

# 第3回戦略会議

## 四肢血管外傷に対する阻血時間短縮

森井 北斗

# Introduction

○ 四肢阻血時間の延長は、切断率を高める。

完全阻血の膝窩動脈損傷15例

虚血時間5時間以内の5例は全例救肢、6時間以上は切断になった。

Temporary Shuntをルーチンに使用するべき。

～ Hossny et.al. 2004 J.Vasc.Surg .

26例の下肢血管損傷(84%が穿通性外傷)を修復、96%の救肢率。

阻血時間の延長した症例が切断となった。～Ashworth EMら 1988 J Trauma

# ○ 不可逆性変化の始まる阻血時間

**Table 1** Critical tissue ischemic times [11]

Tissue	Time
Muscle	4 hours
Nerve	8 hours
Fat	13 hours
Skin	24 hours
Bone	4 days

11. Steinau H-U. Major Limb Replantation and Postischemia Syndrome: Investigation of Acute Ischemia-induced Myopathy and Reperfusion Injury. New York: Springer Verlag, 1988, pp 9-22, 23, 26, 33.

阻血性四肢外傷 = 筋壊死との戦い

# The pathophysiology of skeletal muscle ischemia and the reperfusion syndrome: a review

F. William Blaisdell

Department of Surgery, University of California, Davis, Medical Center, 2221 Stockton Ave.,  
Sacramento, CA 95817-2214, USA

CARDIOVASCULAR SURGERY DECEMBER 2002 VOL 10 NO 6

- 筋のダメージが不可逆性になる前に再循環させることが重要。**血流遮断後4-6時間がGolden hour**
- Steunauらはmajor amputationは阻血後4時間で全身合併症の危険があり、**10時間経過した四肢は切断をすすめている。**

**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]

---

# Improving lower limb salvage following fractures with vascular injury: a systematic review and new management algorithm☆

G.E. Glass<sup>a,c,\*</sup>, M.F. Pearse<sup>b</sup>, J. Nanchahal<sup>a,c</sup>

Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery (2009) 62, 571–579

- Golden hourは4–6時間といわれているが、骨格筋はよりsensitive.
- 薄筋は虚血が3、4、5時間だと各々2%、30%、90%壊死する。～Labbe
  - 骨格筋の微小循環の変化は3–4時間から  
～Hammersen
  - ラットモデルでは、神経虚血は3時間でシビアな神経の血流障害を起こす ～ kinoshita
- 救肢率は虚血が3–4時間あたりから一気に下がる。

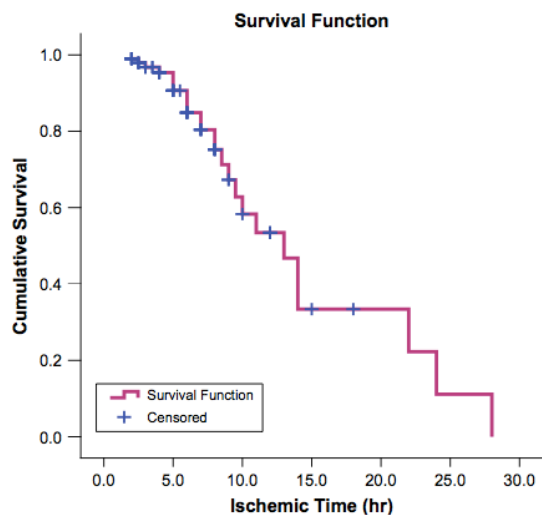


Figure 1 Kaplan–Meier survival curve demonstrating limb survival with ischaemic time. The curve demonstrates that a steep decline in limb survival begins at about 3–4 h, which is consistent with anticipated irreversible necrosis following ischaemic injury to muscle and nerve.

