

外傷初期診療

画像検査のタイミングと意義

~ここから始める救急医療のせかい~

第4回福島救急撮影カンファレンス
平成28年9月3日（土）コラッセ福島



福島県立医科大学 放射線災害医療学講座 救急医療学講座
中島 成隆

外傷診療

外傷診療、好きですか？

1 苦手

2 大好物

3 どちらとも言えない



外傷診療が苦手な理由

- 1 ほとんど関わった事がない
- 2 嫌な思いをした事がある
- 3 救急医が苦手

重症患者への思い

放射線技師の思い

「この検査、今する必要あるの？」

救急医の思い

「早くCT撮ってくれないかな・・・」

共通認識：死んじゃうんじゃないの？

意識の違い

診療放射線技師



撮影中・診療中に急変したら困る



医師（救急医）

本日の目標

<到達目標>

救急診療（特に外傷診療）で医師（特に怖い救急医）と
共通認識が持てる

<行動目標>

- ◇ **外傷診療のアルゴリズム**を理解する
- ◇ 診療中での画像検査の **タイミング**を理解する
- ◇ 画像検査の **目的**を理解する

外傷診療の目的

防ぎ得た外傷死 *PTD*を回避する

*P*reventable *T*rauma *D*eath

適切な蘇生処置が行なわれなかったために生じる
外傷死

To avoid the preventable trauma death

外傷死亡の三相性

死亡率

受傷から**1時間**の蘇生処置が予後を左右する

35%予防可能

Golden hour

PTD

受傷

10~20分

4~6時間

数週~数ヶ月

経過時間

現場

医療施設

多発外傷
頭蓋内損傷



PTDを回避するために必要なこと

迅速かつ適切な**治療**が必要

迅速かつ適切な**診断**が必要

迅速かつ適切な**検査**が必要

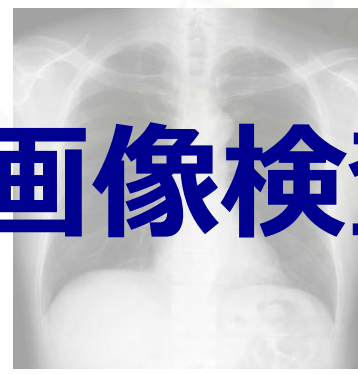
身体所見



血液検査



画像検査



医師はどの**タイミング**でどんな**情報**が欲しいのか

共通認識 1

外傷診療の目的は

防ぎ得た外傷死を減らす

共通認識の重要性

迷いにくい

コミュニケーションがとれる

チームで対応できる

標準的な外傷診療手順

JATECコース (Japan Advanced Trauma Evaluation and Care)

JTCR（日本外傷診療研究機構）が作成した「**外傷初期診療ガイドライン**」に沿った診療コースを開催。**救急医**が対象



外傷診療に必要な知識と救急処置を、模擬診療を介して学習するトレーニングコース

PTLSコース (Primary-care Trauma Life Support)

JATECに準拠した外傷初期診療コースで、対象は外傷診療に携わる整形外科医、脳外科医などの**非救急医**や**研修医**などが対象

チームで医療

JATECコース

**(Japan Advanced Trauma
Evaluation and Care)**

JNTECコース

**(Japan Advanced Trauma
Evaluation and Care)**

JRTECコース

**(Japan Radiological-
technologists Trauma
Evaluation and Care)**

外傷診療の手順 (JATEC)

検査
処置

Primary surveyと蘇生
A (C) BCDE アプローチ

蘇生要否の判断

Resuscitation Phase

転送判断

Secondary survey
受傷機転や病歴聴取(AMPLE)
全身の身体診察と諸検査

治療を必要とする
外傷を見つける

転送判断

根本治療

definitive Care Phase

Tertiary survey

急変を予測させる
生理機能の変調や
隠れた損傷を見つける

受入準備（準備8割）

搬送依頼：**MIST**による**情報提供**

情報提供⇒受入準備開始のタイミング

Mechanism

外傷機転

Injury

損傷部位・程度

Sign

症状・症候

Treatment

行った処置

疾患を推定し、
準備して待つ

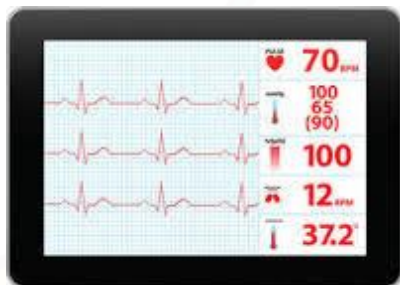
受入準備：感染防御・輸液・関係部署への**連絡**

検査・処置の準備

検査：超音波・ポータブルX線・心電図・CT等

処置：輸液・気管挿管・胸腔ドレーン・保温等

準備の基本「サルも聴診器」



© Can Stock Photo



さんそ (酸素)

ルート (輸液・採血)

モニター

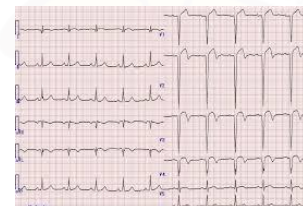
ちょうおんぱ (エコー)

しんでんず (心電図)

きょうぶレントゲン

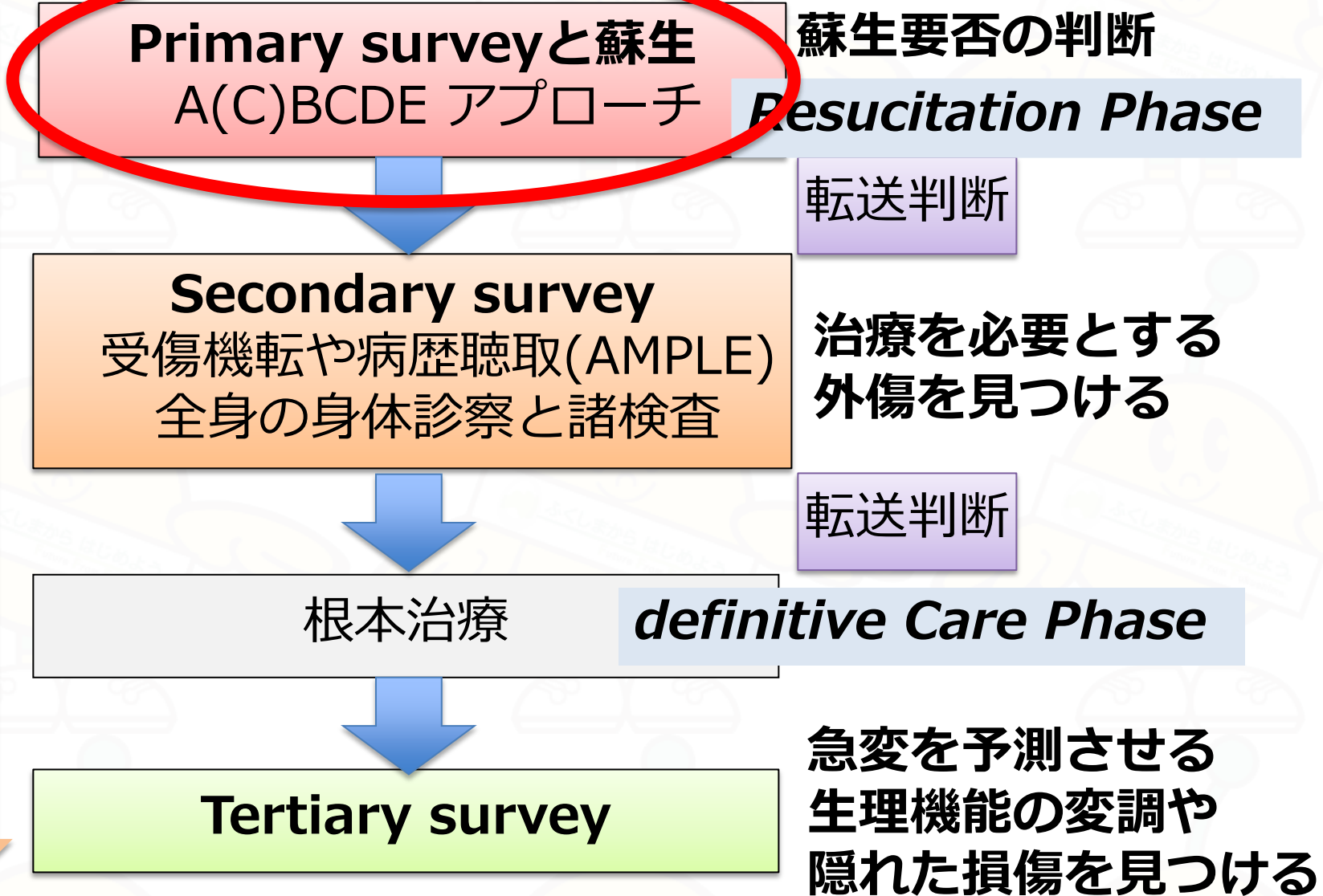


photo - 992972



外傷診療の手順 (JATEC)

