特集　外　傷

1．腹部外傷の画像診断とIVR：画像情報をどのように得て，どう生かすのか？

松本純一，一ノ瀬嘉明[1)]，桑原秀次[2)]，服部貴行[1)]，森本公平[1)]
山下寛高[1)]，濱口真吾，中島康雄[3)]，平　泰彦

聖マリアンナ医科大学　救急医学，国立病院機構災害医療センター　放射線科[1)]
岐阜大学附属病院　小児科[2)]，聖マリアンナ医科大学　放射線医学[3)]

Diagnostic and interventional radiology in pediatric abdominal trauma ; How to manage the traumatized patient with imaging

Junichi Matsumoto, Yoshiaki Ichinose[1)], Shuji Kuwabara[2)]
Takayuki Hattori[1)], Kohei Morimoto[1)], Hirotaka Yamashita
Shingo Hamaguchi, Yasuo Nakajima[3)], Yasuhiko Taira

Department of Emergency and Critical Care Medicine, St. Marianna University School of Medicine
Department of Radiology, National Hospital Organization Disaster Medical Center[1)]
Department of Pediatrics, Gifu University Hospital[2)]
Department of Radiology, St. Marianna University School of Medicine[3)]

Abstract

Time means life in trauma care. To provide better trauma care it is essential for the team to share the concept of time-conscious trauma care.

The primary evaluation of the obtained CT images should be focused on the findings associated with critical injuries such as aortic injury, hemothorax, pneumothorax, hemoperitoneum, pelvic and spinal fractures, and injuries of solid organs and hollow viscous ones. Further evaluation for less critical injuries should be done in the later phase of the primary trauma care.

The interventional radiology (IR) procedures also should be time-conscious and includes the concept of damage control. IR in trauma is different from other emergency IR procedures in urgency.

Indications of therapeutic options in trauma may vary depending on the circumstances of individual hospitals. There are thought thought to be 7 important factors to consider in making management decisions: 1) Age, 2) Number and space of bleeding, 3) Presence or absence of trauma-related fibrinolytic DIC, 4) Past and present history of coagulopathy and medication, 5) Time from injury, 6) Form of injury, 7) Presence or absence of shock after injury.

Trauma care will be better with aggressive and appropriate use of radiology.

Keywords：**脾損傷，肝損傷，DCIR（Damage Control Interventional Radiology）**

はじめに

よりよい外傷診療を提供するためには，救急外来を担当する医師・看護師，診療放射線技師，輸血部を含む臨床検査部門，麻酔科・外科を含む手術室部門など，関連する全ての部門が，垣根を越えて時間を強く意識した診療理念を共有することが不可欠である．MDCT（Multi-detector row CT）の導入が進み，外傷診療における画像診断の有用性は格段に高くなったと言えるが，しかしそれでも，画像診断で時間を失うことが極めて危険な状況になることは強く意識しておく必要がある．外傷診療における画像診断の有用性がことさら強調されてはいるが[1]，だからこそ，患者から直接得られる情報をもとに迅速に対処する能力を高め，維持しておくことが大切である．

本稿では，外傷診療における画像診断，特にCTの位置づけと腹部臓器損傷における治療方針決定に際して検討すべき事項や，Interventional Radiology（IR：日本ではIVR）を選択枝として選ぶ際に考えるべきことなどについて，小児の特殊性を加味して解説した．

外傷診療は時間が命

多発外傷，とりわけ重症多発外傷における時間の重要性は，他のどのような疾患においてより高く，文字通り一分一秒を大切に診療しなければならない．それは，患者の受け入れに始まり，全てのプロセスにおいて徹底されていなければならず，部署を超えて診療哲学が共有され，個人個人が意識的に行動できなければ，達成できない次元のものである．画像診断を例に取れば，外傷診療における画像検査・診断は，従来のそれとは異なる概念のものでなければならない．すなわち，時間を強く意識した効率的なものでなければならないのである．ポータブルの胸部骨盤単純X線写真やCTの撮像方法，読影の方法，情報共有の仕方，IVRの適応決定から実際の止血作業など，全ての段階において，迅速に対処できるよう，様々な工夫が求められる．いくつかの方法については本稿でも解説しているが，外傷診療における画像検査からIVRの全体のなかでの個別の事項については，細かく触れることができないので割愛する．本稿で書かれていることは，文章を読んだだけでは理解しにくいと思われるが，実症例に当てはめて検討することで理解が深まることと思う．