阻血時間は短いほどよい！

# 当院における阻血性四肢外傷

- 2004年4月～2014年3月までの10年間
- 上肢は鎖骨下動脈以下、下肢は外腸骨動脈以下の阻血性外傷（生存例）

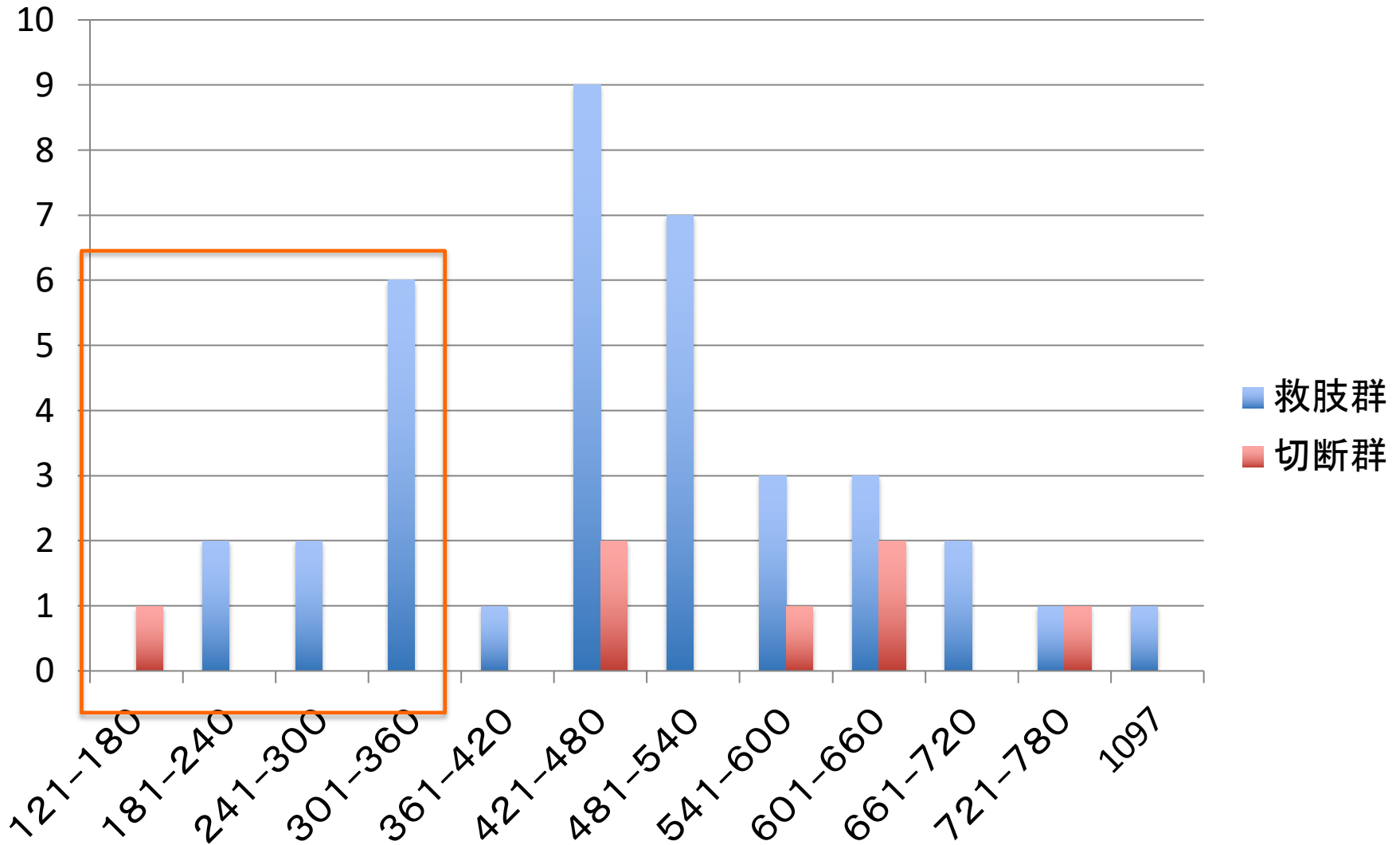
# 当院における阻血性四肢外傷

- 総数： 64例
- 初療で切断： 19/64例
- 再建手術： 45例
- 再建手術後に切断： 7/45例

- 完全阻血肢(疑いも含む) 26 / 64例
- 再建手術中の完全阻血例 8 / 45例
- 完全阻血中の救肢例 4 / 8例
  
- 再建後切断例の平均阻血時間・・・ 9:57  
(HIT陽性患者の1例は除く)
- 再建後救肢例の平均阻血時間・・・ 7:40

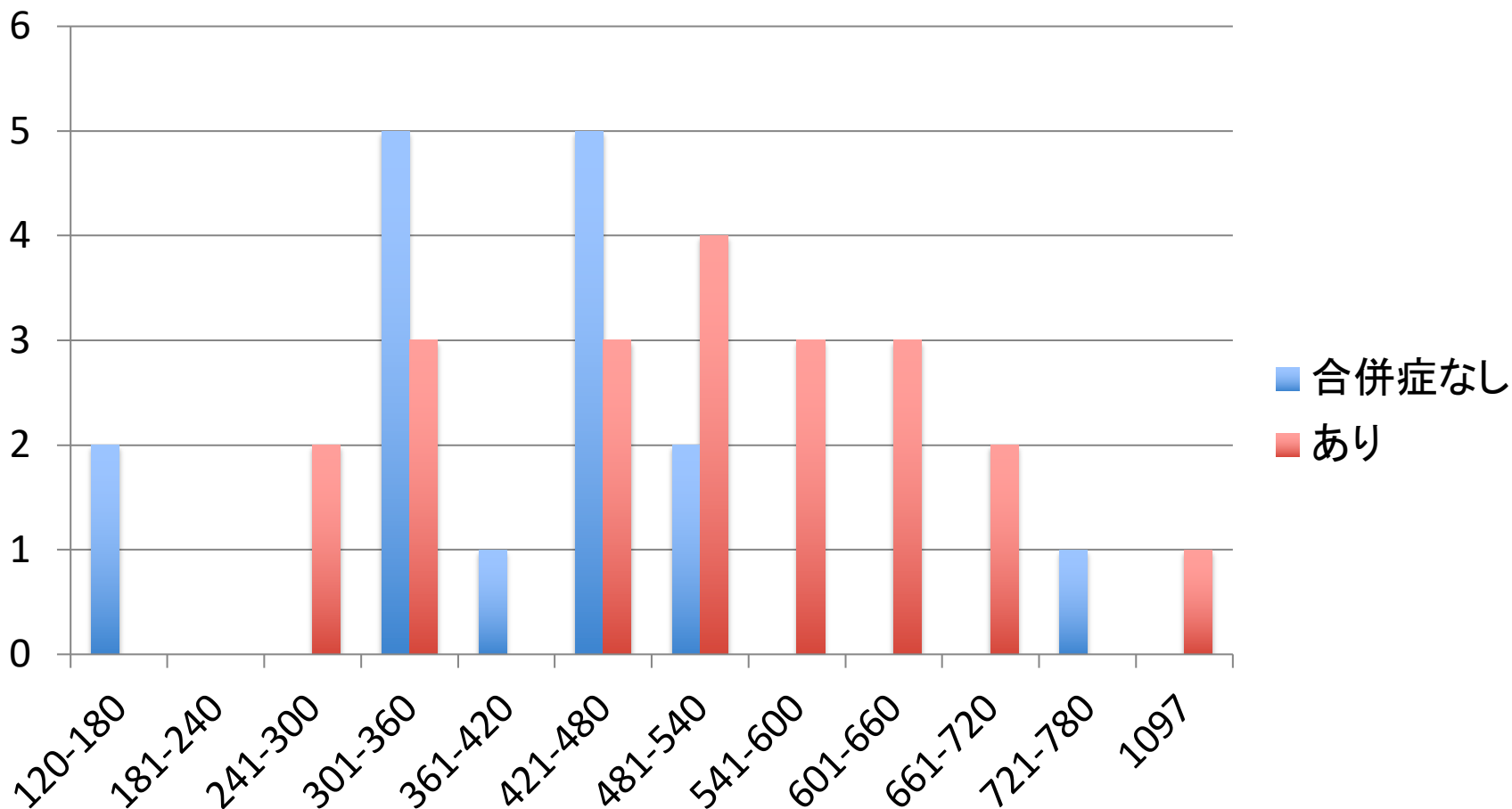


# 阻血時間と切断



Golden hour 内は11例、うち3例はシャント導入

# 阻血時間と合併症（筋膜切開、感染）

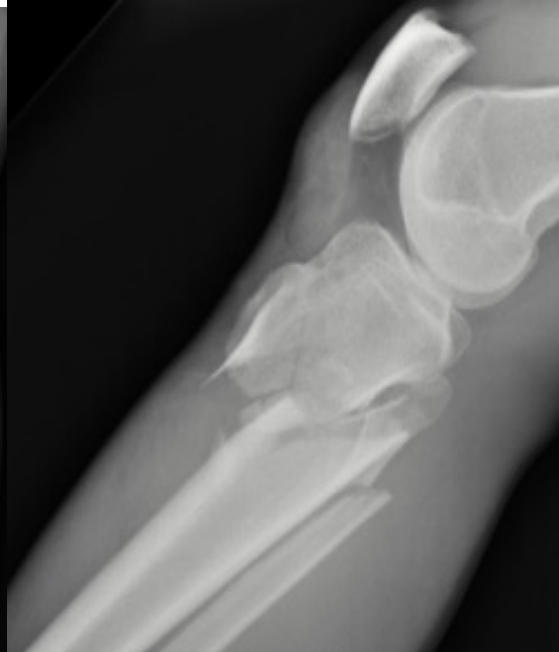


遅くても6時間以内には押さえない



- ・70才女性 交通事故 既往なし
- ・埼玉医大国際医療センターから紹介。
- ・阻血時間**10:12**で血行再開。
- ・筋膜切開施行、**救肢**

術後1年、杖歩行自立



- ・39才男性 交通事故 既往なし
- ・埼玉医大毛呂病院から紹介。
- ・阻血時間**10:28**で血行再開。
- ・筋膜切開施行も**第6病日**で切断

術後1年、義足歩行自立

- ・ **不全阻血 or 完全阻血の判断は困難。**
- ・ **両者でGolden hour にもおそらく差がある。**



# 以上の結果より・・・

- 阻血時間が短いほど救肢、合併症の点で有利である。
- Golden hour以内に血行再建を完了できた症例は4分の一程度だった。  
→ 阻血時間短縮に向けての戦略が必要。
- 血行再建時間が10時間をこえても救肢できた症例が存在した。  
→ 完全阻血肢と、不完全阻血肢ではGolden hourが異なる。
- 受傷部位、診断、阻血時間が同じでも予後の異なる症例が存在した。  
→ 初療室で阻血レベルの判断は困難、すべて可及的早期に。
- 受傷時間、虚血所見、手術記載（血行再開時間、完全阻血か不全阻血）の記載が不十分だった。  
→ 阻血性四肢外傷のレジストリが必要。

# 四肢阻血時間短縮への道

- 第一の関門 : プレホスピタル
- 第二の関門 : 初期治療～手術室
- 第三の関門 : 手術室

Right time , Right patient , Right Place  