検査
処置



PS A(C)BCDEアプローチ

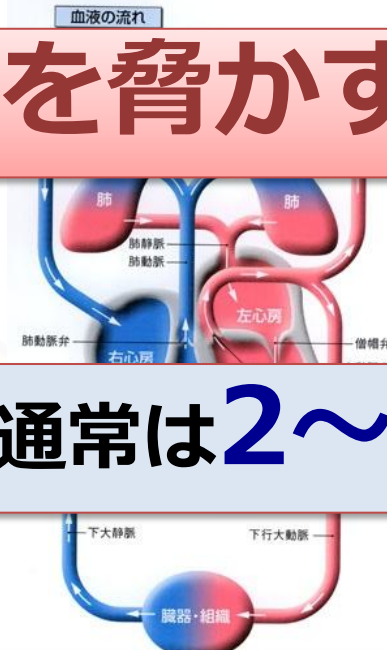
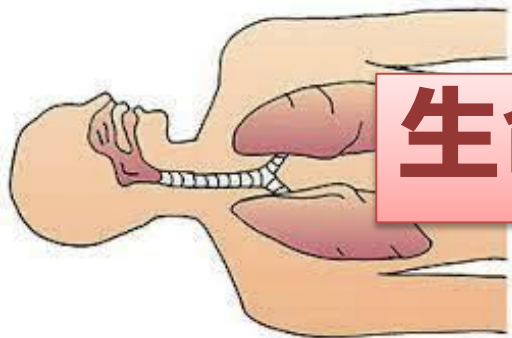
生理学的アプローチ

Airway **B**reathing **C**irculation **D**ysfunction of CNS **E**xposure **E**nvironment

生命を脅かす病態を探す

通常は2~3分

ABCの異常には直ちに処置を



Primary Survey

循環動態の安定化

No

止血術

Secondary Survey

「切迫するD」がない
頭部から足先までの診察

No

頭部CT

Trauma Pan-scan

頭部CT

Trauma Pan-scan

根本治療

Tertiary Survey

ABCDアプローチ

なぜこの順番なのか？

語呂が良い？

緊急度（早く処置する必要性）の高い順

A：気道

Aの異常は**時間**が勝負

Aの異常

血液の酸素化（B）

組織の酸素化（C）

評価：「話せるか」「**声**が出ているか」

吸引・用手的気道確保・エアウェイ・BVM換気
気管挿管、輪状甲状靭帯穿刺・切開

気道管理の原則

侵襲の少ないものから順に

吸引・用手的気道確保



経口エアウェイ・経鼻エアウェイ



処置の後は**再評価**を行う



効果無ければ**他の処置**を

B：呼吸

五感をつかって

診て・聴いて・触れて・叩いて

酸素投与・補助換気

経鼻カニューラ・マスク・BVM



C : 循環

ショックの同定と処置 (蘇生)

身体所見 : Coc **大量出血** (a)

画像検査 : FAST、胸部・骨盤レントゲン



C : 循環の異常

ショックの**原因**を同定する

初期輸液療法を開始する

原因検索に画像検査は**不可欠**

初期輸液療法に**反応しないショック**

「入れて、入れて、止める」

輸血・気管挿管・止血術

D : 意識

「切迫するD」 を同定する

意識レベル : $GCS \leq 8$

瞳孔不同

片麻痺

切迫するDがあればSSの前に頭部CTへ

意識障害の進行 $\geq GCS 2$ 点

Cushing徴候

激しい頭痛、嘔吐

E : 脱衣・体温管理

脱衣してしっかり観察



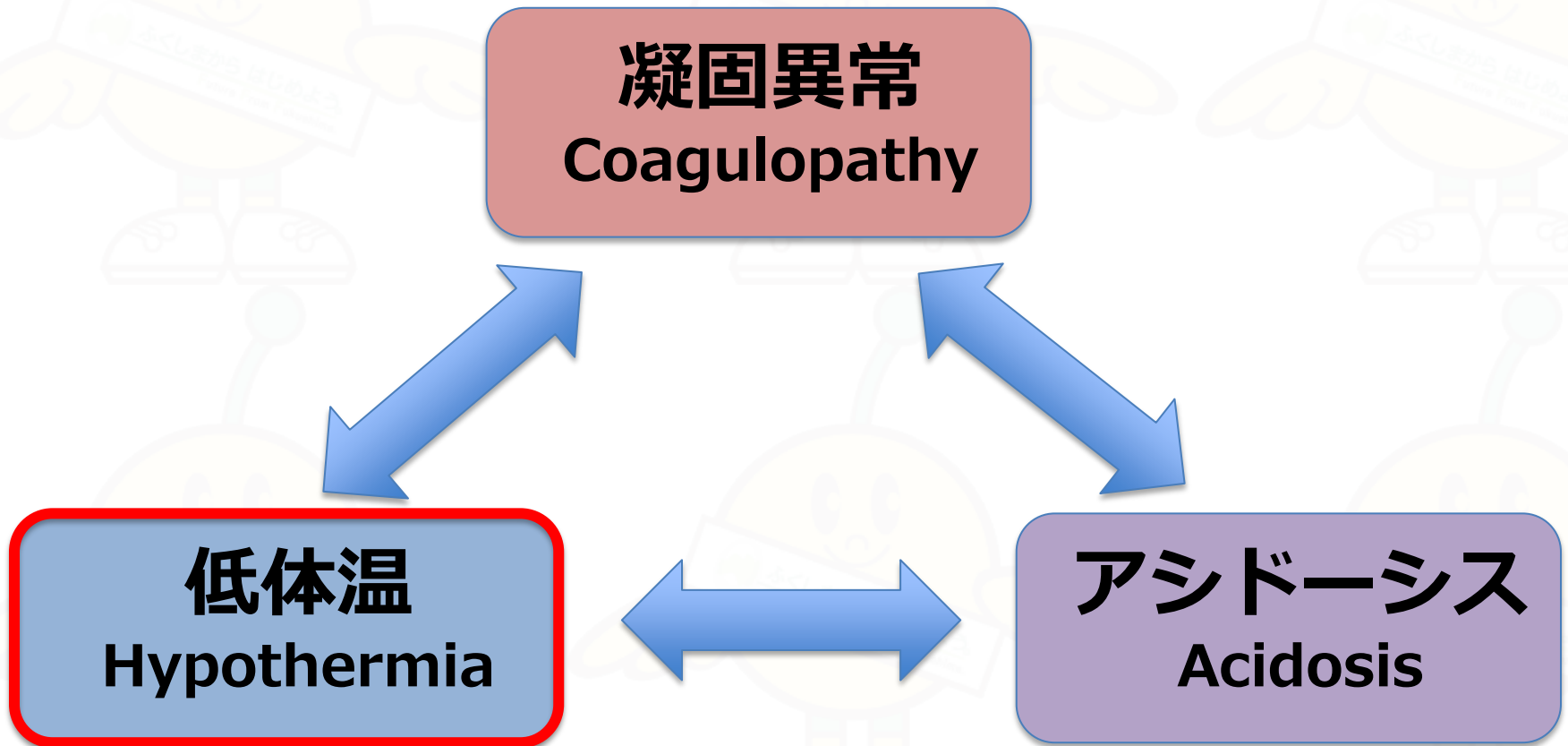
レベル1 ホットライン®

低体温を防ぐため**保温**



レベル1 システム1000®

死の三徴 *Lethal triad*



外傷性凝固障害に伴う出血がPTDの最大原因

室温程度の輸液を急速に1L 行くと体温0.25℃低下

PSで探す疾患

ABCDの異常

ABCの異常 > > Dの異常

「TAFな3X」 「MAP」 「切迫するD」

異常を見つけたら直ちに処置

→救急医が画像を早く見たがる理由

TAFな3X・MAP

致死的な胸部外傷

T:	T amponade Cardiac	心タンポナーデ
A:	A irway obstruct	気道閉塞
F:	F lail chest	フレイルチェスト
X:	tension pneumothora	X 緊張性気胸
X:	open pneumothora	X 開放性気胸
X:	Massive hemothora	X 大量血胸

大量出血の原因

M:	M assive hemothorax	大量血胸
A:	A bdorminal bleedin	腹腔内出血
P:	P elvic fracture	骨盤骨折

切迫するD

切迫するDがあればSSの前に頭部CTへ

瞳孔不同 片麻痺

意識障害 \leq GCS8点

意識障害の進行 \geq GCS2点

Cushing徴候 激しい頭痛、嘔吐

切迫するD
 \equiv 脳ヘルニア徴候

通常、頭部CTは**SS**での評価

こんなABCDは嫌だ



研修医の
ABCD

ダメな救急医
「あいうえお」


A アホ！
B ボケ！
C カス！
D どけ！

あ 愛想がない
い いばってる
う 上から目線
え えらそう
お おこる

癌にならない臓器

1) 心臓の筋肉は細胞分裂しない  ・心臓は横紋筋（心筋）  ・横紋筋には細胞分裂がほとんど起きない

- ・細胞の異常増殖の病気である癌が発生しない

2) 心臓は温度が高い  ・体温は一般的に36.5度前後

- ・心臓の温度は40度近くもある。

心臓に癌が発生しない大きな理由

Primary Surveyでの画像検査

胸部レントゲン

骨盤レントゲン

FAST

Focused **A**ssessment with **S**onography for

Trauma

致死的胸部外傷と大量出血の有無

外傷による大量出血をきたす5大部位

(胸腔・腹腔・後腹膜・四肢・外出血部位)

胸部X-p (PS)

胸部の診療は**致死的な胸部外傷**を探す

T: Tamponade cardiac

A: Airway obstruction

F: Flail chest

X: Open pneumothora **X**

X: Tension pneumothora **X**

X: Massive hemothora **X**

TAFな3X

広範な肺挫傷

PSの胸部X-pで何を探す？

フレイルチェストの原因となる**多発肋骨骨折**

Bの異常を来す**広範な肺挫傷**

Cの異常を来す**大量血胸**

すでに挿入された**カテーテル類**

陽圧換気を行う場合には**わずかな気胸**や**皮下気腫**にも注意！

A grayscale chest X-ray showing the lungs, heart, and rib cage. Overlaid on the image are several text boxes with Japanese text. The text boxes are in various colors: blue, orange, and light blue. The text is in a bold, sans-serif font. The background also features faint, stylized cartoon characters on the left and right sides.