外傷診療における画像診断とIVRの位置づけ

短時間で詳細な情報を提供できるMDCTが外傷診療にもたらすインパクトは非常に大きい．最大の関心事である活動性の出血を伴う損傷の有無，数，程度を短時間で把握できるからである．実際の診療においては，循環動態が不安定な患者に原則としてCTは行わず，初期診療の最初のステップで行われるポータブル胸部骨盤単純X線写真，迅速簡易超音波検査（Focused Assessment with Sonography for Trauma：FAST）の結果や受傷機転などから出血部位を想定して手術を先行して行う。一方，CTを撮像することでより短時間で患者の容態を安定化させることにつながると判断できる場合や，ハード面でもソフト面でも環境が整備されている施設では，CTが行われることもある．事実，CTが初療室の中に備えてあり，初期診療そのものをCT台の上で開始する施設もある[2]．それだけ，CTのもたらす情報が治療方針決定に果たす役割は大きいのは事実である．IVRに関しては，その有用性を示唆する論文が既に多く出されており[3]，より重症な症例に対する有用性も日本などから示されているものの[4]，画像診断同様，エビデンスレベルの高い論文は出ていないのが現状である．時間の要素が重要な外傷診療において，症例数の多い米国では手術がIVRよりも早く行える環境下にあり，IVRの有用性を強調する論文は今後も出にくいと思われる．しかし一部の施設ではIVRの応用に関して変化が見られるのも事実ではある．日本において外傷診療を積極的に行っている施設では手術のための優秀なスタッフはいても，IVRはオンコール体制で整備が遅れていることが多いのが現状である．IVRの持つポテンシャルが高いことは意識されているが，それを実践し続けるためのシステムが，日本にも米国にも極めて少ない，というのが現状のようである．

外傷画像診断の実際

外傷初期診療において最も重要なことは，「今出ている血を止めること」である．画像診断もこのことを念頭に置いて行われるべきである．即ち，今出ている活動性出血の有無，あるならばその場所と数，各々の程度を速やかに捉えることが画像診断の最重要課題となる．血腫，血性腹水，血胸を見つけることは活動性出血の部位を想定するきっかけとなるが，それらは結果であって，重要なことは出血点はどこで，現在も出ているか否か，ということを知ることである．

CTを行う場合には活動性の出血や血管損傷を捉えるために，造影剤を使用したダイナミック撮影が必要となる(例えば腹部の撮像タイミングが，動脈優位相：造影剤注入開始から30秒後，実質相：同100秒後もしくは遅延相：同150秒後)．通常の救急疾患の画像検査・診断と異なり，受傷機転から多発外傷が想定される場合には，症状や傷のある場所に関係なく，全身をくまなく検査することが求められる(Trauma Panscanあるいは外傷パンスキャン)．CTでは，頭部単純CTを撮影した後，全身の造影CTが行われることになる．どのような症例にどこまでのプロトコールを行うべきかについては，未だ結論は出ておらず，今のところ大量の「所見なしスタディ」を生む結果にもなっている施設も多く見受けられ，小児においてはその適応を慎重に考える必要がある．検査までの間に循環動態を落ち着かせる必要のあった症例や，受傷機転がいわゆる高エネルギー損傷(Table 1)が想定される場合には，頭部単純CTとそれに引き続いて全身の造影ダイナミック撮影を撮ることが望ましいと思われる．