..... Golden hour 内に完遂できるか！？

- 第1の関門： プレホスピタル
  - ✓ 阻血性四肢外傷の疑いを判断できるか？（特に不完全阻血）
  - ✓ 出血のコントロール、切断肢の適切な保存ができるか？
  - ✓ 適切な病院選定ができるか？
  - ✓ 受傷時間と覚知時間の差を認識して、報告できるか？

# 四肢阻血時間短縮への道

- 第2の関門： 初療室
  - ✓ Hard sign , Soft sign を適切に判断、**診断**できるか？
  - ✓ 手術室との交渉
  - ✓ **最短時間での検査、治療手順**をイメージできるか？  
(特に多発性外傷)
  - ✓ **Temporary Vascular Shunt** の導入



# 四肢阻血時間短縮への道③

## ・ 第3の関門： 手術室～

- ✓ 阻血時間にPriorityをおいた骨再建、血行再建
- ✓ チームの人員確保
- ✓ 骨再建； Temporary EFか？ Definitive fixationか？ 短縮は？
- ✓ 血行再建； 血管の選定、グラフトか？ 縫合か？、静脈再建は？
- ✓ 適切な筋膜切開の判断
- ✓ 確実かつ繰り返すデブリドマン
- ✓ Flapの判断、早期手術
- ✓ ヘパリンコントロール

・・・e.t.c

# 診断

- Hard sign
- Soft sign
- API
- アルゴリズム

15

17才 男

11/26 足の打撲 5.7cm x 2.7cm 左膝 直傷  
近位 PCL 損傷。診断

11/27 母股の車輪で足の車輪の損傷  
腓骨神経に → 入段

11/28 コレラト外 synd の外に 流注切開  
大腿 = 筋断絶, 外側支持組織の破綻, 関節包断裂  
外側半月板の脱臼

11/30 左足改善なし. 腓骨系A 筋断絶 → 骨片 loose

「腓骨筋 損傷」の筋断絶を認めた。ATP の低下。  
血液検査. DPO ⊖

→ 整形外科に入院. 創傷部を sedata 下 流注切開。  
(内服. 処方)

入院後 K の検査. ECG 異常 + 高血圧

入院後 10 日 腎臓 7.5 (5.5) のため. symmetrical face  
腫脹. obstructive

後脛骨 A. の検査. 血液検査

腎臓 日 悪化. (2.5) のため (7.5) のため

BUN: 39.3 ure ↑. CRP ↑

CK ↓ → 腎臓 悪化

悪化 → 腎臓 悪化 → compartment 症 原因 不明に似ている

→ 腓骨 A 損傷 → 腓骨 A 損傷 (腓骨筋断絶)