挿管チューブの位置は？

広範な肺挫傷は？

胸腔ドレーンの位置は？

大量血胸は？

多発肋骨骨折は？

わずかな気胸や皮下気腫は？

外傷診療での共通認識 2

PSにおける胸部レントゲンで探しているのは

**フレイルチェスト
大量血胸
広範な肺挫傷**

の**3つ**

* フレイルチェスト
2本以上の連続する肋骨または肋軟骨が2箇所以上
で骨折する（分節骨折）

骨盤X-p (PS)

Primary Survey循環 (C) の評価の一つ

大量出血を来す**不安定型骨盤骨折**を探す

特に**高度不安定型骨盤骨折**に注意

- 1 全体像：片側骨盤の明らかな頭側転位（1cm以上）
- 2 前方：骨盤前方部の2.5cmを超える開大（離開）
- 3 後方：骨盤後部のギャップを伴う骨折
- 4 後方：上記所見に伴う第5腰椎横突起（腸腰靭帯付着部）や坐骨棘、仙骨下部皮質骨（仙棘靭帯付着部）の裂離骨折

骨盤骨折の分類 (JATEC)

1. 安定型骨盤骨折

2. 不安定型骨盤骨折

1) 部分不安定型 (回旋不安定型)

◎ 前後圧迫型 (A-P compression type/open book type)

◎ 側方圧迫型 (lateral compression type)

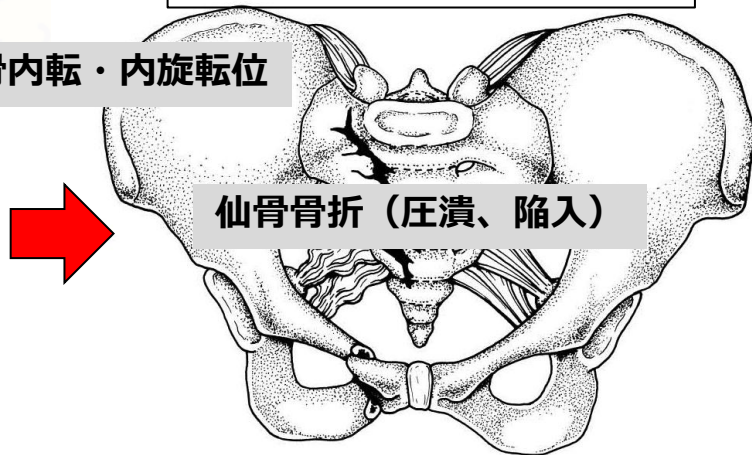
2) 完全不安定型 (回旋垂直不安定型 : vertically unstable type/vertical shear type)

3. 寛骨臼骨折

骨盤骨折を生じる主な外力方向

側方圧迫外力 LC

腸骨内転・内回転位



仙骨骨折 (圧潰、陥入)

恥骨骨折 (水平方向)

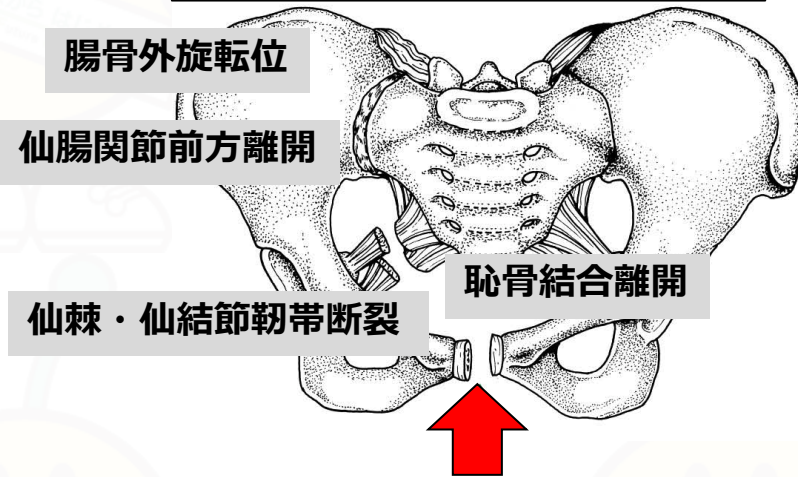
前後圧迫外力 APC

腸骨外回転位

仙腸関節前方離開

仙棘・仙結節靱帯断裂

恥骨結合離開

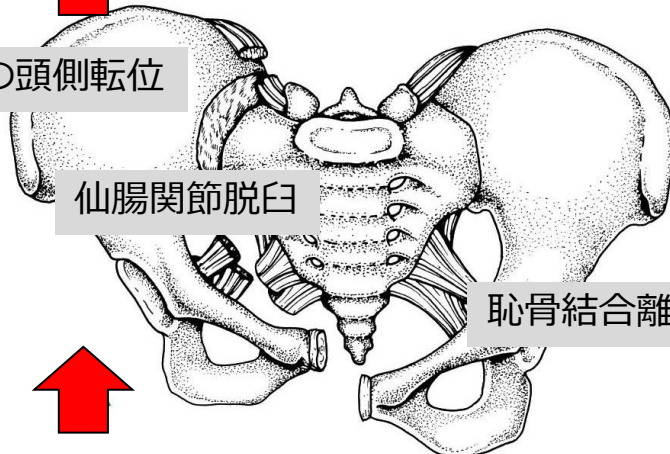


垂直剪断外力 VS

片側骨盤の頭側転位

仙腸関節脱臼

恥骨結合離開 恥骨骨折 (縦方向)



安定型と不安定型

安定型骨盤骨折

骨盤を支持する**靱帯損傷がなく、輪状構造の破綻**がみられない骨折

* JATECでは大量出血を生じる危険がほとんどない骨折と認識

不安定型骨盤骨折

骨盤輪の前方部分と後方部分に**転位を伴う骨折**や**靱帯損傷**があり**輪状構造に破綻**を来している骨折

* JATECでは大量出血から出血性ショックに至る危険がある骨折と認識

骨盤内の血管

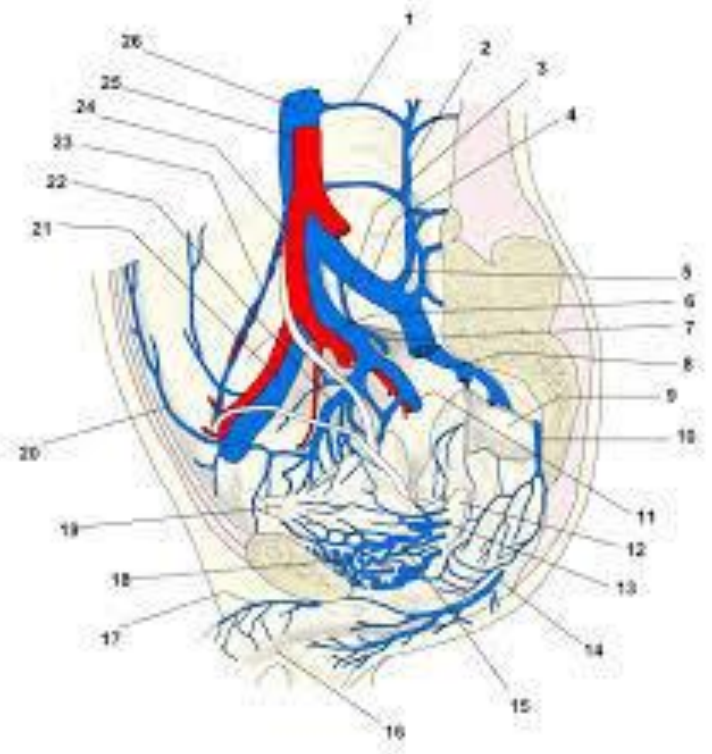
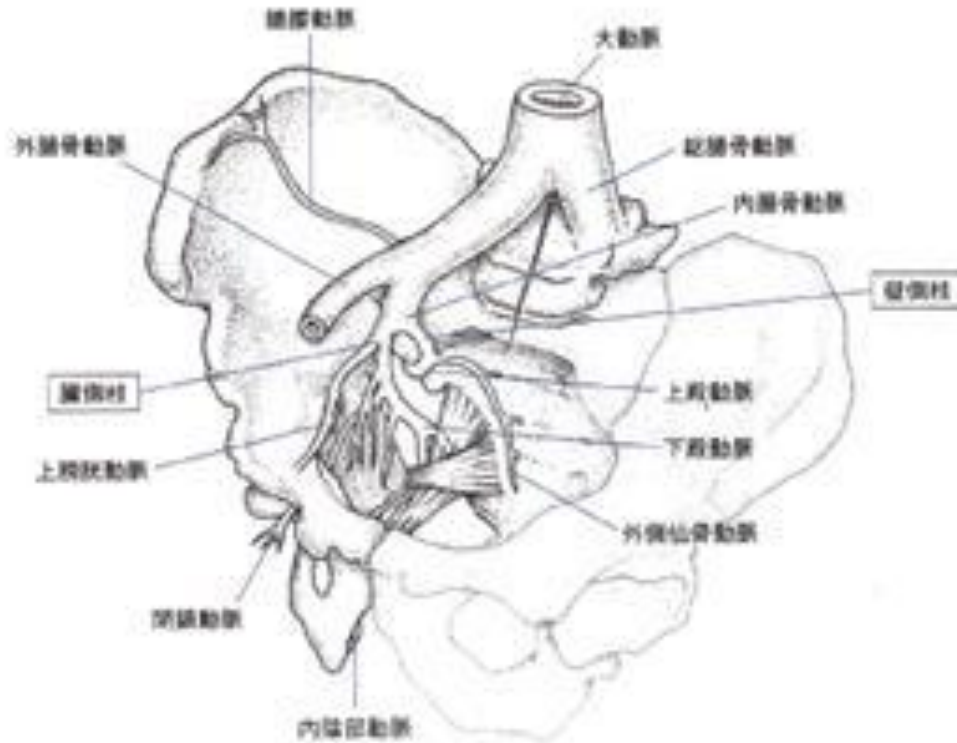


