

# Damage control strategies

## Damage control resuscitation

血液製剤による蘇生を強調  
止血と迅速な救命処置に焦点

### 大量輸液を予想させる損傷形態が適応

- 体幹、腋窩、頸部、あるいは、タニケットや止血被覆材によって止血できない鼠蹊部の出血
- 大きな近位部の外傷性切断、あるいは切り刻まれた四肢
- 多発性の長管骨あるいは骨盤骨折
- 止血困難な出血を伴う大きな軟部組織損傷
- 大量血胸(1,000mℓ以上)
- 大量腹腔内出血

## Damage control surgery

迅速な重篤な外科的処置のみに焦点  
安定するまで更なる根本治療を延す

### ダメージコントロール戦略

- アシドーシス
- 低体温
- 凝固障害

## 損傷形態によるDCRが必要になる傷病者の迅速な認知

### 大量輸液を予想させる損傷形態

- 体幹、腋窩、頸部、あるいは、タニケットや止血被覆材によって止血できない鼠蹊部の出血
- 大きな近位部の外傷性切断、あるいは切り刻まれた四肢
- 多発性の長管骨あるいは骨盤骨折
- 止血困難な出血を伴う大きな軟部組織損傷
- 大量血胸(1,000mℓ以上)
- 大量腹腔内出血