→ 腎臓 悪化 → 腎臓 悪化

SAITAMA MEDICAL CENTER

ID No. 749811111

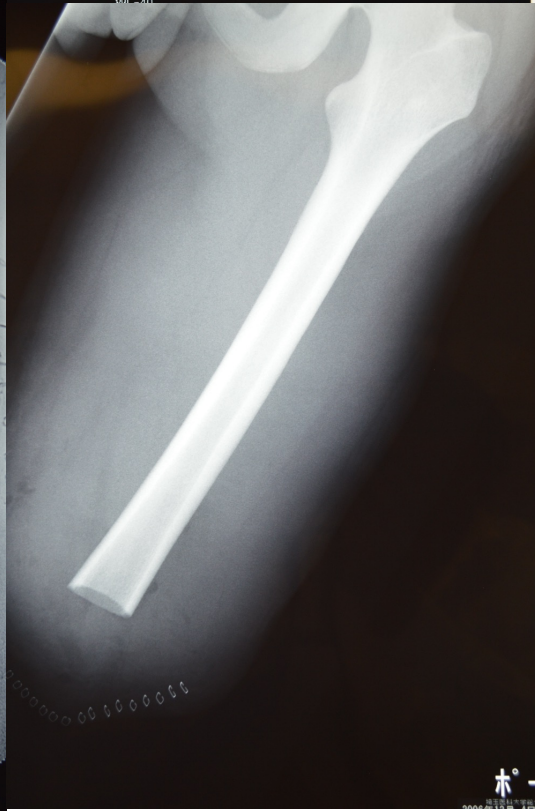
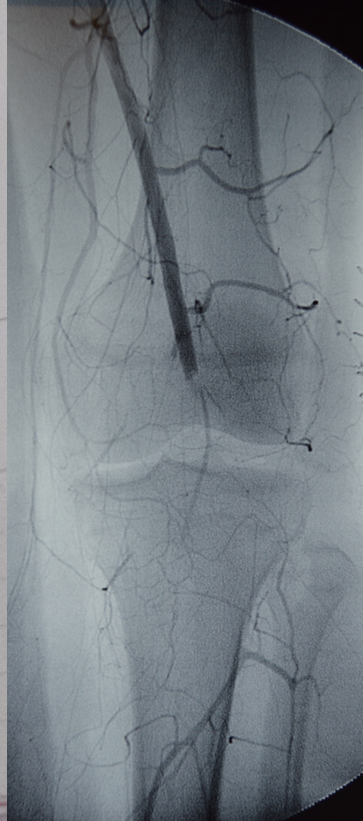
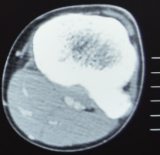
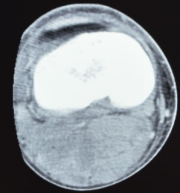
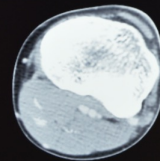
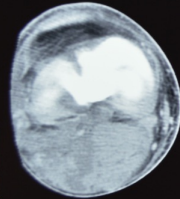
Date, Time

Signature

11/2 — Angio 行? 来た → 膝窩 a. 損傷 ⊕

Amputation 予定 (11/27?)

— 1/0 CK ↓ AST/ACT ↓  
Na 130 ↓ WBC ↓ CRP ↑



木

# Hard Sign

- 活動性外出血 external bleeding
- 拡大する血腫  
a rapidly expanding hematoma
- 阻血所見 any of the classical signs of arterial occlusion (pulselessness, pallor, paresthesias, pain, paralysis □ 5 “P”s)
- 損傷部の触知/聴取できる拍動  
a palpable thrill/ audible bruit.

# Soft sign

- 搬入時までの動脈性出血所見歴  
a history of arterial bleeding at the scene or in transit
- 動脈周辺の創、外傷  
proximity of a penetrating wound or blunt injury to an artery
- 動脈上の非拍動性血腫  
a small nonpulsatile hematoma over an artery
- 動脈近傍神経の神経脱落所見  
a neurologic deficit originating in a nerve adjacent to a named artery.
- 減弱する拍動  
Diminished distal pulse

# (v) The Management of Vascular Injuries in Extremity Trauma

**Andrew D. Dueck\*** and **Daryl S. Kucey†**

*Current Orthopaedics* (2003) 17, 287–291  
© 2003 Elsevier Ltd. All rights reserved.  
doi:10.1016/S0268-0890(03)00104-X

\*Department of surgery, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada  
†Division of Vascular Surgery, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

## **Table 3** Orthopaedic injuries known to be associated with vascular injuries

Elbow dislocations

Fractures to the humerus

Knee dislocation (especially posterior)

Proximal tibial and fibular fractures

Distal femoral fracture

Pelvic fracture ( injury of external iliac artery )

閉鎖性骨折は血管損傷が分かりにくく、頻度も低い。  
上記骨折があった場合は特に注意！

# Screening for extremity arterial injury with the arterial pressure index

Bruce A. Levy MD<sup>a,1</sup>, Michael P. Zlowodzki MD<sup>b,2</sup>,  
Matt Graves MD<sup>c,3</sup>, Peter A. Cole MD<sup>d,\*</sup>

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

<sup>a</sup>Sports and Knee Injuries, Regions Hospital, University of Minnesota, St Paul, MN 55101, USA

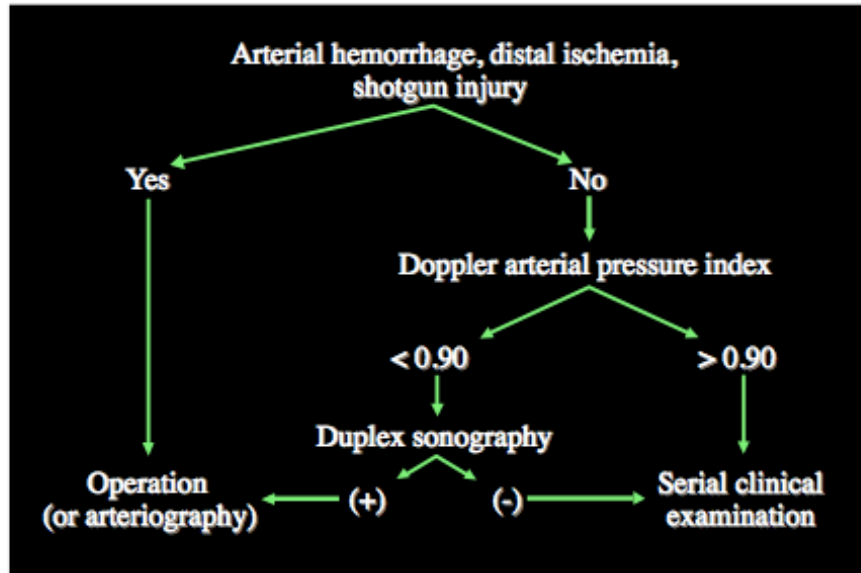


Fig. 10 Proposed treatment algorithm for vascular assessment in lower extremity trauma.