図7-2 骨盤周囲のおもな動脈

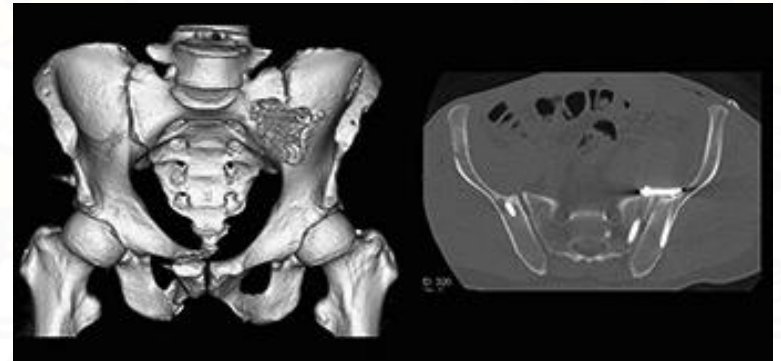
骨盤骨折

出血の**90%**は**骨髓性・静脈性**
動脈性出血は**10%**

骨髓性・静脈性出血は、**整復固定**でコントロール



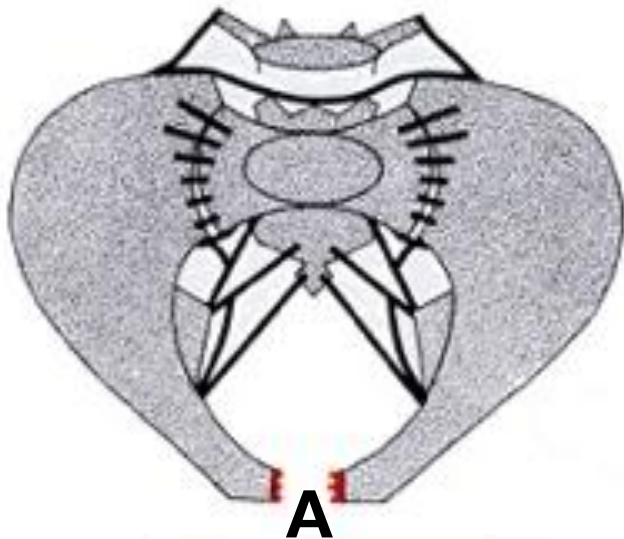
創外固定



内固定

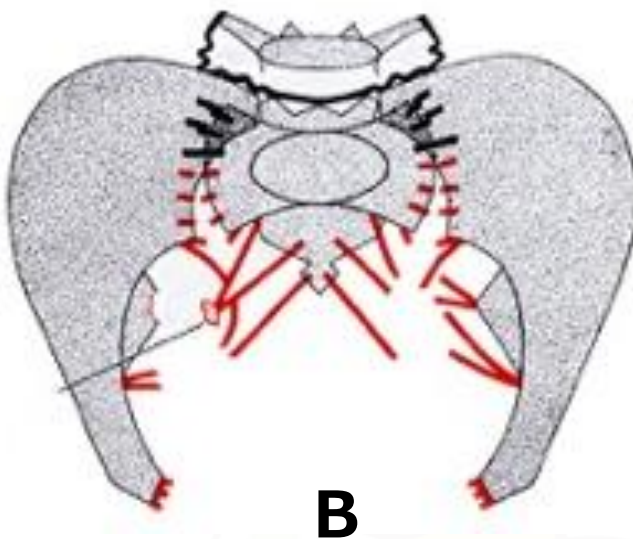
靱帯損傷と不安定性の発生機序

(恥骨結合離開の実験モデル)



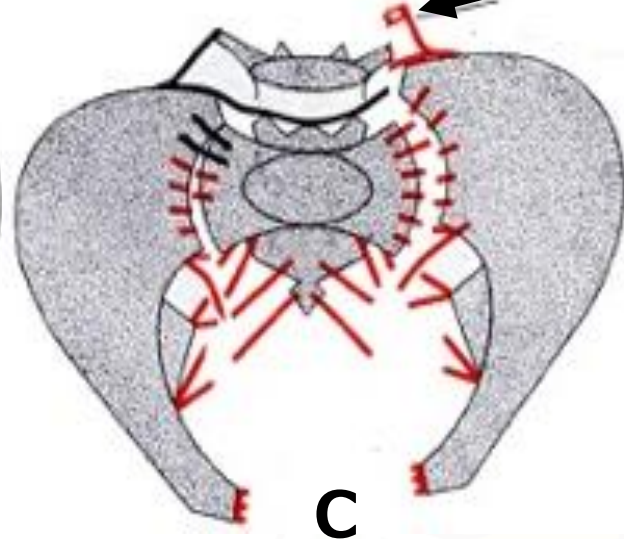
A

2.5 cmまでは靱帯が温存されたままでも離開し得る



B

2.5 cmを越えると一部の靱帯が断裂→水平方向に不安定性



C

さらに外力が加わり全靱帯が断裂→垂直方向にも不安定性

L5横突起
(腸腰靱帯)

骨盤前方部の2.5cmを越える離開(B,C)は高度な骨盤不安定性を示唆し、同時に**大量出血の危険**が極めて高いと判断

固定の対象

固定の対象は、
open book and vertical shear typeである。
lateral compressionは固定の対象ではなく、
また出血も少ない??
(そうではない症例が多々存在する)



サムスリング

シーツラッピングの意義

骨盤の構造を元に戻すことで**骨盤内容量を減らし**、結果的に後腹膜への出血の総量を減らすという、いわゆる**タンポナーデ効果**

しかし、このように不安定な骨盤骨折では後腹膜腔の筋膜は破綻しており、タンポナーデは有効に作用しない

骨折面からの出血の制御

骨盤の安定性を保つことで、形成された**血栓の安定化**

骨盤損傷患者に創外固定

死亡率が**26%**から**6%**に減少

TAE

TAEは**open book** や**vertical shear 損傷**では**20%**に必要

lateral compression損傷では、わずか**1.7%**しか必要でない??

外傷診療での共通認識 3

PSにおける骨盤レントゲンで探しているのは

不安定型骨盤骨折のみ

Extraperitoneal packing

- 搬入後10-15分で**Non-responder**
- midline incision of the lower abdomen
- arterial bleedingのcheck
⇒clamping, ligature, or repair
- 通常、出血部位はdiffuse
- open book⇒出血部位は**骨盤前方**
- vertical shear⇒出血部位は**骨盤後方**
- standard surgical lap pack
- 持続する出血に対してはangiography
- 24-48時間後に**second look**

骨盤骨折を疑わせるもの

高エネルギー外傷（病歴）

腰部の打撲痕・出血痕

恥骨周囲の疼痛、圧痛

下肢長差、肢位異常

骨盤の動揺性

原因不明のショック

血尿・血便

腰痛



外傷診療の手順 (JATEC)

検査
処置

Primary surveyと蘇生
A(C)BCDE アプローチ

蘇生要否の判断

Resuscitation Phase

転送判断

Secondary survey
受傷機転や病歴聴取(AMPLE)
全身の身体診察と諸検査

治療を必要とする
外傷を見つける

転送判断

根本治療

definitive Care Phase

Tertiary survey

急変を予測させる
生理機能の変調や
隠れた損傷を見つける

Secondary Survey (SS)

受傷機転や病歴聴取 (**AMPLE**)

A : アレルギー (**A**llergy)

M : 薬剤 (**M**edication)

P : 既往歴 (**P**ast history) 妊娠 (**P**regnancy)

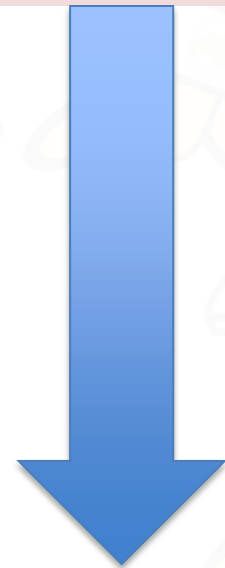
L : 最終経口摂取 (**L**ast meal)

E : 発生状況 (**E**vent)

全身の身体検査と諸検査

解剖学的評価

頭部・顔面
頸部
胸部
腹部
骨盤・会陰
四肢
背面



*Secondary Survey*での画像検査

胸部レントゲン

骨盤レントゲン

FAST

Focused ***A***ssessment with ***S***onography for

Trauma

Trauma Pan Scan

心電図

胸部X-p解剖学的評価 (SS)

P A T B E D 2X

P: **P**ulmonary contusion

A: **A**ortic rupture

T: **T**racheal injury

B: **B**lunt cardiac injury

E: **E**sophageal injury

D: **D**iaphragmatic injury

X: Pneumothora**X**

X: **H**emothorax

+骨折

肋骨

鎖骨

肩甲骨

胸椎など

胸部X-p解剖学的評価 (SS)

- ① **気**管・気管支
- ② **胸**腔と肺実質
- ③ **縦**隔
- ④ **横**隔膜
- ⑤ **骨**性胸郭
- ⑥ **軟**部組織
- ⑦ **チュー**ブ、輸液ライン