# 大量輸血が必要な来院時データ

## 大量輸血の指標

- BE > 6
- INR  $\geq$  1.5
- Hb < 11 g/dℓ

あるいは

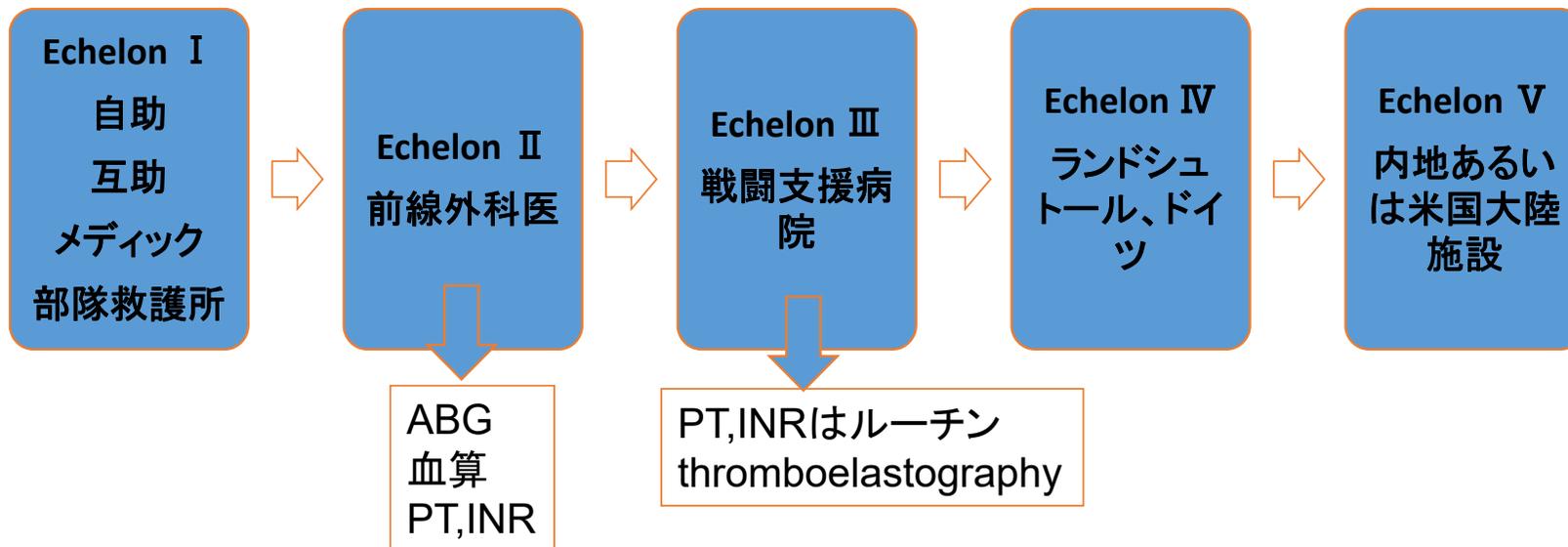
## McLaughlin等の最近の研究

- HR > 105 b/min
- SBP < 110 mmHg
- pH < 7.25
- Ht < 32 %

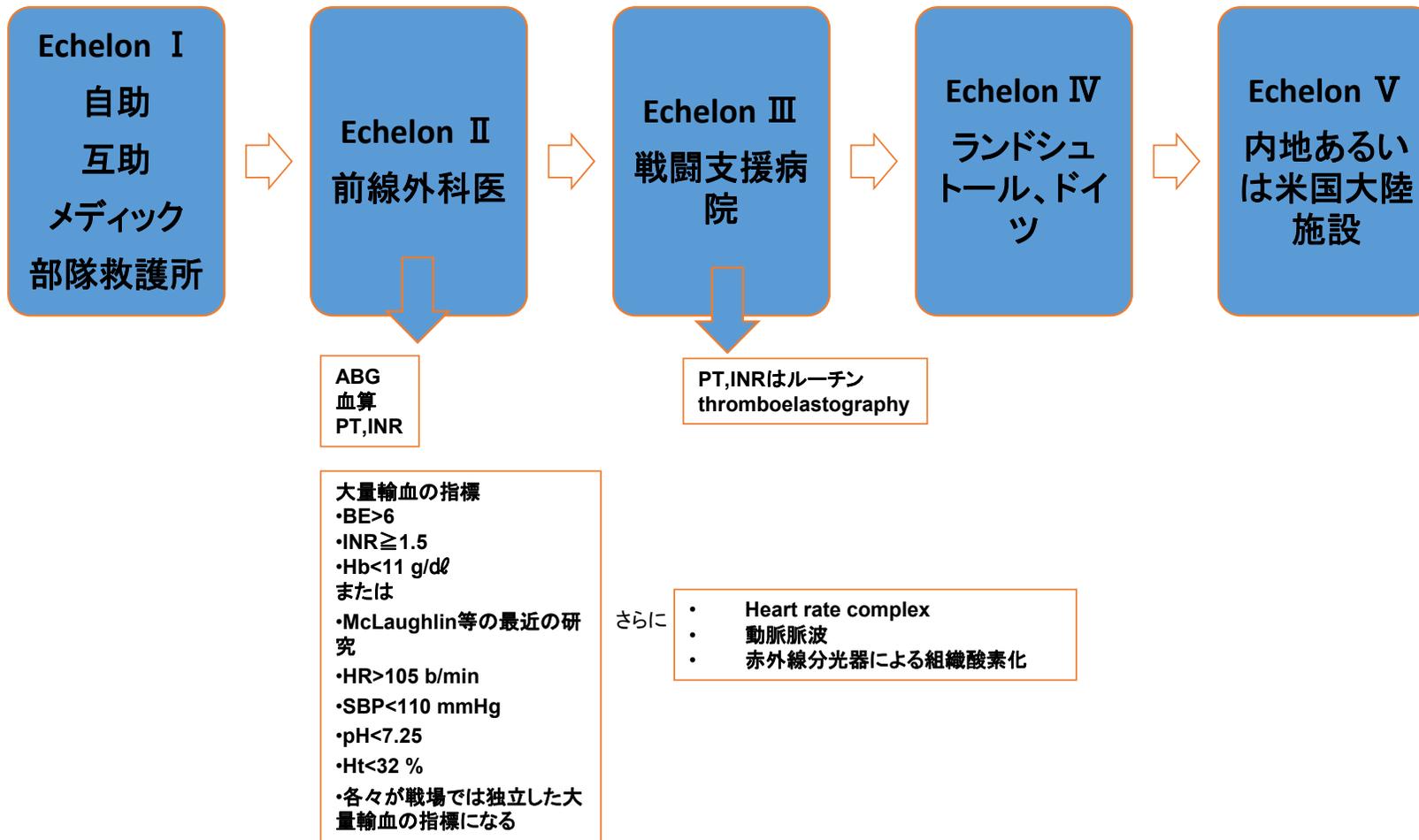
各々が戦場では独立した大量輸血の指標になる

さらに

- Heart rate complex
- 動脈脈波
- 赤外線分光器による組織酸素化

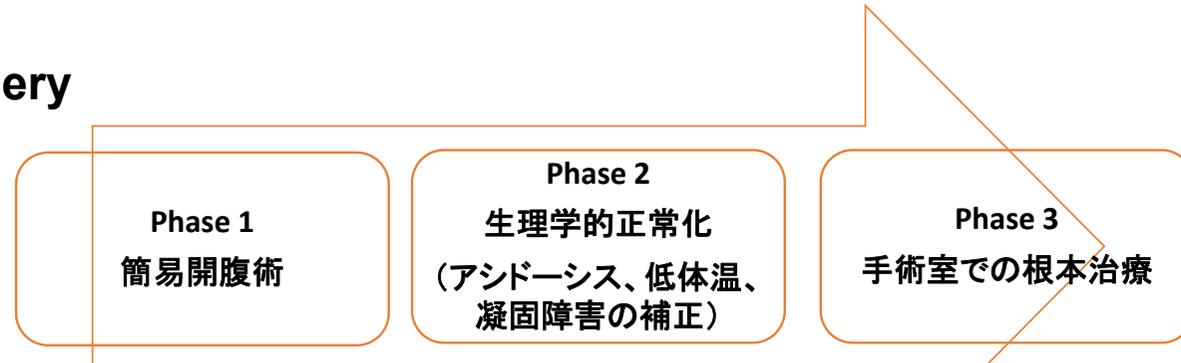


# 大量輸血が必要な来院時データ

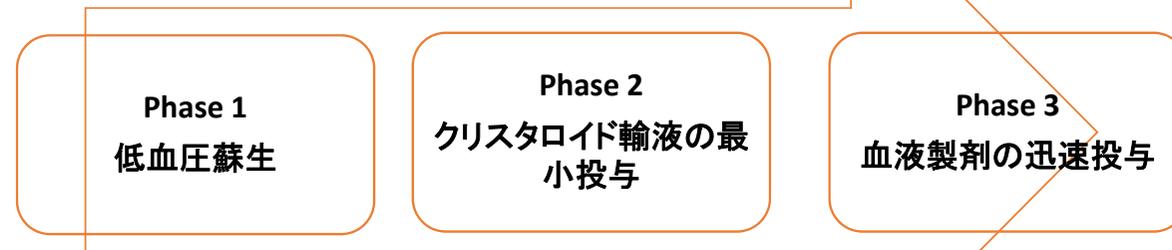


# Damage control

## Damage control surgery



## Damage control resuscitation



# 蘇生

戦場では、hypovolemiaが通常、最大の死因になっている

都会と異なり、劣悪な環境下(austere location)に搬送可能な資源の量と質を考慮すべき。蘇生過程でのどんな段階においても大量輸液は現実的な意見とは言えない。急性期のhypovolemiaを呈する外傷患者に対するATLSの標準的な2ℓの輸液は、兵站的な束縛のある前線では不可能であり、外科的処置が迅速に行えないコントロール困難な傷病者の究明には不利である。

収縮期血圧70-80mHg(橈骨動脈触知)を維持することが現在広く認められている

Boffard KD:Austere conditions and battlefield surgery. Manual of definitive surgical trauma care;Third edition CRC press New York 2011:176-188

## ダメージコントロールレサシテーション

- 連動した治療パラダイムによって、低体温、アシドーシス、凝固障害を予防もしくは軽減することを探す戦略
- 以下の項目から構成される
  - ・早期の止血
  - ・低血圧蘇生(許容低血圧)
  - ・止血的蘇生(クリスタロイド輸液の最小化と定められた比率の結衛生剤)
  - ・低体温の予防と軽減(加温法を通して)
  - ・血液製剤の賢明な投与と血行動態の蘇生の終点を通してアシドーシスの軽減
- 端的に言えば、出血を止め、死の三徴を予防もしくは後進させること