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

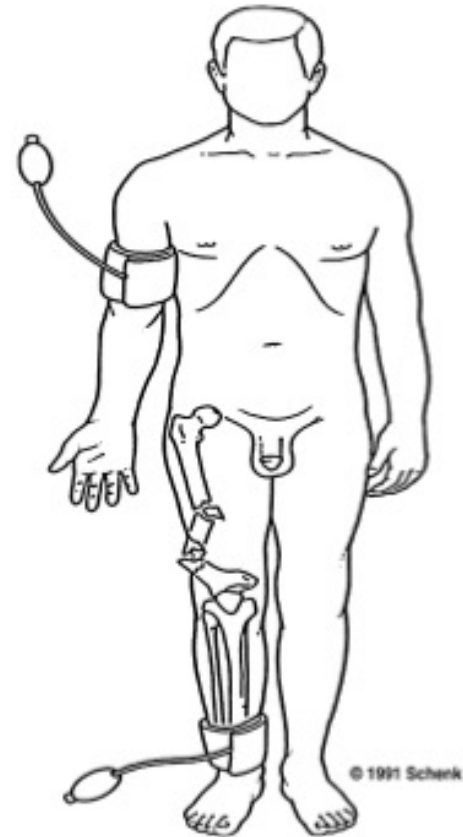


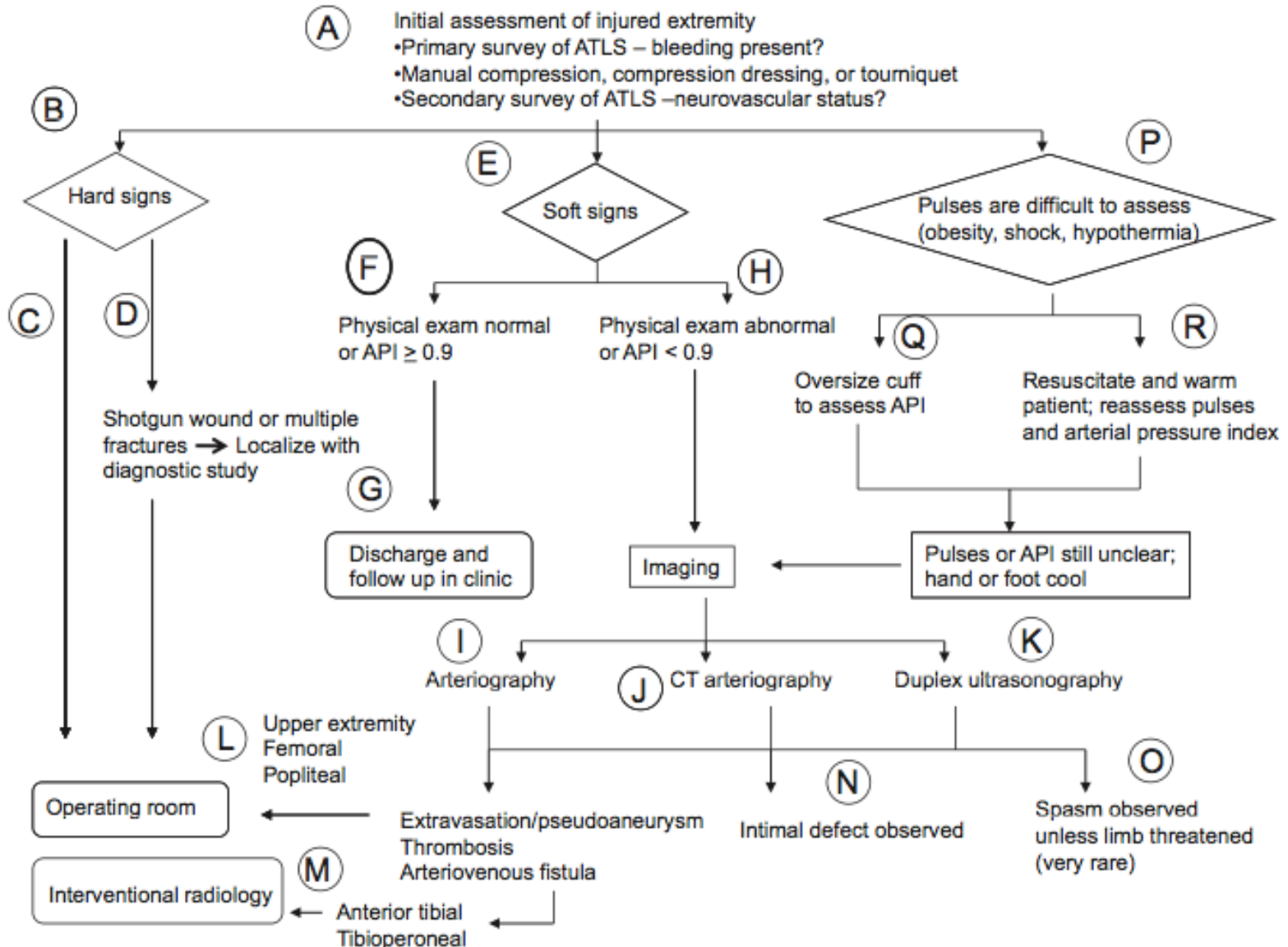
Fig. 1 Example of the placement of the blood pressure cuffs on the extremities for assessment of API.

0.9未満で画像所見へ！

Evaluation and Management of Peripheral Vascular Injury. Part 1.  
Western Trauma Association/Critical Decisions in Trauma

(*J Trauma.* 2011;70: 1551–1556)

David V. Feliciano, MD, Frederick A. Moore, MD, Ernest E. Moore, MD, Michael A. West, MD, PhD.





# Improving lower limb salvage following fractures with vascular injury: a systematic review and new management algorithm<sup>☆</sup>

G.E. Glass<sup>a,c,\*</sup>, M.F. Pearse<sup>b</sup>, J. Nanchahal<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Department of Plastic Surgery, Charing Cross Hospital, Charing Cross Lower Limb Reconstructive Service, Fulham Palace Road, Hammersmith, London W6 8RF, UK

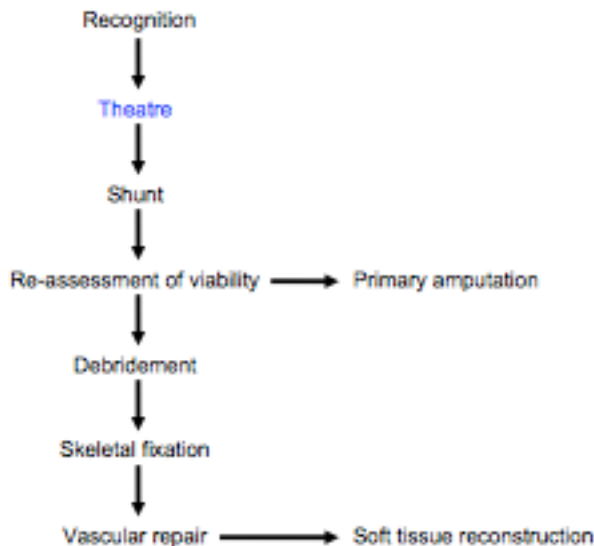
Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery (2009) 62, 571–579