「気胸、縦横、骨、軟、チュー」

1 気管・気管支

気管・気管支の連続性、偏位

周囲の異常透亮像や
透過性の低下

気管・気管支損傷

大動脈などの**主要血管損傷**を疑う異常所見を探す

2 胸腔

胸腔:胸腔内液体貯留**血胸**と**気胸**の評価を行う

仰臥位撮影では

気胸は**CP angle**の**鋭化**

心・横隔膜近傍の**限局性透亮像**

血胸は**びまん性**の**肺野透過性低下**

3 縦隔

胸部大動脈損傷を示唆する所見（**縦隔血腫の存在**とそれによる**圧排所見**に注目）

骨折は外力の存在を、**縦隔所見は血腫**の存在を示唆する

1. 上縦隔の拡大
2. 第 1,2 肋骨骨折の存在
3. aortic knobの不鮮明化
4. 気管の右方への偏位
5. pleural (apical) cap
6. 右主気管支の挙上・右方偏位
7. 左主気管支の下方偏位
8. PA window の不鮮明化
9. 食道あるいはのNG tube の右方偏位
10. 左血胸(肋骨骨折を伴わない)

4 横隔膜

1 横隔膜の挙上、断裂、陰影の不鮮明化に注目する

2 X線所見の**経時的変化**を評価する:

ポイント

- ・ 横隔膜の挙上（深呼吸時で第4肋間まで）
- ・ 横隔膜上の異常陰影(胃、腸管ガス、NG チューブなど)
- ・ 横隔膜の不鮮明化

経時的に読むべき所見

- ・ 横隔膜挙上、シルエットの不鮮明化
- ・ 横隔膜上の mass-like density（限局性気胸様所見）
- ・ 横隔膜上に位置する胃・腸管
- ・ 対側への縦隔の偏位
- ・ 心陰影の拡大
- ・ 胸腔液体貯留所見

3脾、膵、肝、腎などの合併損傷の評価を行う

5 骨性胸郭

1 鎖骨:大血管損傷などの合併損傷の評価

2 肩甲骨:気道や大血管損傷などの合併損傷の評価

3 肋骨

- ・ 第1～3 血気胸、気道や大血管損傷などの損傷の評価
- ・ 第4～9 flail chest、血気胸、肺挫傷などの損傷の評価
- ・ 第10～12 flail chest、血気胸、肺挫傷および腹腔内臓器損傷の評価

4 胸骨:AP film での胸骨を評価するのは困難であり、縦隔血腫が認められる。心筋挫傷、大血管損傷などの合併損傷の評価をする



6 軟部組織：腫脹、皮下気腫

7 チューブと輸液ライン：挿管チューブ、CV

骨盤X-pの読影手順 (SS)

1. 全体

- 1) 正面性：腰椎棘突起の位置 ①
- 2) 対称性：腸骨翼の大きさ ②、高さ ③

11点の確認

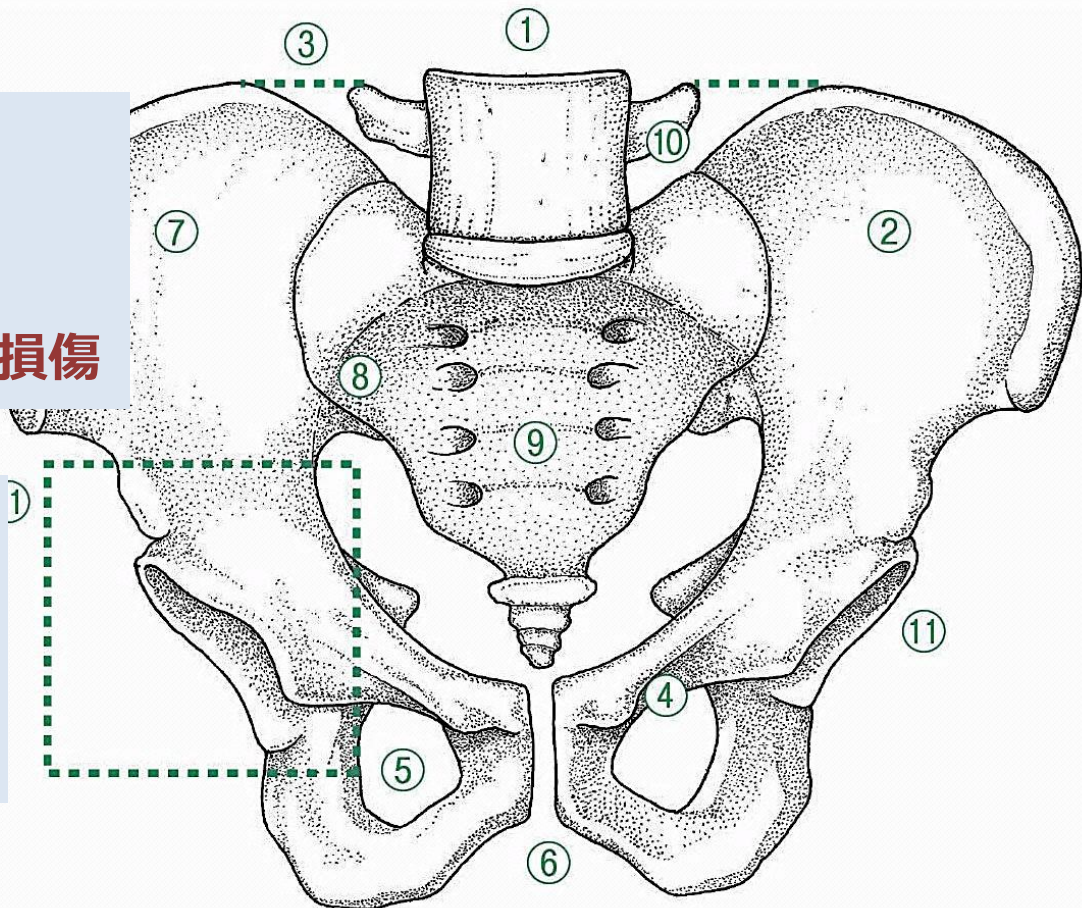
2. 前方

- 1) 恥骨・坐骨骨折の有無 ④
- 2) 閉鎖孔の左右差 ⑤
- 3) 恥骨結合の幅 ⑥
≥2.5cm離開→**後方靭帯損傷**

3. 後方

- 1) 腸骨骨折の有無 ⑦
- 2) 仙腸関節の幅、左右差 ⑧
- 3) 仙骨骨折の有無 ⑨
- 4) L5横突起骨折の有無 ⑩

4. 寛骨臼 ⑪



Trauma Pan Scan

- TraumaPan-scanは**Secondary survey**で行う
(三段階読影 第1段階、第2段階、第3段階)
- 第1段階と第2段階は**セットで読影**
- 切迫するDがある場合はSSの前に**頭部CTとTraumaPan-scanを容認**する

第1段階は**FACT**とも呼ばれ、緊急処置を必要とする損傷を見つけることが目的

* **FACT: Focused Assessment with CT for Trauma**

撮影と再構成の考え方

撮影の考え方

- ・ 頭部CTは単純CTが必須（ヘリカル）
- ・ 体幹は可能な限り造影CTを行い、情報量を増やす
- ・ 頭部顔面頸部造影CTは動脈損傷が疑われれば**動脈優位相**が必要。
- ・ 体幹造影CTは二相(動脈優位相と平衡相)で**血管外漏出像**や**仮性動脈瘤**の発見を