# 低血圧蘇生 (hypotensive resuscitation)

- 1918年、Walter Cannonが止血できない内出血を減らすための方法として低血圧を提案した。低血圧蘇生は、外傷患者において、正常血圧より低い低血圧(収縮期血圧90mmHg以下)に耐えることにより、活動性出血と希釈性凝固障害を同時に制限し患者の予後を改善させる方法として記載された。
- 自然の凝固系、低血圧、血管攣縮が外傷性出血を一時的に止める方法と考えられた。
- この戦略は、中枢神経系損傷あるいは心血管系虚脱が著しい場合には適切ではない。
- 比較的低血圧に耐える戦略(tolerating relative hypotension)は、外科的止血の前に外傷患者に実施され、hypotensive resuscitation、deliberate hypotension、permissive hypotensionとも呼ばれる
- 前線外科医、CSHにて実施される戦略
- 一般的に推奨される2つの環境は
  - ①迅速に手術室に搬入され、外科的止血が迅速に行われる場合
  - ②地理的にも時間的にも手術室から遠方である非圧迫性の出血の患者の場合いずれも目標は最速のタイミングで手術室に搬入することである

# Damage control resuscitation①

2つの部分から構成される

- ①術前輸液療法は、止血した血管からの再出血を防ぐため血圧を90mmHgに保ち、傷病者の意識レベルや橈骨動脈の触知を目安にする
- ②血管内容量補正は、少なくとも1対1あるいは1対2の濃厚赤血球や血小板を用い、初期蘇生輸液として凍結血漿により実施される

- 輸血は特に重度のショックの傷病者にとっては「黄金の選択肢 (golden standard fluid of choice)」であるが、前線では手に入り難い。そのため、他の輸液等、クリスタロイド輸液(乳酸リンゲル)、コロイド(ヘスパンダー)、高調食塩水、高調食塩水+コロイドが使用される。どれが良いか結論は出ていないが、出血のコントロール不能な傷病者では輸液の量や輸液速度は重要ではない。
- 輸液路の確保は困難であり、IOI(骨髄内輸液)は魅力的な方法である
- 傷病者のさらなる低体温を防ぐため、輸液の加温は重要であるが、現場ではimprovisationが有用。エンジンの過熱を使うなど
- 止血  
    圧迫、局所の資器材(zeolite、chitosan)、タニケット
- 止血後、~~ダメージコントロール外科が可能な外科施設への搬送~~
- 蘇生輸液は最小限度に、早期の輸血や血液製剤投与は有効である



## Damage control resuscitation②

### 英国のプロトコル

- ①外傷後最初の時間は、まず橈骨動脈の触知を目指し、その後、正常血圧に戻す  
混成の蘇生法として知られ、BATLSとして教えられている
- ②血液凝固学的医療  
輸血と血漿・血小板(血液:血漿=1:1)
- ③加療の輸液に注意
- ④トランサミン<sup>R</sup>の早期使用
- ⑤血液ガス、乳酸、Ca、K  
Caが低下し、Kが上昇する
- ⑥爆風肺損傷ならARDSプロトコルに沿った人工呼吸
- ⑦正しい連続した処置が可能によう麻酔と外科のチームが密接に活動する



# Damage control surgery (DCS)



- 手術室の回転の必要性和重症用ベッドの数の制限の最中、多数傷病者の負荷のある戦場では、資源の再配分と早期のダメージコントロール処置の実施が最も有利である。
- 手術室の回転は、従事する職員の能力と延長する滞在時間のためのICUベッド数に制限される。

Eastridge BJ, Blackbourne LH, Rasmussen T et al: Damage control surgery chapter 5. Combat casualty care; Lessons learned from OEF and OIP. Government Printing Office Maryland 2012:165-223

# DCRの必要な患者の適応

DCRを受けるべき患者の統一的に容認された基準はない  
スコアによるものが発展し、CSHあるいはFSTでは以下の2スコアシステムが使用される

- ①大量輸血を予想するためのスコアシステム  
2項目が当てはまれば、大量輸血の35%の確率

収縮期血圧	≤90mmHg
心拍数	≥120回/分
穿通性損傷	
超音波で腹腔内液体貯留	

あるいは

心拍数	>105回/分
収縮期血圧	<110 mmHg
pH	<7.25
Ht	<32%

- ②大量輸血が必要な損傷
- ・止血困難な体幹、腋窩、鼠蹊部出血
  - ・近位端切断、穿通性体幹外傷
  - ・2つ以上の近位橋切断
  - ・出血による重篤な低体温
  - ・活動性の出血の続く広範な軟部組織損傷
  - ・大きな会陰部損傷あるいは後部構造変形を伴う骨盤骨折