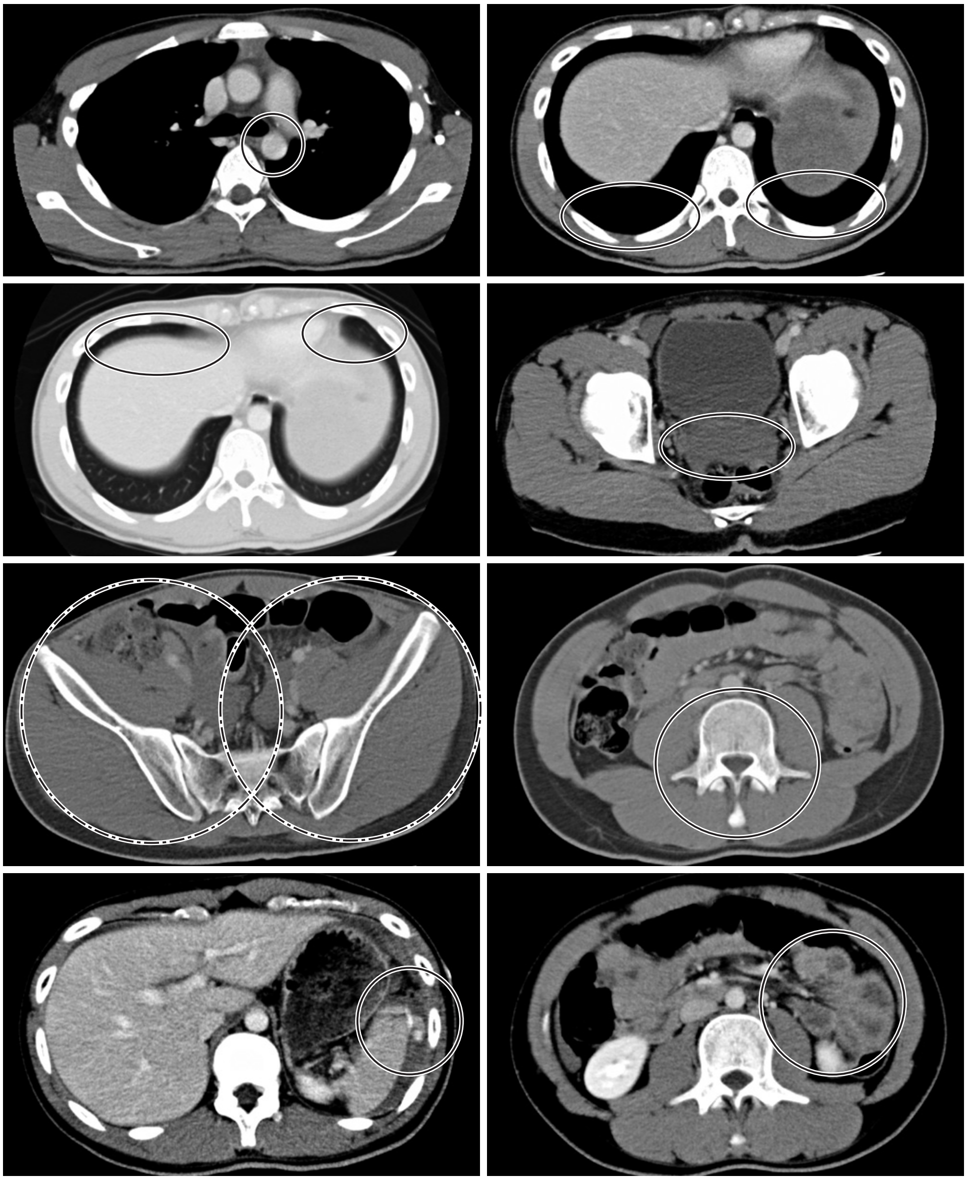
しかし小児の場合，自動車やバイクを運転して交通事故に遭うことはなく，高所から飛び降りる例も極めて少ない．高エネルギー損傷の例としては，自動車にはねられるか自動車事故の同乗者であることが多い．多くの外傷は，転倒したり喧嘩をするなどして体の一部を強く打撲する，といった受傷機転によると思われる．受傷機転をできるだけ正確に把握し，闇雲に検査を行わない姿勢が小児では特に求められる．

読影に際しても，緊急度を意識した読影を心がける．検査時初めて画像を見る場合には，まず，出血性病態と関連する緊急度の高い所見を検索する．すなわち，①頭部で緊急開頭が必要な外傷性出血・血腫を確認し，②胸部では大動脈損傷を評価する目的に弓部遠位部の血管の輪郭と血腫を確認，③両側血胸を探しながら，④肺底部では腹側(臥位では最も空気が溜まりやすい部位)で気胸を確認，さらに腹部ではまず最下部まで降りてから⑤膀胱直腸窩において血腫を確認した後，⑥骨盤骨折，⑦腰椎・横突起の骨折などを確認しつつ受傷機転を想定する．引き続いて⑧脾臓，肝臓，腎臓，膵臓など実質臓器の損傷を血腫と共に検索し，最後に⑨腸管の浮腫像や腸間膜内の血腫を見ていきながら，再び骨盤腔へ降りていく(Fig.1)．このようにしてざっと全身を5分程度で検索し，緊急度の高い病態がありそうかなさそうかを，診療チーム全体で共有するようにする．この時には，血腫の存在部位と共に活動性出血の所見，即ち造影剤の血管外漏出像(extravasation)と仮性動脈瘤形成(pseudoaneurysm)を中心に検索していく訳であるが(Fig.2)，この後引き続いて行う第2段階の読影においても，損傷や血腫のある部位を中心に，受傷機転を想定しながら，より広い範囲で活動性出血を検索していく．活動性出血を中心に頸椎損傷など緊急治療の対象となる損傷の検索を終えたなら，さらに緊急度の低い細かな損傷の検索を行っていく．この第3段階の読影においては，頭の先から足の先まで検査されている部位全てを観察していく必要があり，ここでは逆に受傷機転にとらわれずにくまなく評価していく姿勢が求められる．

Table 1　高エネルギー損傷の例

3～6ｍ以上の高所からの転落
鉄道や車に跳ねられた歩行者，自転車
高速道路上での交通事故
搭乗空間に高度な変形があった車両事故
傷病者が車外放出された車両事故
救出に20分以上を要した車両事故
横転した車両事故
体幹を重圧で挟まれた外傷　など