- ・10編の論文での101肢のレビュー
- ・6時間以内の血行再建で救肢87%6時間以上で切断67%
- ・術前血管造影が血行再開遅延の主な理由  
(造影＋：平均7.6時間、造影－：平均3.8時間)
- ・Shuntを用いた症例は血行再開平均3.8時間。  
グラフトのみの場合は7.6時間

**結論：不要な血管造影は致命的な遅れになる。  
シャントは阻血時間を著名に減少させる。**

**Table 1** Outcomes for each surgical sequence employed. Sequence 1 refers to surgical debridement and skeletal fixation followed by vascular anastomosis. Sequence 2 refers to surgical debridement and vascular anastomosis followed by skeletal fixation. Sequence 3 refers to vascular shunt followed by skeletal fixation, debridement and definitive vascular anastomosis using a vein graft. The mean ischaemic time was significantly reduced when a vascular shunt was placed first, compared with the combined, alternative strategies. Significantly fewer fasciotomies were performed when shunts were placed prior to skeletal fixation or arterial repair

Surgical Sequence	No. Patients	Mean Age (yrs)	MESS (mean)	Mean Ischaemic time (hr)	Revasc. <6 h (%)	Amputation (%)	Fasciotomy (%)
1	55	30	4.3	8.6	24 (44)	17 (31)	24 (43)
2	16	32	4.3	7.0	9 (56)	2 (12)	8 (50)
3	30	33	4.2	3.6	27 (90)	4 (13)	5 (17)
		( <i>P</i> = <i>N/S</i> )	( <i>P</i> = <i>N/S</i> )	( <i>P</i> < 0.001)	( <i>P</i> < 0.001)	( <i>P</i> = <i>N/S</i> )	( <i>P</i> = 0.012)



**Figure 5** Algorithm for the management of lower limb fractures with ischaemic vascular injury. Note that the decision to amputate can be made immediately or following an assessment of the viability after shunting. Delineation of viable tissues also aids debridement, as it can be performed without tourniquet control.

・ハードサインがあれば造影せず手術室

➡ まずシャント

➡ 再評価し切断も考慮

➡ 再建ならデブリして骨固定

➡ 血管修復

➡ 軟部再建

・術後は低分子ヘパリンのみ使用

阻血時間短縮の切り札

## ***Temporary Vascular Shunt(TVS)***

the use of a vascular shunt was first  
described by Eger et al. in 1971  
(in the context of military trauma)

# 2つのTemporary Shunt

- **TIVS**: *Temporary IntraVascular Shunt*

- ・・ 損傷部位を架橋した短いシャント

利点: 塞栓しにくい。確実性が高い。清潔野が作りやすい。

欠点: 挿入血管の内膜損傷など血管へのダメージがある。

解剖の知識や経験が必要

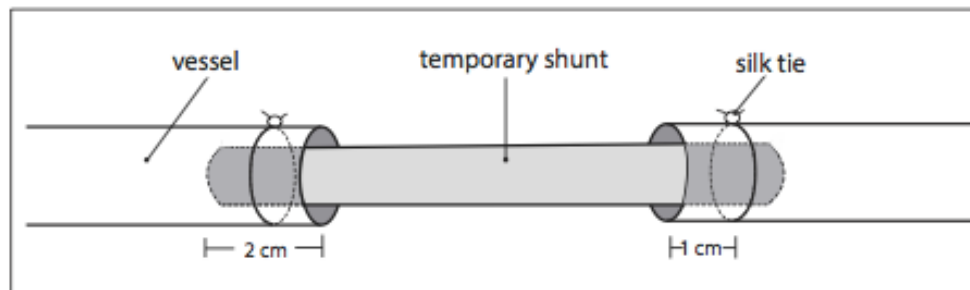


Fig. 1. Illustration of placement of the plastic tubing within a damaged artery to form a temporary intravascular shunt.

阻血四肢に対する一般的な方法は **TIVS**

- **CVS** : **C**ross limb **V**ascular **S**hnt

- 健全部から損傷遠位へのシャント。  
発表論文は少なく、一部の施設のみで施行。

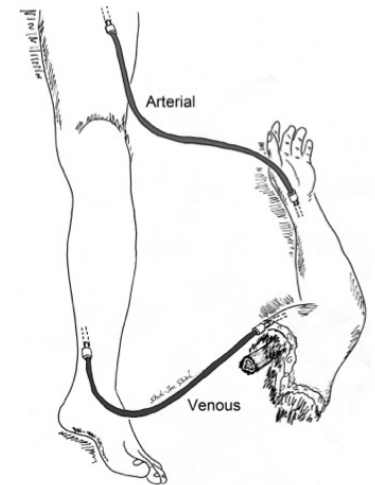
利点 : 損傷部のダメージがない。

TVSよりは初療医に行いやすい？

開存していれば手術操作中も継続して使用できる。

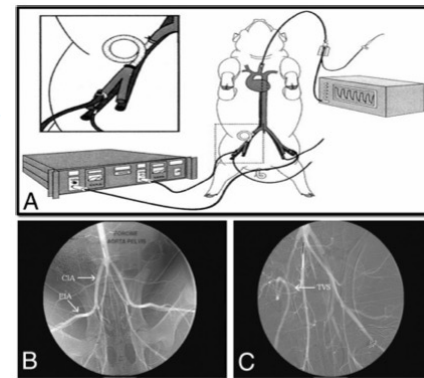
欠点 : 血管抵抗が大きく、閉塞しやすい。

損傷部遠位での血管損傷を作ってしまう。

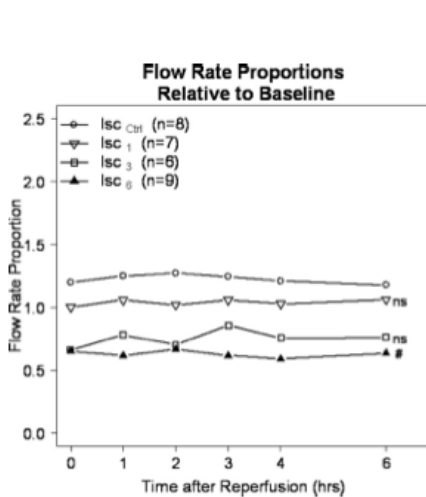


# Early Versus Delayed Restoration of Flow With Temporary Vascular Shunt Reduces Circulating Markers of Injury in a Porcine Model

