690ml

RBC : 28unit
FFP : 28unit
PC : 20unit

- ICU退室時から足背動脈の圧波形出ず。
- 左下腿の筋圧上昇

It lower leg fasciotomy

ICU

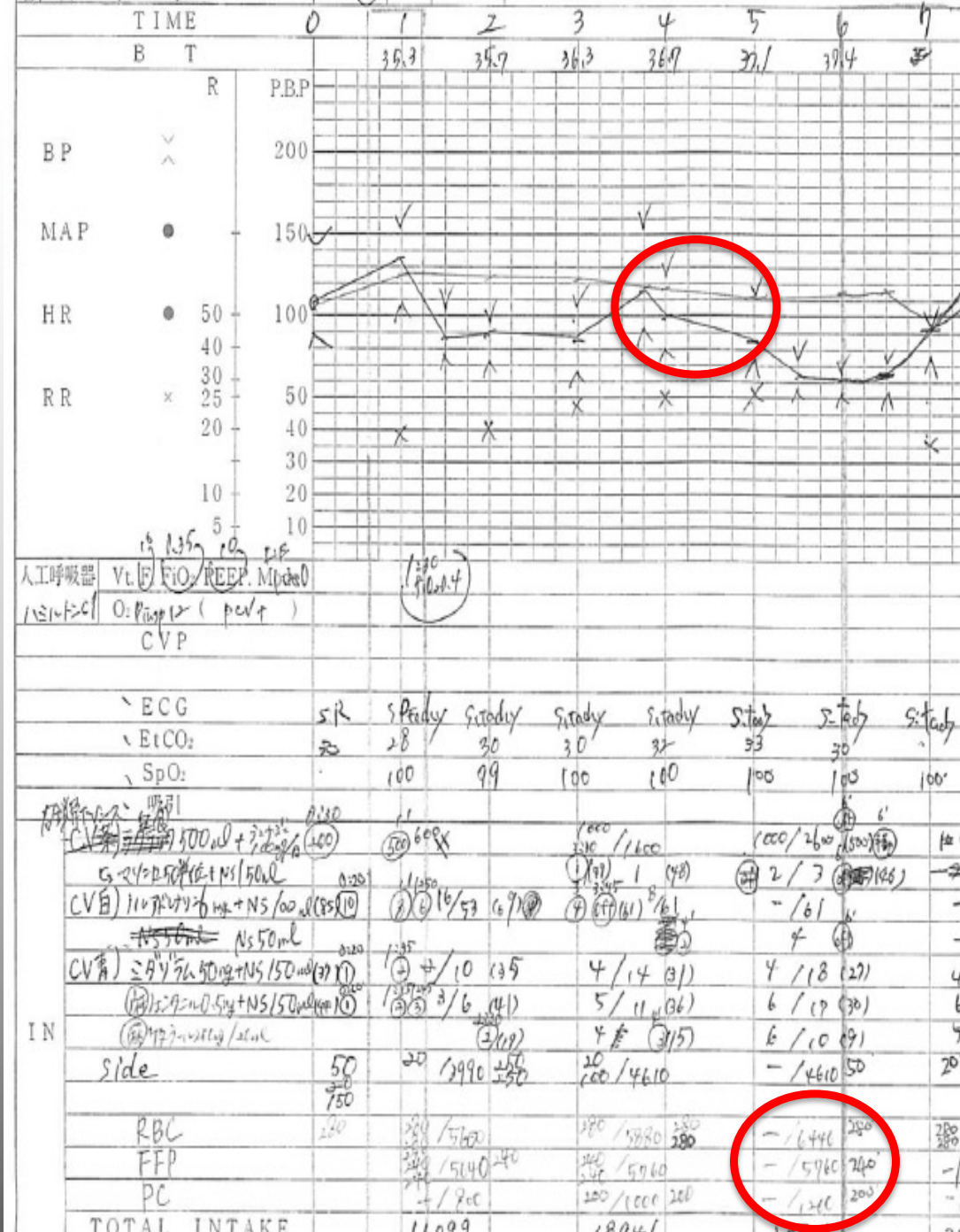
Hemodynamically unstable

2nd IVR

ノボセブン
投与

Severe sw
of lt femur

Increasing transfusion



IVR(2nd)



It limb was sacrificed



It CFA&V ligation
Remove the grafts



Achieved stable
Hemodynamics

Total transfusion volume required to achieve stable hemodynamics

RBC 9800ml

FFP 8400ml

PC 1600ml

Proximal femoral amputation



6/9(post injury day 10)

GCS: E4 VT M6

Confirmed survival
with no neurological impairment

10:28(1h33min)	初療: 左外腸骨動静脈結紮＋骨盤ガーゼパッキング
11:15(2h20min)	CT: 背部軟部組織のCB＋骨盤骨折、左下肢に
13:05(4h10min)	逆行性送血(Cross limb shunt)
13:30(4h35min)	IVR: 背部軟部組織損傷(CBあり)＋骨盤骨折
16:00(7h05min)	左前腕減張切開: 骨折はなし
16:45(7h50min)	左大腿動静脈血行再建＋創外固定: 人工血管使用
00:40(15h45min)	左下腿減張切開: 左足背動脈の圧波形は得られず
	ICU管理: バイタル不安定、右大腿の腫脹
06:00(21h05min)	IVR＋ノボセブン投与
09:30(24h35min)	左大腿動静脈結紮: 救肢断念→その後バイタル安定
	大腿切断

M&Mのdiscussion



- Cross limb shuntの挿入に手間取った。
- 大腿のデグロービングを過少評価した。
- 血行再建後のIVRのタイミングが遅れた。
多発外傷 + 血行再建 → IVRのルーチン化は？
- ノボセブンの投与のタイミングは？
- 術者以外の第3者が切断判断や止血をふくめて
ベッドサイドでリーダーシップを
- 止血は外科的手技、凝固製剤、IVRをふくめて
総合的に

改訂

四肢中枢の血管損傷

他部位の損傷や

損傷部遠位を評価し

血流再開は

慎重に行う

原

rule

則



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。



新治療戦略②

- ・ アーチの損傷が疑われる場合
TVSは行わない。

- ・ **四肢中枢性損傷**の場合、
他部位の損傷や損傷部遠位を評価
し、血流再開は慎重に行う。