※明確な定義はなく，救助者が現場の状況から判断する



a	b
c	d
e	f
g	h

Fig.1　外傷CT読影の実際

a：左肺動脈レベルで大動脈の輪郭と縦隔血腫を確認．大動脈損傷のほとんどはここで見られるため，この部で所見がなければ大動脈損傷のほとんどは否定できる（本例では－）．

b：肺底部横隔膜レベルにまで降りてくる過程で血胸の有無を確認（本例では－）．

c：肺底部横隔膜のレベルでは，臥位の際に最も高い位置となる腹側部分に空気が溜まりやすく，この部で気胸をチェックするのが効率的である（本例では－）．

d：肺底部の次は一気に骨盤腔まで降りていき，臥位で最も低位となる膀胱直腸窩で腹腔内血腫を確認する（本例では＋）．ここで血腫が確認されなければ，多量の腹腔内血腫はない可能性が高い．術後などで癒着がある場合には血腫が降りてこないため注意．

e, f：骨盤腔から上がっていく過程で骨盤骨折と，椎体・横突起の骨折を確認し，受傷機転を想像する（本例では－）．

g：腹腔内および後腹膜実質臓器損傷を順次確認．打撲部側（腹腔内臓器）から見ていくとよい（本例では脾臓外側にextravasationが＋）．

h：上腹部レベルの臓器を確認したら再び骨盤腔へ向かって腸管の腫脹や腸間膜血腫を見ていく（本例では，打撲部側の腸管壁腫張疑い）．

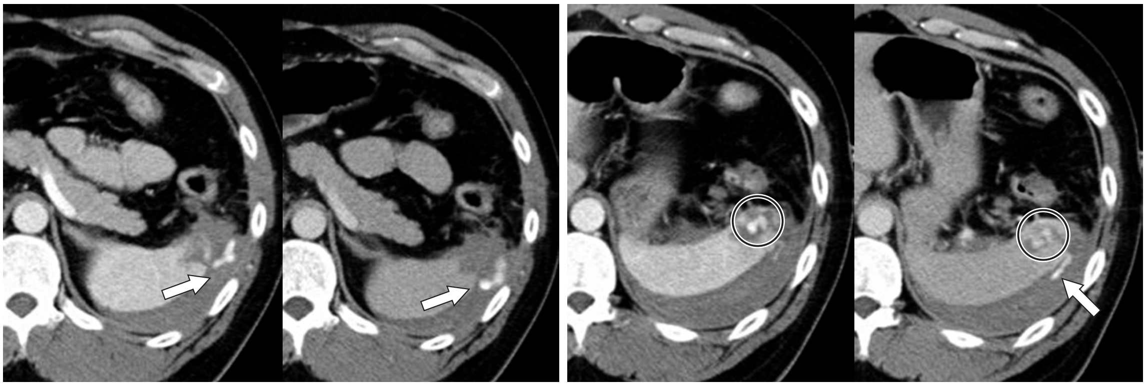
a  b

Fig.2　脾損傷における造影剤の血管外漏出像（extravasation）と仮性動脈瘤形成（pseudoaneurysm）
a：動脈優位相（左）から実質相（右）にかけて，時間を追うごとに形状変化する脾表面から腹腔内への血管外漏出像を認める（矢印）．Free spaceへの漏出であり，非常に危険な血管損傷の所見である．循環動態が安定していたとしても，直ちに止血術を行うべき所見である．
b：動脈優位相（左）から実質相（右）にかけて，形状は変わらずに造影効果の弱くなる分節状・結節状の染まりとして仮性動脈瘤形成（pseudoaneurysm）が認められる（印）．実質内の血管損傷であるが，脾損傷に伴ってみられる場合には通常速やかに塞栓する．脾外側にはより下方の損傷部からの血管外漏出像（矢印）が認められる．

Table 2　どのようなspaceに出血しているか？

緊急度低	tight space	若年者の筋肉内，肝（実質内・被膜下）
	loose space	後腹膜腔，縦隔，高齢者の筋肉内，脾（実質内・被膜下）
緊急度高	free space	胸腔，腹腔，高齢者の後腹膜腔

tightよりはloose, looseよりはfreeな空間への出血が，より緊急度が高いと判断する

※同じ「筋肉内」であっても高齢者に比べて若年者はよりtightな組織と考えられる．小児では成人で推定される組織密度より一段緊急度が低い方へ，すなわち成人におけるloose space/free spaceはそれぞれ，小児ではtight space/loose space相当するものとして考えられる場合がある．

※通常は緊急度が低いと判断するtight spaceの出血であっても，凝固障害がある場合は，自然止血を期待しがたい状況となる．したがってtight spaceやloose spaceであっても,凝固障害を伴う状況であれば通常より一段緊急度を高く見積もって積極的に止血術の適応を判断すべきである．