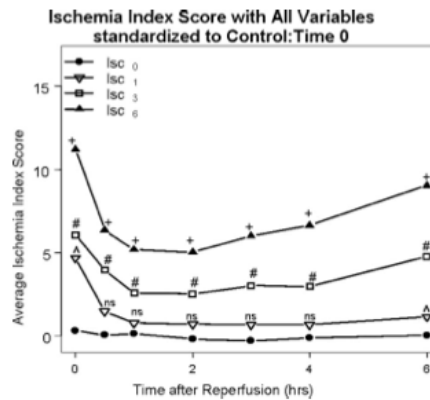
Shaun M. Gifford, MD



The Journal of TRAUMA® Injury, Infection, and Critical Care • Volume 67, Number 2, August 2009

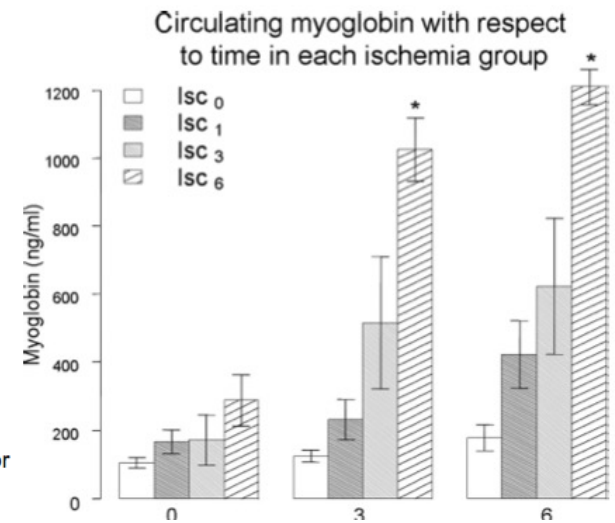


**Figure 3.** Flow rate proportion. The proportion of flow the common femoral artery compared with the baseline for each group. (NS) =  $p > 0.05$  for the  $Isc_1$  and  $Isc_3$  groups compared with the  $Isc_{ctrl}$  group; (#) =  $p = 0.02$  for the  $Isc_6$  versus  $Isc_{ctrl}$  groups.



**Figure 6.** Ischemia Index Score. As ischemic times are increased in all groups utilizing a temporary vascular shunt (TVS), the calculated Ischemia Index Score (IIS) score is significantly increased over time. (+) =  $p < 0.001$  for  $Isc_0$  versus  $Isc_6$ ; (#) =  $p < 0.001$  for  $Isc_0$  versus  $Isc_3$ ; (\*) =  $p < 0.05$  for  $Isc_0$  versus  $Isc_1$ ; and (NS) = nonsignificant for  $Isc_0$  versus  $Isc_1$ .

The index was created by standardizing each of the observations to the average control value at time 0 using the equation  $Z_{biomarker} = [(observed - healthy average)/SD healthy]$ . The IIS was (1) computed for each reperfusion time and group from all variables in the model, (2) averaged according to respective group  $[(Z_{AST} + Z_{CPK} + Z_{LDH} + Z_K + Z_{LAC})/5]$ , and (3) plotted against reperfusion time. These IIS plots demonstrate the gross deviations from control values of all markers over time.



早い時間のTIVSの有効性示唆

# Temporary Vascular Shunts as Initial Treatment of Proximal Extremity Vascular Injuries During Combat Operations: The New Standard of Care at Echelon II Facilities?

*Janos Taller, MD, Jinu P. Kamdar, MD, Jeffrey A. Greene, PA-C, Robert A. Morgan, MD, Charles L. Blankenship, MD, Paul Dabrowski, MD, and Richard P. Sharpe, MD*

*J Trauma. 2008;65:595–603.*

- イラク戦争の最前線でのUS Navy Echelon II
  - 2006. 8月～2007. 2月の7カ月間
  - 37患者73カ所の四肢主要血管損傷
    - 16患者に23本のTIVS使用
  - Echelon IIIに搬送し全例血行再建、22/23本97. 5%のshunt開存率、受傷後1カ月での救肢100%だった。

**Table 2 Proximal Extremity Shunt Patients**

Patient	Mechanism	TTP	Vessel(s) Shunted	Shunt Type	ISS	Mess	RTS	Time to Level III	Follow-Up Days
1 (US)	GSW	50 min	Common femoral artery	Javid 17–10 Fr	32	10	6.376	4:40	>30
2 (US)	GSW	42 min	Brachial artery	Argyle 12 Fr	25	7	7.108	4:50	>30
3 (US)	GSW	54 min	Superficial femoral artery Superficial femoral vein	Argyle 12 Fr Argyle 14 Fr	25	9	7.108	5:17	>30
4 (IN)	IED	50 min	Superficial femoral artery	Argyle 10 Fr	18	6	7.841	5:31	11
5 (US)	IED	50 min	Superficial femoral artery	Argyle 12 Fr	25	8	7.108	4:25	8
6 (IN)	IED	50 min	Superficial femoral artery Superficial femoral vein	Unknown Unknown	34	8	7.108	5:05	7
7 (US)	IED	53 min	Popliteal artery Popliteal vein	Argyle 10 Fr Argyle 10 Fr	20	8	7.108	5:24	6
8 (US)	GSW	36 min	Axillary artery	Argyle 14 Fr	34	9	2.984	5:51	>30
9 (US)	GSW	21 min	Axillary artery Axillary vein	Argyle 12 Fr Argyle 14 Fr	29	10	6.376	4:37	9
10 (IN)	GSW	40 min	Common femoral artery Common femoral vein	Argyle 12 Fr Argyle 14 Fr	24	10	7.108	4:40	10
11 (IN)	GSW	63 min	Superficial femoral vein	Unknown	17	5	7.108	3:40+	3
12 (IN)	IED	16 min	Superficial femoral artery Superficial femoral vein	Argyle 10 Fr Argyle 14 Fr	22	8	7.108	4:25	22
13 (IN)	GSW	73 min	Superficial femoral vein	Javid 17–10 Fr	18	7	7.108	10:49	2
14 (IN)	MVC	69 min	Brachial artery	Argyle 10 Fr	19	7	7.108	4:45	10
15 (US)	SBIED	38 min	Superficial femoral artery	Argyle 10 Fr	43	9	7.108	9:00+	11
16 (US)	SBIED	38 min	Superficial femoral vein	Javid 17–10 Fr	29	7	7.108	10:00+	8

US, US Forces; IN, Iraqi Nationals.