再構成の考え方

- ・ 顔面は**水平断**と**冠状断**で
- ・ 椎体（特に頸椎）は**水平断**と**矢状断**で
- ・ 腹部は**冠状断**でも評価を

Trauma Pan Scan

外傷は**時間**が勝負

見えるものではなく

見たいものを探す

大切な所見から

JATECでは**三段階読影**を提案

三段階読影

第一段階

緊急処置を必要とする損傷

緊急性

第二段階

治療方針決定に関わる損傷

治療方針

第三段階

見逃しがないか

見逃し

第一段階

緊急処置を必要とする損傷

3分間



FACT: *F*ocused *A*ssessment with *C*T for *T*rauma

頭部単純CT



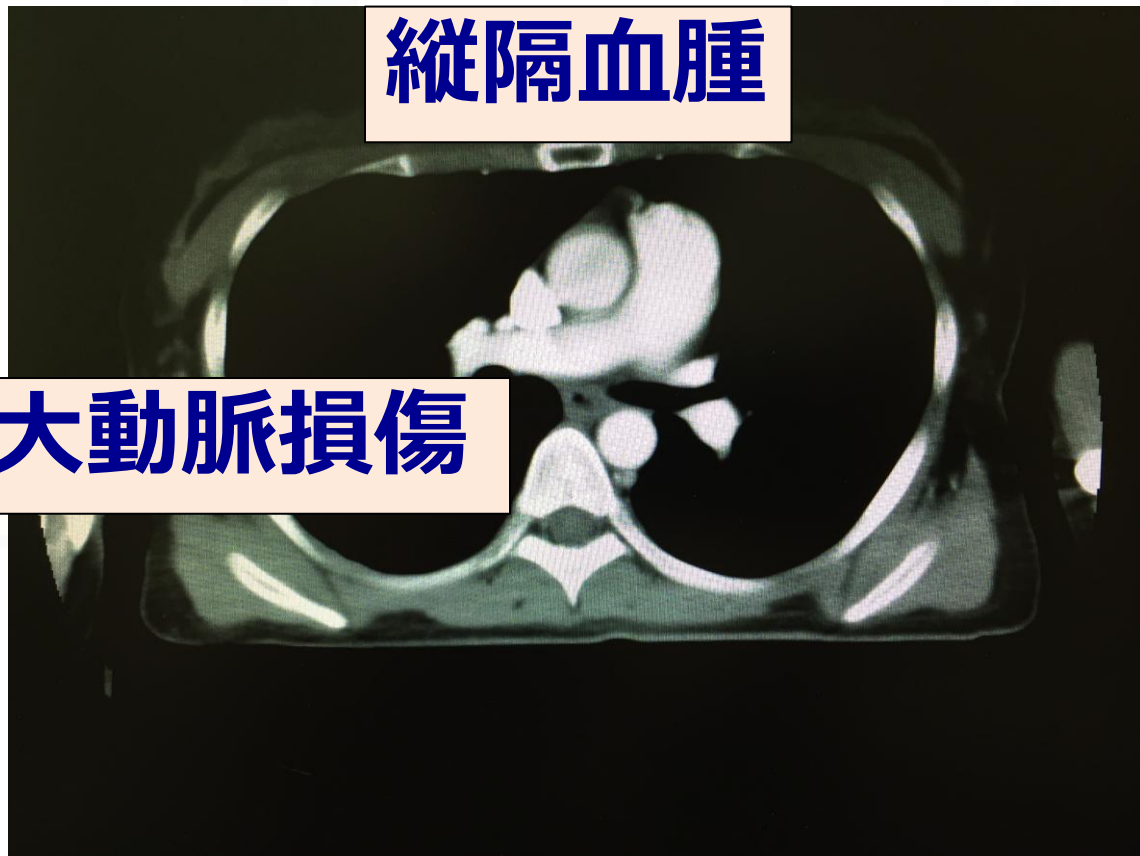
まずは頭部単純CTで

緊急減圧開頭の必要性

頭蓋内血腫あり

頸部～体幹部の動脈相で頭部も

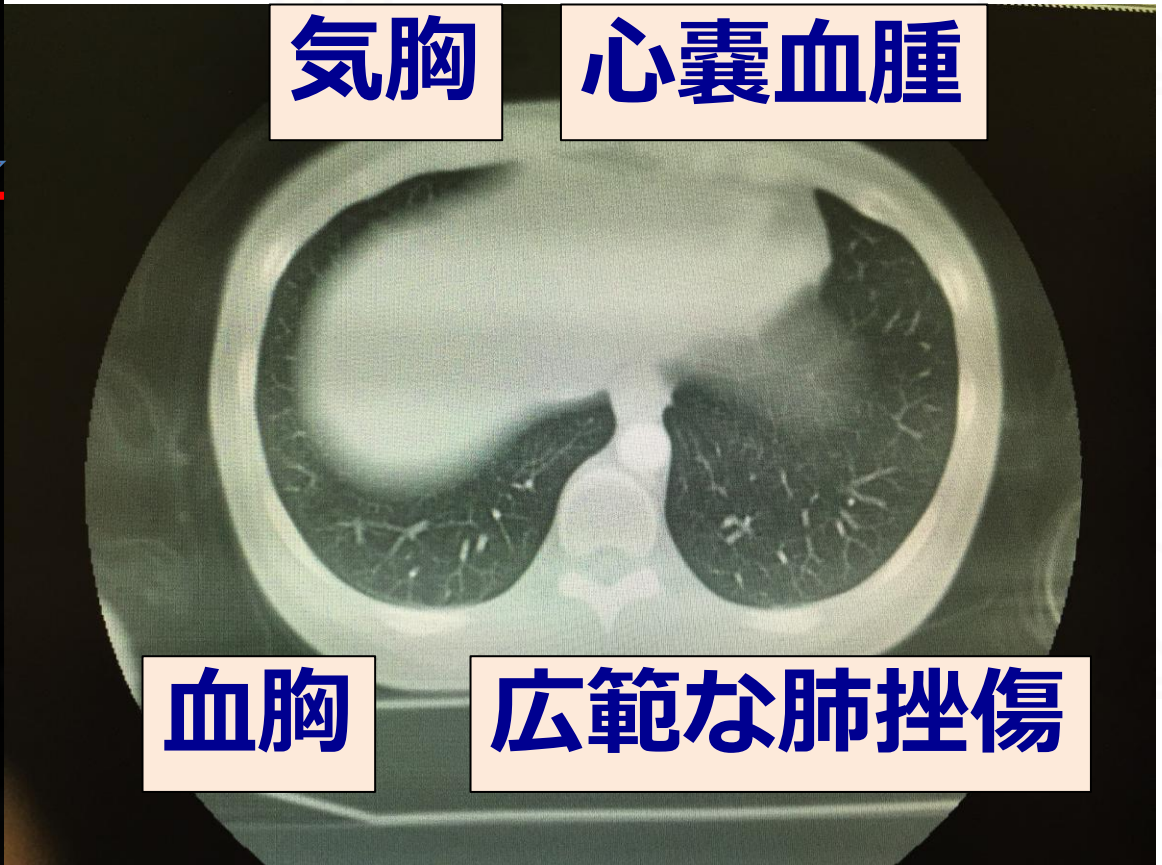
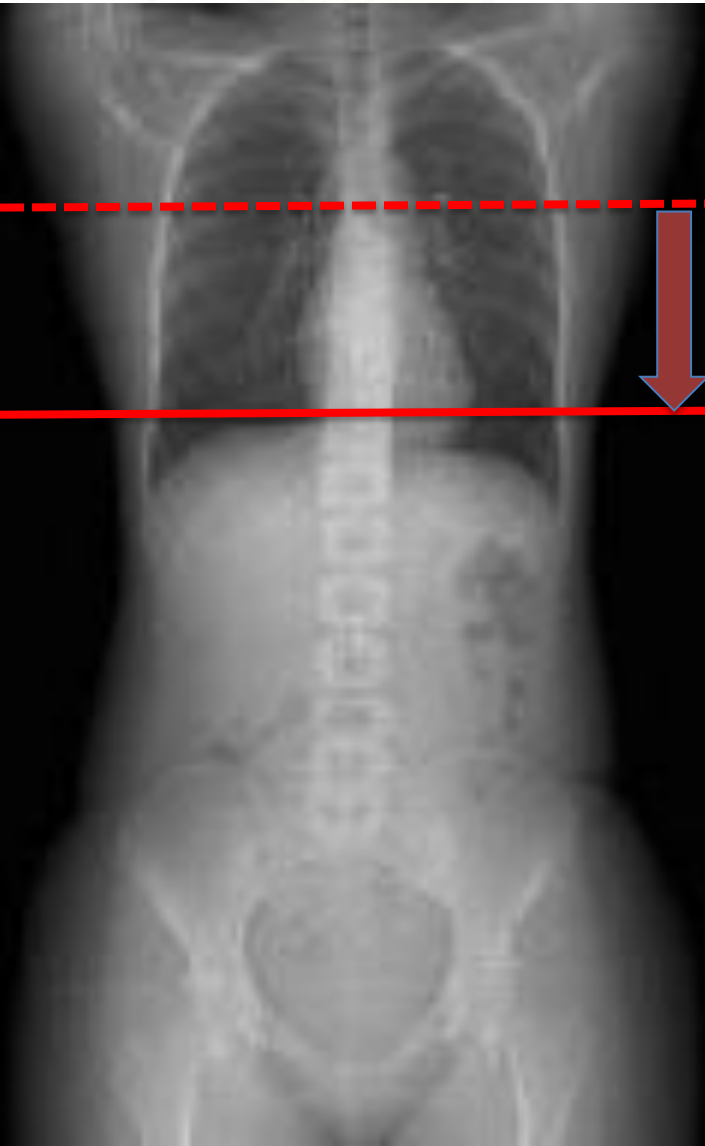
大動脈遠位弓部