※tight spaceの出血が全て緊急度が低いというわけではない．自然止血を期待しうる程度に受傷後時間がたっているにも関わらずtight spaceでの出血が遷延している状況，あるいは，全身に強いエネルギーが及んだ鈍的外傷において，tight space（筋肉内など）の出血が全身に多発してみられる状況は，凝固障害の存在を懸念させる所見である．この場合のtight spaceの出血は，極めて緊急度が高いと考えるべきであり，迅速な凝固補填と止血術（手術・IVR）を要する．

外傷診療における治療方針決定の実際

循環動態が不安定で胸腔や腹腔に明らかに出血が認められる場合にはCTは行わず，緊急で手術を行う．しかし，循環動態が安定化した場合には，CTが行われ，準緊急手術やIVR，保存的経過観察といった治療法を選択することになる．意識が清明であったり，収縮期血圧が90 mmHg以上というだけで循環動態が安定していると解釈してしまうと，診療のスピードが遅くなりがちであるが，治療方針決定まではチーム全体が全速力で動く必要がある（必要があればその後も）．治療方針を決定する際には，画像情報も合わせて以下の7項目を評価していくとよい．

①年齢

小児の場合当然若年ということになり，このことは体や臓器，組織の弾性が高いことや，組織間の間隙が「密」であることを意味する．すなわち，受けた外力を組織の「破壊」で消費せずに，様々

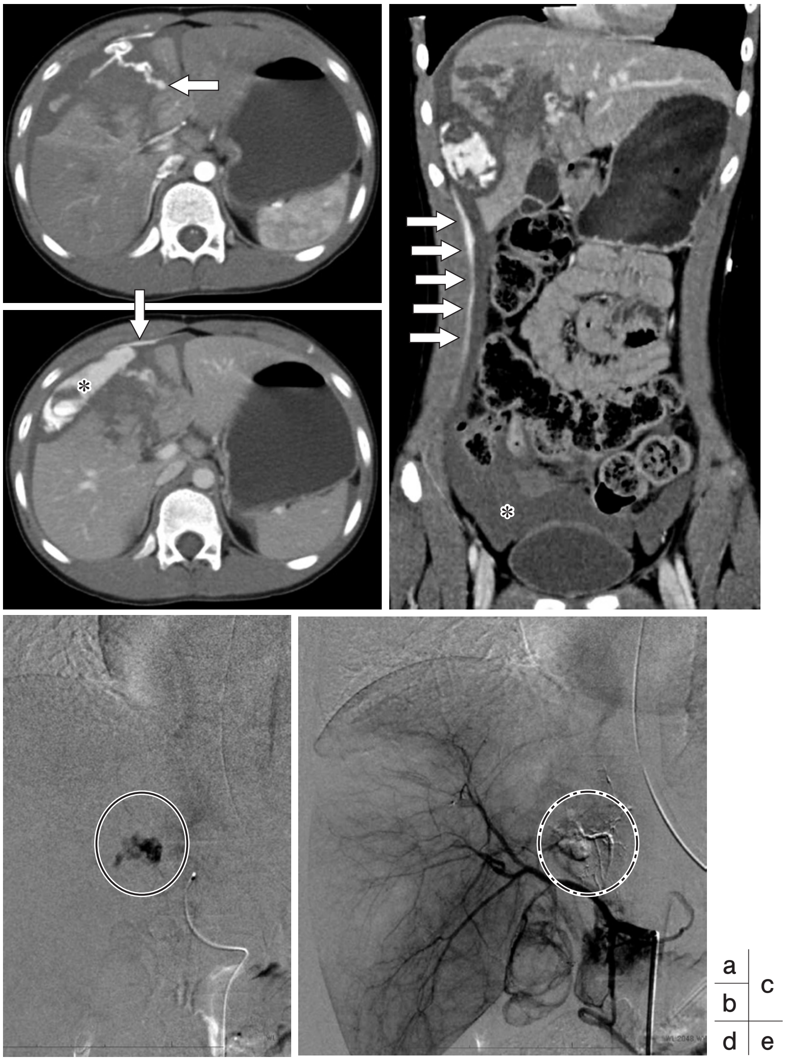


Fig.3　活動性出血を伴う肝損傷．公園で走っている際に転倒し腹部を打撲して受傷．検査時循環動態は安定

a：肝S4から肝表に向かう血管外漏出像を認める（矢印）．

b：造影剤は肝被膜下に流れ込んで貯留している（＊）．正中付近の肝表では被膜外へ漏れ出る造影剤が線状に指摘可能である（矢印）．

c：腹腔内には大量の血腫があり（＊），被膜断裂から腹腔内への出血を伴う肝損傷であることが確認できる．一方，肝表から漏れた造影剤は腹腔内ではなく，さらに外側の腹腔外へと漏れている（矢印）．すなわち，活動性の出血は，検査時には，肝被膜下という本来であればtightなspaceと腹腔外というlooseなspaceに出ていることになる．実際には被膜断裂があることから，肝被膜下はloose space以下の緩さと考えるべきであるが，仮にこれだけの出血がfree spaceへ漏れ出ていたならば，循環動態は保たれないはずである．活動性出血の源は中肝動脈と診断した．