- 基本的に動脈、静脈両方にTIVSを挿入。(初期は動脈のみだったが出血の問題あり。)
- なるべく径が大きいシャントを選択し、ストレートに配置する。



# Temporary vascular shunting in vascular trauma: A 10-year review from a civilian trauma centre

J C Oliver, H Gill, A J Nicol, S Edu, P H Navsaria

*Trauma Centre, Groote Schuur Hospital, and Faculty of Health Sciences, University of Cape Town*  
J C Oliver, MRCS

**Background.** Temporary intravascular shunts (TIVSs) can replace immediate definitive repair as a damage control procedure in vascular trauma. We evaluated their use in an urban trauma centre with a high incidence of penetrating trauma.

**Method.** A retrospective chart review of all patients treated with a TIVS in a single centre between January 2000 and December 2009.

**Results.** Thirty-five TIVSs were placed during the study period: 22 were part of a damage control procedure, 7 were inserted at a peripheral hospital without vascular surgical expertise prior to transfer, and 6 were used during fixation of a lower limb fracture with an associated vascular injury. There were 7 amputations and 5 deaths, 4 of the TIVSs thrombosed, and a further 3 dislodged or migrated. Twenty-five patients underwent definitive repair with an interposition graft, 1 primary anastomosis was achieved, and 1 extra-anatomical bypass was performed. Five patients with non-viable limbs had the vessel ligated.

**Conclusions.** A TIVS in the damage control setting is both life- and limb-saving. These shunts can be inserted safely in a facility without access to a surgeon with vascular surgery experience if there is uncontrollable bleeding or the delay to definitive vascular surgery is likely to be more than 6 hours. A definitive procedure should be performed within 24 hours.

*S Afr J Surg* 2013;51(1):6-10. DOI:10.7196/SAJS.1504

- 同一施設で10年間、35例にTIVSを施行。
- 7例が切断、5名が死亡。
- TIVSのうち7例が塞栓、3例が転位していた。
- TIVSの適応
  - ① 開腹など必要な多発外傷例のDamage Control procedureとして
  - ② 血管外科医が不在で再建が遅れるケース
  - ③ 下肢骨折のある症例で、骨固定に先立って施行。

# 最近の症例：16才女性交通事故

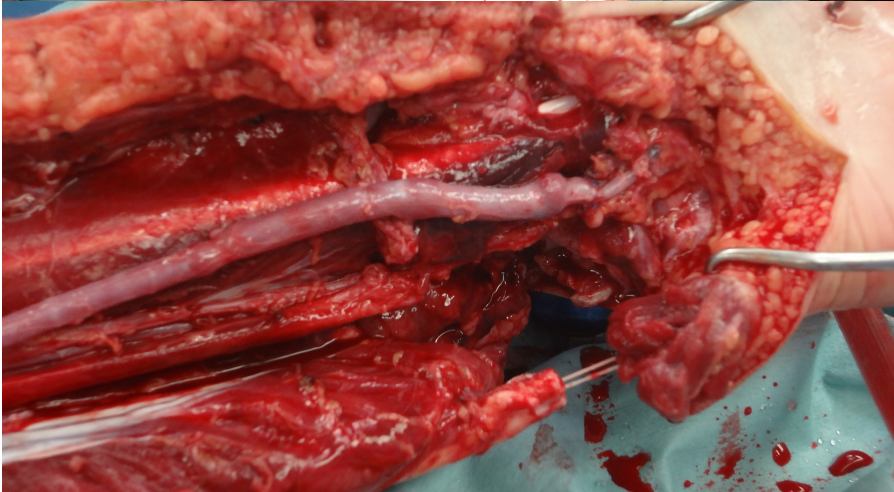
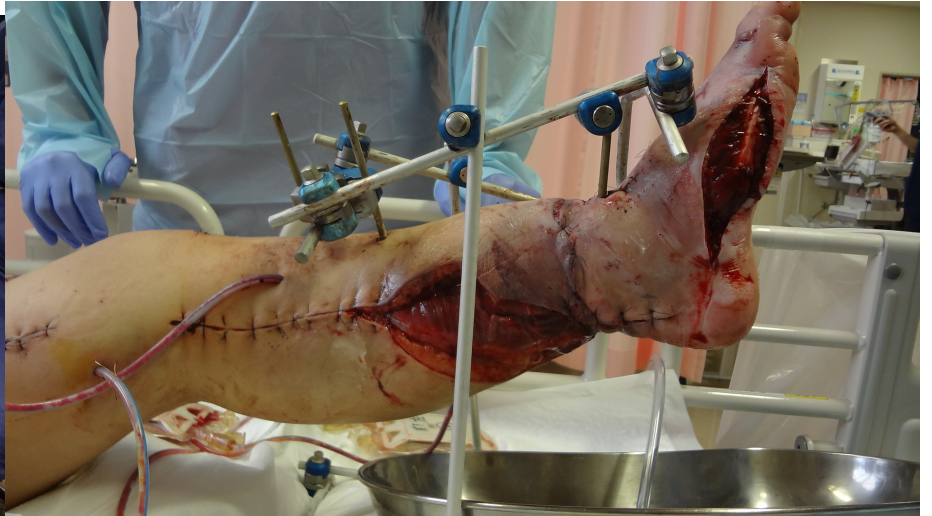


- 左下肢以外は損傷なし。
- 足部の知覚脱失
- 足部capillary refiling -
- skin color pale
- 後脛骨動脈、足背動脈触知せず。

→ hard sign 陽性  
血管造影検査へ



# 手術室でCVS施行後 Saphenous veinを用いて血行再建



阻血時間は6:47分

唯一の下肢完全切断再建例。  
現在、創外固定にて歩行自立

# 当センターでの治療戦略

- **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。

# Temporary Vascular Shunt

- 血行再建完了まで**4-6時間**が見込める症例は適応なし。  
(多発外傷例でTAEをはじめ処置に時間を要する症例は適応あり。)
- 骨接合に時間がかかる、もしくは操作が煩雑になる症例。

適応症例において・・・

- 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**で施行。原則としてA、V shunt

# Discussion