# Acute coagulopathy of trauma shock (ACoTS)

- 重篤な凝固障害は入院時にすでに存在する
- この凝固障害は死亡率の急激な増加と関連する
- ACoTSは患者の25%に見られ、蘇生にもかかわらず致死的である
- 早期の凝固障害の加担因子はショックであり、出血の患者の管理にはDCRが適用される

## Damage control surgery the military setting

一般のダメージコントロールには、少なくとも最初の6時間には2人の外科医と1人の看護師、フルモニタリング、多部位の手術、大量の輸血と血液製剤、長期ICU滞在が必要で、かつ死亡率も高い

戦時下の前線では、この原理(philosophy)は「通常のこと」としては実践不可能だが、この原理は、軍隊では広く認められており、迅速かつ実践的な「minimally acceptable care(最低限認容される治療)」と呼ばれている。

最近の軍隊の外科の努力は、ダメージコントロール外科の考え方に四肢の一時的血流再開、止血のための開腹を組み込んでいる。

最前線の外科医はあるゆる手術において根本治療を行える贅沢は許されず、以下の治療に焦点をおく

- 末梢血管損傷
- 広範囲な骨・軟部組織損傷
- 生理学的に安定した胸腹部穿通性外傷

貴重な時間、手術台、血液を温存できる

古典的なダメージコントロールにおける傷病者の生理学的予備能力を浪費するTASC(temporary abbreviated surgical control)に変わって、傷病者の予備力が制限されたときに適用される。軍隊外科の原理は、限定された数の生命危機の傷病者に資源を投入するより、限られた資源で、最大多数に最良を提供すること

# 肺損傷に関するDCS

主な3つのDCS

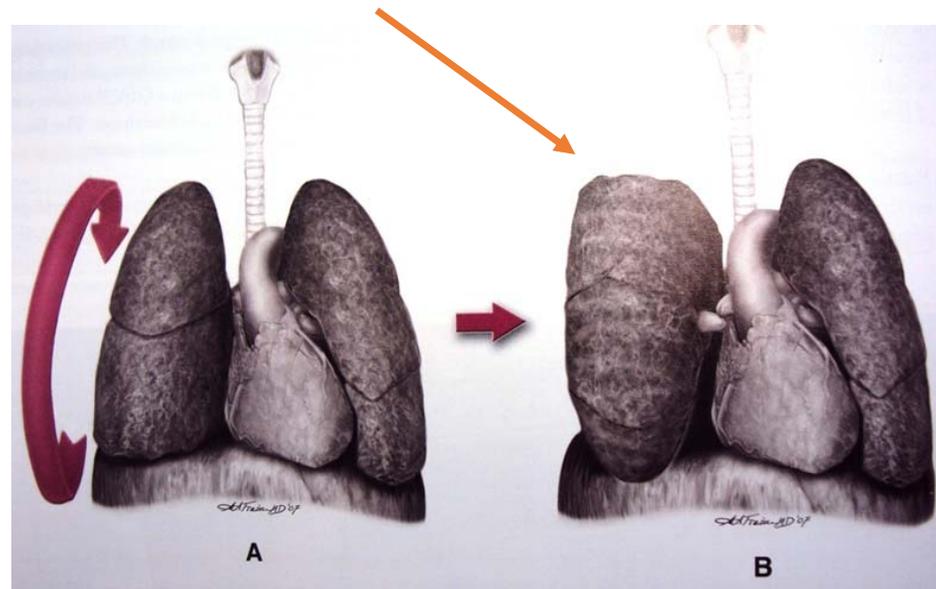
①nonanatomic pulmonary resection

②pulmonary tractotomy

③pneumonectomy

・外傷患者のpneumonectomyの死亡率は50%以上

・気管支からのエアリーク、あるいは、肺出血は、下部肺靭帯を切開し肺門部をクランプすること、あるいは、肺門の軸に対して180度回転させることによって制御可能



Eastridge BJ, Blackbourne LH, Rasmussen T et al: Damage control surgery chapter 5. Combat casualty care; Lessons learned from OEF and OIF. Government Printing Office Maryland 2012:165-223