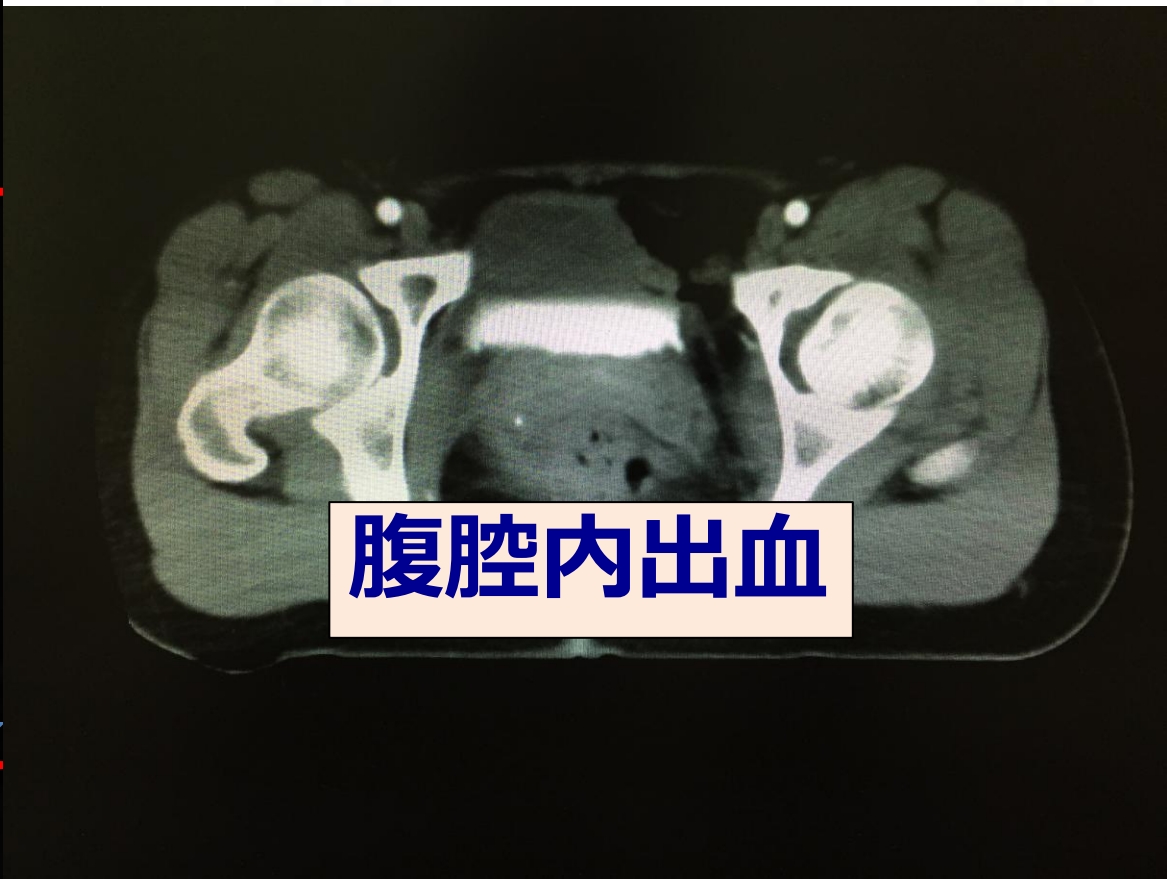
縱隔血腫

大動脈損傷

肺底部（肺野条件）



ダグラス窩 (腹部条件)