d, e：手術室の準備を待ちながら，既に準備の整っていた血管撮影室へCT室から直接移動．中肝動脈のextravasation（丸印）を確認，n-butyl-2-cyanoacrylate（NBCA）を用いて手技開始20分後には止血を完了した（点線丸印）．本来であれば手術を優先させるべき症例かもしれないが，画像所見から正確なターゲットの位置と現段階での時間的猶予を推察し，各部門の準備状況を鑑みた上での判断であった．なお，腹部打撲の単発損傷であり，多発外傷に伴う広範な組織挫滅から来る線溶亢進型DICには至っていなかった．

な形で吸収することでも消費できるため，受傷外力の大きさの割に損傷が軽微であったり，筋肉内や後腹膜などの比較的密な領域での出血が広がりにくいことが考えられる．

②活動性出血の部位，数とその程度

出血が，例えば腹腔内のようなfree spaceに漏れ出ているのか，後腹膜のようなloose spaceに出ているのか，あるいは筋肉内のようなtight spaceに出ているのかを判定することは，今見られている出血の緊急度を考える上で重要である（Table 2）．凝固が保たれている状況下でのtight spaceへの出血は止血が期待できるが，凝固が崩れているかfree spaceへの活動性出血では，一刻も早い止血を目指さなくてはいけない．一方，小児では同じfree spaceといっても，成人に比べてtightさに差があるようである．即ち，free spaceであるはずの腹腔でも，成人の後腹膜（loose space）と同程度である場合があり得る（Fig.3）．したがって，同じ腹腔内の損傷で，成人ではIVRや手術が検討される場合でも，小児では保存的にみることができる症例は多く経験される．これには，凝固能の要素も関連している可能性はあり，推察の域を出ない．

もう一つ，活動性出血とspaceに関して注意すべきことがある．Free spaceでの出血は血圧の不安定化に大きく影響するが，活動性出血のあるspaceがtight spaceかloose space内であると，輸液による血管内容量の補完が上回って，実際には活動性に出続けているのに循環動態は一見崩れていないように見えてしまう，ということがあり得る．循環動態が安定していても，活動性出血が続いている可能性を頭に浮かべながら早い段階で迅速にCTを行い，活動性出血の有無を判定するようにしたい．

③凝固障害の有無

ここでいう凝固障害は，広範な組織挫滅を伴う鈍的外傷による線溶亢進型の凝固障害である[5]．ここでは詳細は割愛するが，高エネルギーの鈍的外傷症例においては，来院までの出血量に関わらず，凝固障害（線溶亢進型DIC：disseminated intravascular coagulation）を来すことが知られており，その存在を知ることはマネージメント上非常に重要である．具体的には来院時の採血でFDP（fibrin/fibrinogen degradation product）やD-dimer（DD），fibrinogenを測定し，さらにその経時的推移を評価する．FDP/DD比2以上（FDP 64.1 μg/mℓ以上．経験的にはFDP 100 μg/mℓ以上，D-dimer 50 μg/mℓ以上）は，鈍的外傷による組織挫滅と関連した線溶亢進型DICありと考え，手術やTAE（transcatheter arterial embolization）といった物理的止血と共に，FFPの投与など凝固破綻に対する処置を急ぐ必要がある．Fibrinogen値では，190 mg/dℓ以下は既に危険とする意見や，150 mg/dℓ以上に保とうという意見などがあるが，100 mg/dℓ以下は非常に危険と言える．いずれにせよ30分ごとに凝固データを測定することで凝固破綻に対して早期に対処できるようにすることが重要である．こうした病態を把握する上では，広範な組織挫滅の有無を知る必要があるが，受傷機転からどのようなエネルギーが働いたかを知ることは大変有用で，来院時からできる限り詳細な受傷機転を知るように努め，凝固障害の存在を予測するようにする．受傷機転は画像からもある程度推察することは可能である．

④薬物服用歴，既往歴

成人と異なり，凝固障害を来す薬物の服用歴や既往歴があることは小児では少ないが，意識して聴取することは大切である．

⑤受傷からの時間経過

循環動態や血液生化学データ，画像所見を解釈する場合に，受傷からどれだけ時間が経っているかを意識することは，その段階での重症度を正確に把握する上でも，その後の経過を予測する上でも重要である．

⑥損傷形態

臓器損傷が大量出血の原因となりそうかどうかを評価するためには，前述した「出血しているspaceのtightさ」を理解することと同様，損傷形態を把握する必要がある．損傷形態として注目すべきは，血管損傷はあるのか，あるのなら血管外漏出なのか仮性動脈瘤なのか，損傷臓器に被膜損傷はあるのか，などが検討項目となる．中島らは