# 腹部損傷のDCS

- 戦場の環境では腹部のDCSの適応は2つある

- ① 重篤な生理学的障害を伴った腹部外傷

ショック、高速度銃創の穿通性腹部外傷、あるいは、爆風による二次損傷

- ② 厳しい環境の中で資源の制限

多数傷病者で、各々の傷病者がシステムの能力を超えた別々の外科的必要性を持っている。全ての傷病者に迅速に適応する簡略化した手術(根本手術ではない)を行う

- 最近の軍隊の分析では、ショックを伴った体幹穿通性外傷は独立したDCS、迅速な手術介入のリスク因子である。

Eastridge BJ, Blackbourne LH, Rasmussen T et al: Damage control surgery chapter 5. Combat casualty care; Lessons learned from OEF and OIP. Government Printing Office Maryland 2012:165-223

## 腹壁の閉鎖

- DCS後は筋膜は開放したまま、出血と汚染が制御されたら、腹部は一時的に滅菌覆布と陰圧吸引を使用する。開腹創閉鎖は腹部コンパートメント症候群abdominal compartment syndromeを起こす可能性がある
- 市民ではDCS後の腹部コンパートメント症候群は33%と報告がある
- 膀胱にFoleyカテーテルを挿入し測定。腹腔内圧が20mmHg以上、腹腔灌流圧が60mmHg以下と定義される
- 腹腔内圧が30mmHg以上なら、圧を下げるための処置、減圧開腹、代替処置(腹部被覆を緩める、が必要

# Vascular shunt

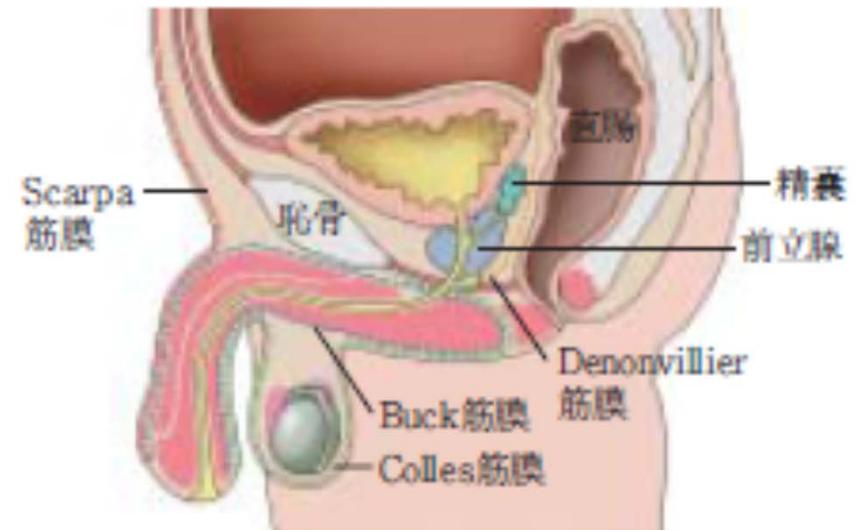
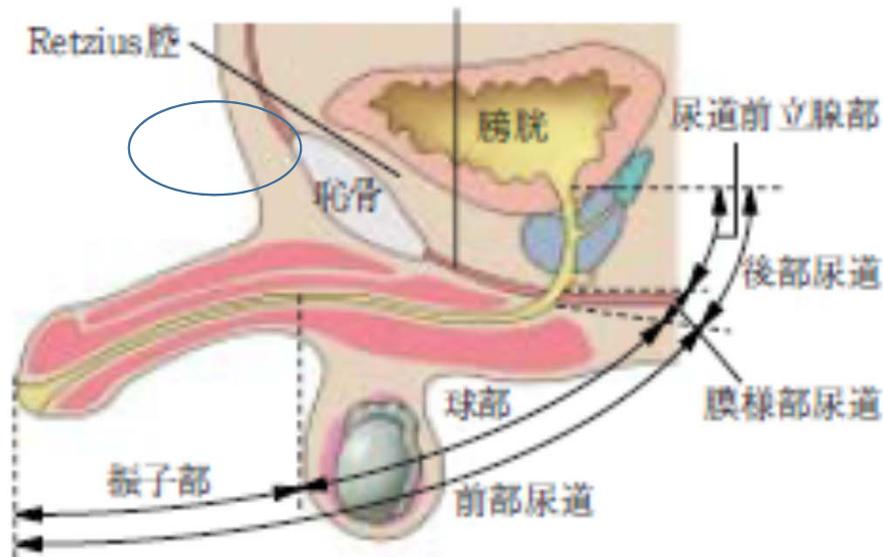
- 一時的な血管シャントは
  - ①血管損傷探索
  - ②血栓除去 (thrombectomy) と血流再開
  - ③筋膜切開の3つの治療の一部である
- レベルⅡのFSTのDCSで行われレベルⅢに転送
- 動物の経験から、出血や軟部組織の損傷を伴うような戦場では、四肢の虚血時間 (critical warm-ischemia time) は、3時間以内が望まれ、1時間が良い
- 合併症は血栓、感染、コンパートメント症候群
- 再開通術後の死亡率は代用血管を使用した者に多いため、レベルⅢでは、一次縫合・自家移植が優先
- 再灌流障害はしばしば四肢のコンパートメント症候群を生じるため予防的な筋膜切開が必要