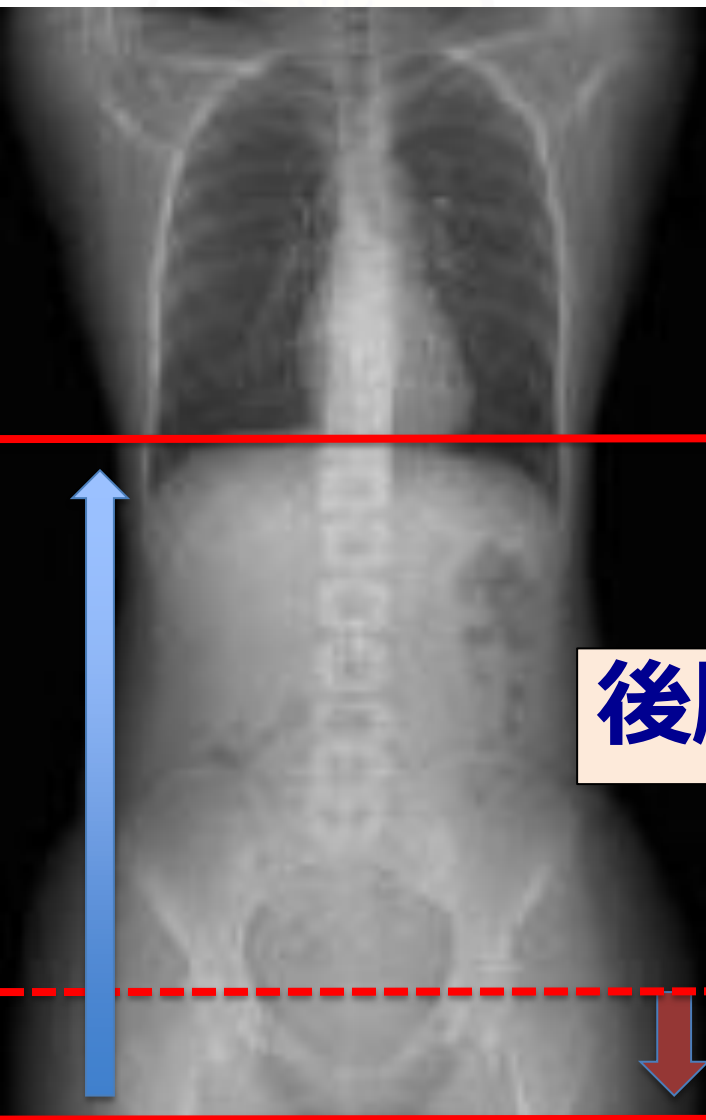


骨盤～椎体周囲

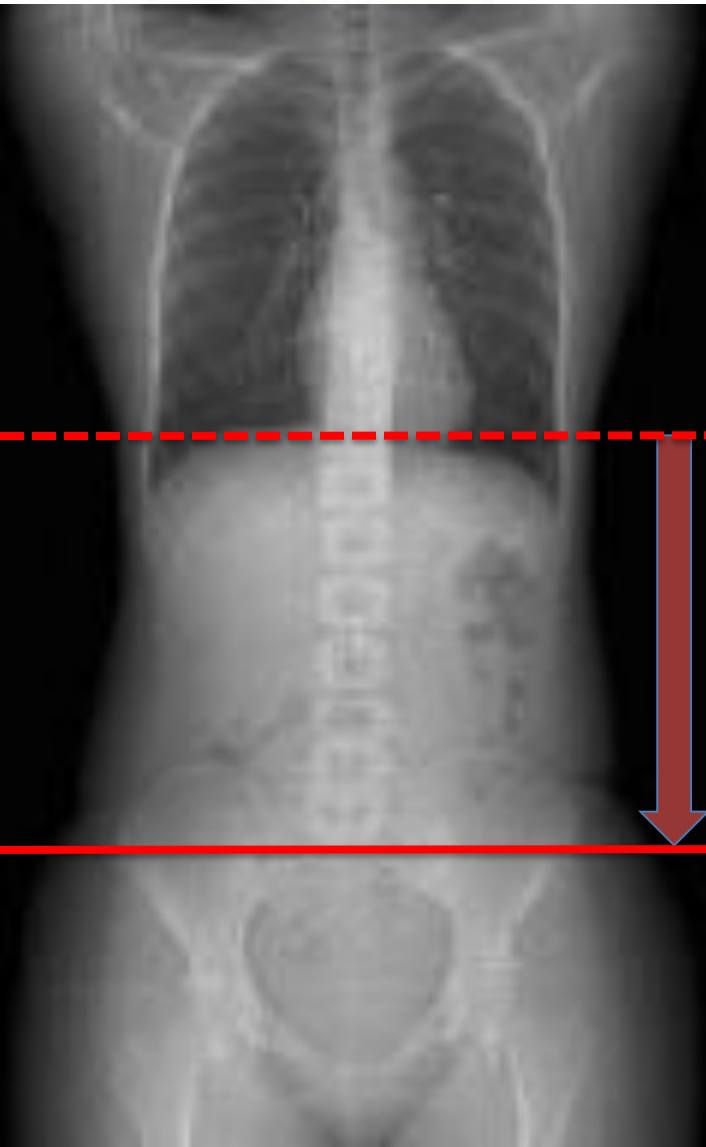
椎体周囲の血腫

不安定型の骨盤骨折

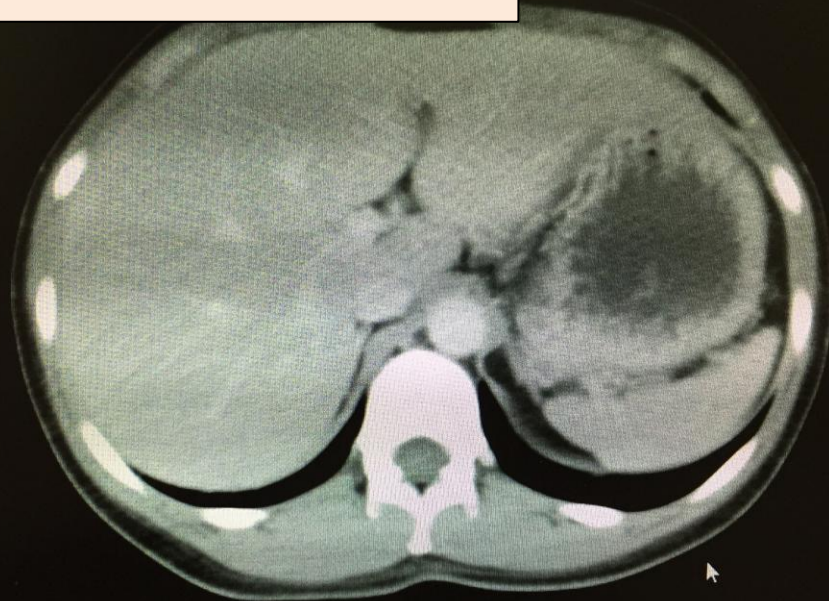
後腹膜血腫



實質臟器（軟部条件）



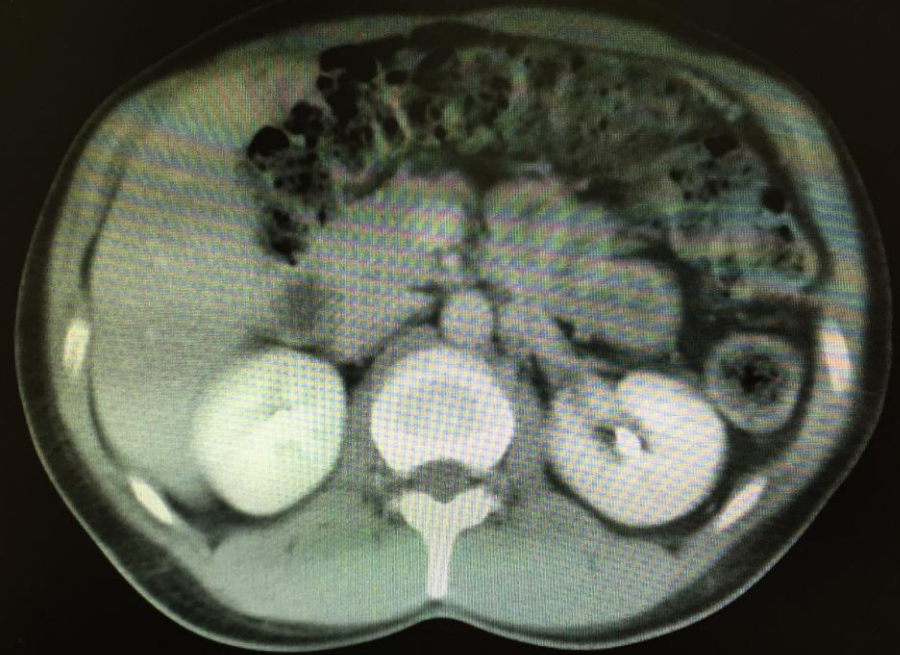
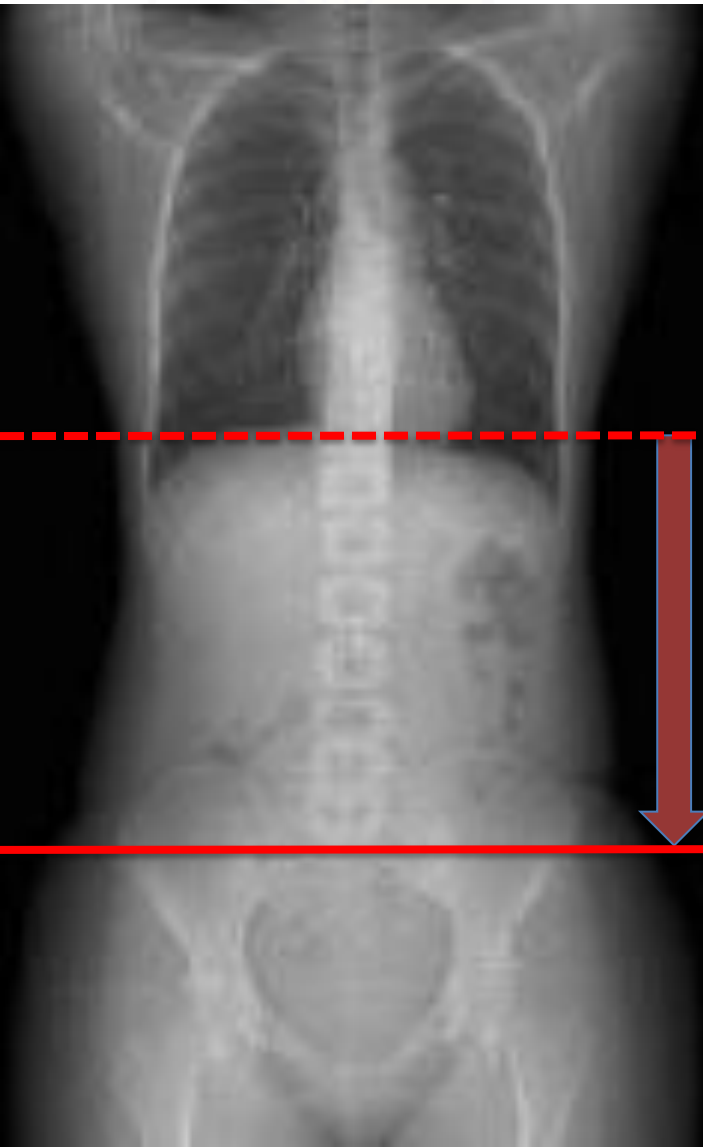
實質臟器損傷



肝臟・脾臟・腎臟・胰臟

実質臓器（軟部条件）

腸間膜内に限局した血腫



FACT陽性なら・・・

次に向かうべき**方向性**を指示

手術室や**血管造影室**などの手配

専門医へのコール

第二段階

治療方針決定に必要な所見

血腫

外傷性くも膜下出血・頭蓋骨骨折

顔面骨折，脊椎骨折，椎骨動脈損傷

肺挫傷，腹腔内遊離ガス，骨盤骨折

血管外漏出

解剖学的評価



第二段階

動脈優位相と**平衡相**を比較

冠状断・矢状断像での読影

第一段階の評価と合わせて治療方針を決定

読影はCT室から処置室に戻ってから

第三段階

見逃しがないか？

入院翌日に放射線科に読影依頼でも可

Pan Scan標準プロトコール

頭部単純CT
(ヘリカル)

頭蓋内血腫あり

動脈相で頭部も

明らかな大腿の変形・腫脹

動脈相で大腿部まで

動脈相
(頸部～骨盤)

実質相 (胸部～骨盤)

外傷診療の共通認識

Trauma Pan Scanは解剖学的評価
通常はSecondary Surveyで

Trauma Pan Scanは三段階読影
緊急処置*FACT*→治療方針決定→見逃し防止

頭部は単純、体幹は造影
動脈相は頸部～

Pan-scanおさらい（頭部CT）

頭部CTはいつ撮る？

**SSにおける評価（解剖学的評価）の一つ
切迫するDがあればSSの最初でもOK**

FACTでは頭部CTで何を探す？

緊急減圧開頭術の必要性

Pan-scanおさらい

大動脈（肺動脈）レベルでは何を探す？

大動脈損傷、縦隔血腫

肺底部レベルでは何を探す？

広範な肺挫傷、血気胸、心嚢血腫

骨盤腔（モリソン窩）では何を探す？

腹腔内出血

Pan-scanおさらい

骨盤から脊椎では何を探す？

骨盤骨折、後腹膜血腫、椎体周囲血腫

腹部では何を探す？

実質臓器損傷、腸間膜血腫

まとめ

職種の違いではなく、共通認識の欠如？

診たいものが分かれば、怖くない

一歩先を行く、予測が大切

チームでPTDを回避しましょう

外傷診療

外傷診療、苦手ではなくなりましたか？

1 苦手



2 大好物



3 どちらとも言えない





100円(税込)からはじまる停学生活。

100円でも万引き！
やるからには覚悟できてんだろうな！！
(人生、台無しになるぞ！)

ダブる  停学

万引きばれた。  盗るんじゃなかった。

当店で万引きした場合、年齢・性別問わず
必ず警察に通報させていただきます。

なお万引きした商品は
必ず買い取って頂きます。ご了承ください。

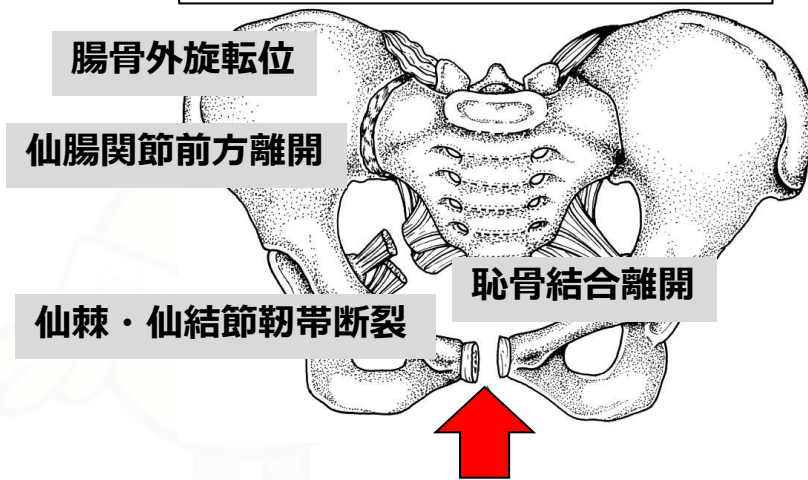
※なお、この張り紙は、○uとは関係ございません。

外傷診療の共通認識

骨盤骨折

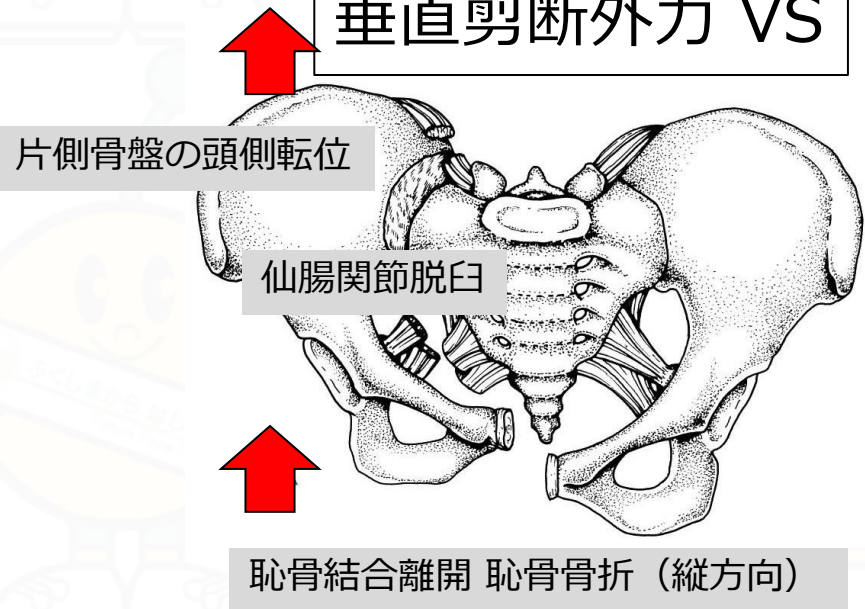
固定が必要なのもTAEが必要なのも

前後圧迫外力 APC



前後圧迫型
A-P Compression

垂直剪断外力 VS



回旋垂直不安定型
vertical shear type