

教育講座

- EBM手法に基づく放射線技術 -

EBMに基づく救急撮影技術のあり方

大阪府立泉州救命救急センター放射線科
坂下恵治・相良健司・西池成章・藤村一郎

概要

救急患者の特徴は、突然の発症であり、多数の損傷を持つ可能性があること、現病歴や既往歴については不明の場合が多いということである。このことから、ほとんどすべての患者が異なった独自の病態を持つと言っても過言ではなく、その診療手順については一貫性を保ちにくくみられがちである。しかしながら、長年にわたる救急診療における経験の蓄積と研究に加え、診断および治療技術の進歩によって今日の救急診療の理論が確立され、急速に普及しつつある。本編では救急診療の基礎となるエビデンスと、外傷診療を中心とした画像診断の考え方に関する研究の一部を紹介し、救急診療における画像診断技術の現状と今後の方向性を理解していただきたいと思う。

1. 救急医療におけるエビデンス

国内外を問わず、多くの診療ガイドラインが存在するが、今日用いられている代表的なものを一部紹介する。救急蘇生法のエビデンスとして確立し、広く用いられているのが米国心臓協会(American Heart Association: AHA)による心肺蘇生と救急心血管治療のための国際ガイドライン2000¹⁾であり、これは1974年に初めて出版され現在に至っている。一方、1980年外傷患者の診療に関する診療の研修コースを、American College of Surgeons Committee on Trauma(ACS/COT)がAdvanced Trauma Life Support(ATLS)として発表し、現在の7版まで改訂を繰り返しながらその普及に努めている。同じくACS/COTは医学生向けに外傷診療のカリキュラムを構築し、Trauma Evaluation and Management(TEAM)として全米に普及した。American College of Radiology(ACR)のAppropriateness Criteria[®]は、疾患や患者の容態によって画像診断手順の適性を表現していることから参考とすべき点が多いが、今日の外傷診療ガイドラインと比較すると時系列に関する指標の欠如と診療の分類などにおいて相違がみられる。脳卒中のガイドラインは、前述した

AHAのstroke councilをはじめ2000年にRoyal College of PhysiciansがNational Clinical Guidelines for Strokeを作成した。国内では昨年、関連学会による脳卒中合同ガイドライン委員会が脳卒中治療ガイドライン2004を公開している。

本邦における外傷診療に関し、2002年から日本救急医学会と日本外傷学会が協力してJapan Advanced Trauma Evaluation and Care(JATEC)と呼ばれる外傷初期診療のガイドライン²⁾を策定し、教育・訓練の啓発および普及活動を実施するに至っている。その診療手順はATLSと同じくprimary surveyとsecondary surveyに分けられる。特に前者は救急初期診療の時間的制約にとめない、用いられる画像診断手技は厳密に規定されている。

2. 救急診療におけるevidence based medicine(EBM)と診療の優先順位概念

救急診療において最優先されるのは生命の維持である。一次心肺蘇生法における手順と同じく、気道の確保(Air way)にはじまり呼吸(Breathing)、循環の維持(Circulation)が初期診療における処置の初期目標となる。前記の外傷診療ガイドラインにおいても、特に生命にかかわる重症患者の診療では、それらを優先してこそ、続く損傷臓器の精密検査ならびに根本的な損傷部の診療へと移行が可能であるとしている。

その際の画像診断は、他の処置や検査を阻害することなく迅速に施行することが必要³⁾であるが、そこにも生命の維持を優先するための概念が存在する。例えば多発外傷のように多くの損傷が複合した重篤な患者に対し、初期診療では不必要な検査や処置に時間を取られることなく、生命の維持に向けた最適な手順で診療を行い、かつ二次損傷を与えないことが重要である。そのときの処置および検査の必要性を規定する概念もエビデンスとして確立している。このように論理立てた診療順序を守ること、施設や担当者による異なりをなくし、適切な医療を実施することによって予