# 骨盤骨折

## 骨盤骨折とそれに伴う出血

- 市井では、インターベンション (interventional radiology)
- 戦場では interventional radiology は典型的ではなく、骨盤パッキングか外固定  
比較的最近ではレチウス腔への、腹腔外骨盤パッキングが骨盤骨折に伴う出血にDCSとして有効

Eastridge BJ, Blackbourne LH, Rasmussen T et al: Damage control surgery chapter 5. Combat casualty care; Lessons learned from OEF and OIP. Government Printing Office Maryland 2012:165-223



# 一般外科医・外傷外科医が減圧開頭を決める引き金

頭蓋内圧亢進がある、もしくは、疑われる  
神経学的所見が悪化する



脳神経外科治療が不可能

2要素が重なった時だけ

# Combat-associated pneumonia (戦場関連肺炎)

Ventilator-associated pneumonia (BAL: 人工呼吸器関連肺炎)とは、気管挿管後48から72時間後に起こる肺炎であり、CALの概念はBALのバリエーションであり、治療がとても困難で、院内感染肺炎として多剤薬剤耐性菌が関与することが強調されている

## 予防策

- ①常に禁忌が無ければ30から40度以上の頭位挙上
- ②毎日の鎮静中断
- ③消化管出血の予防
- ④深部静脈血栓症(VAT)予防
- ⑤その他の特殊なことが無ければ、温度と湿気交換器を使用、毎日交換はしない
- ⑥2時間毎の口腔ケア、12時間毎のchlorhexidineの使用
- ⑦肺炎球菌とインフルエンザのワクチン接種を考慮
- ⑧挿管の時期が4日もしくはそれ以上になるとき、持続的な声門下の気管チューブ吸引
- ⑨ルーチンに人工呼吸器回路を変えない

# 最近の紛争における鎮痛方法

## 鎮痛方法

- 単純かつ非薬物的  
安心させる  
骨折の固定  
熱傷の冷却
- 経口鎮痛剤  
非ステロイド系抗炎症薬  
解熱鎮痛剤
- 神経ブロック、浸潤麻酔
- 麻薬の筋注・静注
- フェンタニル付キャンディ  
経鼻ケタミン  
フェンタニル  
吸入麻酔剤(メキシフロレンなど)

# 戦場の麻酔

以下のような課題がある

- 気道管理の維持
- 低体温
- 限りある有効な薬剤
- 酸素補充の欠乏
- 術後の長期人工呼吸管理

手術には適切な「鎮痛」と「麻酔」の両者が必要

体腔の外科的検索には全身麻酔が最適

戦場では、RSI(rapid sequence intubation)が普通

筋弛緩剤を使用

戦場では、酸素が欠乏しているため、挿管前の換気が不十分になる

沈静、健忘、鎮痛にはケタミン、ベンゾゼアゼピン、麻薬が使用される

胸部腹部の長い手術では、イソフルレンを使用

英国では、圧縮ガスのいらない「triservice apparatus」が使われる

米国では「draw-over type of vaporizer」が使用される

局麻も重要

神経ブロックも優れた鎮痛効果がある