Table 3　CT所見に基づく臓器損傷分類

CT－Based Grading for Splenic Injury

Grade	Description of Injury	Management
Ⅰ	被膜下血腫，裂傷または実質内血腫・損傷 ＜ 1㎝ （厚さ，深さまたは最大径）	保存的 経過観察不要
Ⅱ	被膜下血腫，裂傷または実質内血腫・損傷 ＝ 1㎝～3㎝ （厚さ，深さまたは最大径）	保存的，経過観察
Ⅲ	被膜断裂　被膜下血腫，裂傷または実質内血腫・損傷 ≧ 3㎝ （厚さ，深さまたは最大径）	厳重な経過観察 被膜断裂がある場合はIVRを考慮
Ⅳ	実質内もしくは被膜下の活動性出血，仮性動脈瘤および動静脈瘻 粉砕型損傷：3つ以上の造影される実質に粉砕されたもの	IVR（開腹術）を考慮
Ⅴ	腹腔内へ注ぐ活動性出血	開腹術（IVR）を考慮

CT－Based Grading for Hepatic Injury

Grade	Description of Injury	Management
Ⅰ	被膜下血腫 裂傷または実質内血腫・損傷 ＜ 1㎝（深さまたは最大径）	保存的 経過観察不要
Ⅱ	裂傷または実質内血腫・損傷 ＞ 1㎝（深さまたは最大径）	保存的，経過観察
Ⅲ	被膜断裂を伴わない実質内もしくは被膜下の活動性出血，仮性動脈瘤および動静脈瘻 門脈，肝静脈ないしはIVC周囲に達する血腫・損傷	厳重な経過観察 またはIVRを考慮
Ⅳ	被膜断裂部の実質内もしくは被膜下の活動性出血，仮性動脈瘤および動静脈瘻	IVR（開腹術）を考慮
Ⅴ	腹腔内へ注ぐ活動性出血 離断型損傷 門脈または肝静脈一次分枝以内の損傷	開腹術（IVR）を考慮

CT所見に基づく臓器損傷分類を提唱しており，本分類はマネージメントとの整合性を意識したものとなっている（Table 3）[6)].

⑦循環動態の推移（ショックの有無）

受傷からの経過でショックがあるとないとでは現在患者のおかれている状況は大きく異なると考えるべきである．とは言え，ショックがないからといって安心する材料にはならない．経過中ショックがあった場合には，現在安定しているように見えても，危険な状況と考え，活動性出血の有無を最速で評価しなければならない．

上記の7項目を迅速に評価していく過程で，凝固破綻を予測・検知し，また出血性病態の部位と緊急度を判定して，許された時間を意識しながら，物理的止血術として手術，IVR，もしくはその両方を選択していく．どの止血術で行くかは，緊急度や施設のハード面，ソフト面での状況により，必ずしも理想通りには行かない可能性は十分ある．しかし重要なことは，その施設，そのチームが，その時点での最大限の努力をもって提供できる最短の止血方法を選択することである．日頃から最短で止血を行うための部署を超えたチームワークを養っておくことが求められる．

外傷診療におけるIVR

外傷初期診療における最大の目的は最短時間での止血である．小児の臓器損傷では，多くの場合外傷エネルギーが極めて高度であることが少ないことからも，活動性出血を伴っているとしても単発性で，また先に触れた体組織・臓器のtightさからも，循環動態が安定していることが多いと思われる．しかし，重症多発外傷の場合などは，通常の緊急IVRとは異なった次元で時間を意識した手技が求められ，また，体制整備も重要である．具体的には，時間内時間外を問わず病院前情報で起動される外傷画像診断・IVRチーム作り，画像診

断医・IVR医の診療早期（患者来院時か遅くてもCT撮影時）からの関与，外来でのシース挿入，手技上のアレンジとしては，診断目的の動脈撮影を省いて直接損傷部位にカテーテルを向かわせる，NBCA（n-butyl 2-cyanoacrylate）など患者の凝固に依存しない塞栓物質を積極的に利用する（Table 4），近位から比較的広い範囲の塞栓になったとしても短時間での塞栓を優先する，一つの方法（治療法）や腕（術者），道具（カテーテルなど）に長く固執しない，などが挙げられる（Damage Control Interventional Radiology: DCIRという考え方）（Table 5）[7].

まとめ

腹部実質臓器損傷を例示しながら，外傷診療における画像診断とIVRの考え方について述べた．小児においては，成人とは異なるマネージメント

Table 4　外傷IVRに用いられる塞栓物質

塞栓物質	特　長	長　所	短　所
ゼラチンスポンジ	ウシやブタの皮膚や軟骨から抽出されたコラーゲンが原料．シート状のものを血管径に応じて鋏や三方活栓で細片にし，造影剤に浸したものを注入する．外傷の止血の際に基本となる塞栓物質.	・安価に入手できる． ・使用方法が簡便で，経験の浅い者でも比較的安全に利用できる．	・外傷などの高度な凝固障害が存在する場合は容易に再開通を起こすことがある．
金属コイル	現在入手できるものはほぼプラチナ製である．プッシャブルタイプとデタッチャブルタイプに大別される．	・血管に適切に留置されれば強力な塞栓効果が得られる． ・コイルに付着するファイバーが血栓化を促す．	・留置に時間が掛かるので一刻を争う状況では使いにくい． ・コイル径の選択に経験を要する． ・プッシャブルタイプは回収不能．デタッチャブルタイプでもアンラベリングを引き起こすことがある．
NBCA（n-butyl 2-cyanoacrylate）	液体の永久塞栓物質で陰イオンを含む血液に触れると重合する．リピオドールとの混合比で重合するまでの時間を調節する．	患者の凝固能に依存しないため，重傷多発外傷症例など凝固障害が疑われる場合でも即時性の塞栓効果が得られる．	・塞栓範囲をコントロールするのが難しく経験を要する． ・通常1回の使用でマイクロカテーテルは使用不可能となる．

Table 5　外傷IVR，DCIRの考え方とその実際

外傷IVR	DCIR
・常に時間を意識し，止血が確認されるまでは診療速度を緩めない．	・Mapping目的の造影は省く．
・病院前情報の段階，少なくともCT撮影前から救急放射線チームが招集され，現場での治療方針の決定に関与する．	・細かな血管の選択にはこだわらない．ある程度広い塞栓範囲となってもかまわない．
・外来にいる段階で血管撮影用のシースを挿入する．	・塞栓物質は素早く確実な塞栓が得られ，かつ患者の凝固能に依存しないNBCAを積極的に使用．
・CT撮影後は画像診断班とIVR手技班に分かれ，診断班は出血部位と血管解剖を術前に把握しておく．手技班はカテーテルや塞栓物質などを患者入室前には準備を完了させておく．	・1つの道具や1人の術者にこだわらず，短時間での変更に躊躇しない．
・IVR手技班は手技にのみ集中．手技は2人以上で行い診断班からの指示のもとに塞栓を行っていく．1本の動脈を選択し，確認造影，塞栓，塞栓確認を行うのに10分を目安とする．	・必要以上に清潔操作にこだわらない．
・多発鈍的外傷，頭部，肺損傷合併症例，採血上凝固破綻が明らかな場合などにはDCIRを行う．	・手技は60分を目安とする．TAEに固執せず，バルーンによる血流遮断や手術へ柔軟に移行する．
・手技中より凝固の速やかな補正は言うまでもなく，救急医や麻酔医による手術に準じた全身の管理が必要．	

があり得るが，その理由は推察の域を出ない．

時間との戦いでもある外傷診療において，治療方針決定に必要な活動性の出血の有無，部位，数，程度を迅速に評価できるCTの役割は大きい．IVRの有用性は従来から認識されてはいるものの，それを充分に生かすシステムは確立されているとは言い難い．画像診断，IVRとも，被ばくの低減も含めて正しく応用すれば，外傷診療の質は確実に高くなるはずである．しかしそのためには，部署を超えた診療哲学の共有が必須である．

●文献

1) Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, et al : Working Group on Polytrauma of the German Trauma Society. “Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicenter study.” Lancet 2009 ; 373(9673) : 1455-1461.

2) Wurmb TE, Frühwald P, Hopfner W, et al : Whole-body multislice computed tomography as the first line diagnostic tool in patients with multiple injuries : the focus on time. J Trauma 2009 ; 66 : 658-665.

3) van der Vlies CH, van Delden OM, Punt BJ, et al : Literature review of the role of ultrasound, computed tomography, and transcatheter arterial embolization for the treatment of traumatic splenic injuries. Cardiovasc Intervent Radiol 2010 ; 33 : 1079-1087.

4) Hagiwara A, Murata A, Matsuda T, et al : The usefulness of transcatheter arterial embolization for patients with blunt polytrauma showing transient response to fluid resuscitation. J Trauma 2004 ; 57 : 271-276.

5) Gando S, Sawamura A, Hayakawa M : Trauma, shock, and disseminated intravascular coagulation : lessons from the classical literature. Ann Surg 2011 ; 254 : 10-19.

6) 中島康雄：文部科学省科学研究費補助金，萌芽研究（研究課題番号：17659376），研究成果報告書（平成19年度）．2008.

7) 松本純一，一ノ瀬嘉明，船曳知弘：外傷診療におけるIVR－理解しておくべきポイント．即断即決できる救急IVR（第一版），中島康雄，田島廣之，西巻　博，大友康裕編．東京，メディカルビュー社，2012，p60-61.