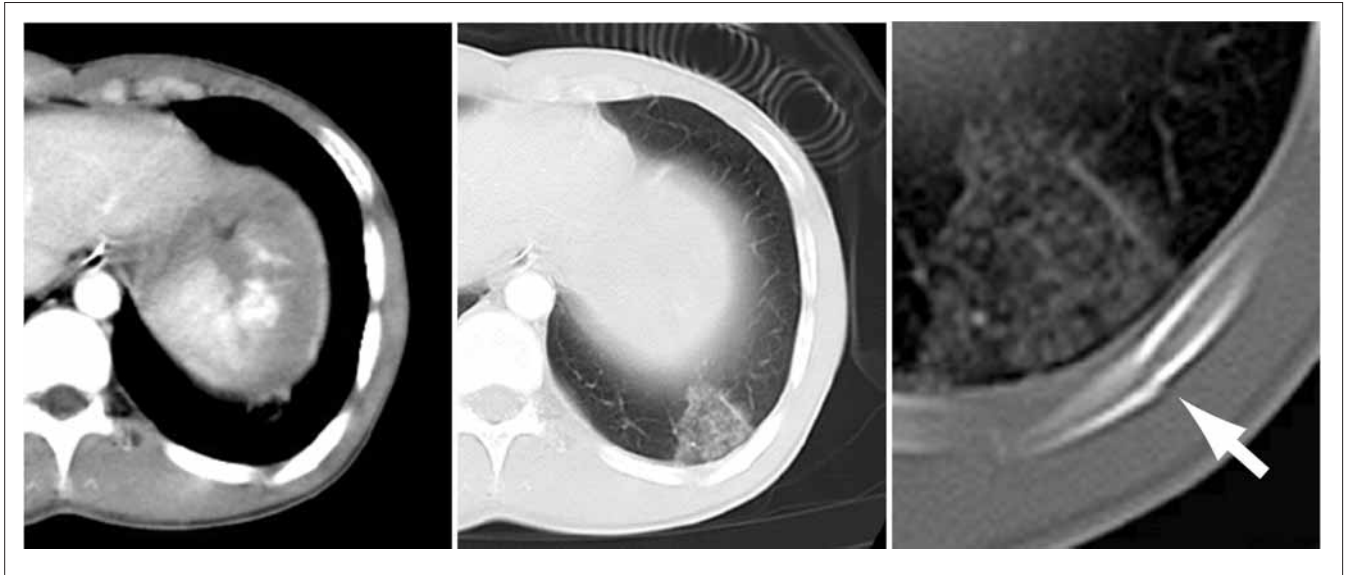


Fig. 1 肋骨骨折に合併した肺挫傷および脾外傷
 (a)腹部造影CT撮影で描出された脾外傷
 (b)ウィンド幅, ウィンドレベルを変えることによって表現される肺挫傷
 (c)脾外傷, 肺挫傷と位置を同じくする左下部の肋骨骨折(矢印)

a | b | c

後を改善することが可能となる。

2-1 primary survey

JATECのprimary surveyにおける画像診断は, 胸部X線撮影と超音波診断(focused abdominal sonography for trauma: FAST), 骨盤のX線撮影である。あくまでも生命の維持(蘇生)を主眼とした診療を行う段階であるため, 容態によっては必ずしもすべての手技を実施する必要はない。

2-1-1 胸部X線撮影

胸部X線撮影は, 容易に撮影可能であること, 廉価であること, 生命の維持にかかわる損傷の情報を得られることから, 重症患者では搬入初期に施行される検査である。しかしながら, その実施に際しては, 撮影時に医療スタッフが待避する必要があるため, 他に優先すべき処置や検査がある場合には, その実施を妨げることのないように施行すべきとされている。背臥位胸部X線撮影では, 胸部損傷の見落としが生存者で25%, 死亡患者で30%以上と報告されており^{4, 5)}, のちに続く精密検査においてはこれらの所見以外に隠れる損傷がある可能性を忘れてはならない。肋骨は第1-3番が骨折している場合, 気道損傷や周辺大血管損傷の情報を, さらに第9-12番の骨折では周辺の腹部臓器損傷の情報を得ることができる⁶⁾(Fig. 1)。このように肋骨骨折の情報が重要であることに加え, 横隔膜周辺は背臥位撮影時の気胸による徴候が集中する部位である^{7, 8)}ことから, 重症胸部外傷患者の初期診療において撮影される胸部X線撮影は, 横隔膜とすべての肋骨を含むことが望ましい根拠となっている。血液な

ど胸腔内に貯留した液体の感度は300mlを超える場合は97%で, 所見としては濃度の低下, 肋骨-横隔膜角の鈍化, 横隔膜辺縁像の消失とされている⁹⁾。

2-1-2 腹部超音波診断

1960年代から腹部鈍的外傷患者に対する腹部臓器損傷の一般的診断法として定着してきた診断学的腹腔穿刺洗浄法(diagnostic peritoneal lavage: DPL)¹⁰⁾は, 1990年代後半から外傷診療に特化した超音波検査手技であるFASTへと移行し現在に至っている。この検査は外傷患者の腹腔内の液体貯留と心タンポナーデの検出に対して高い感度を持っている¹¹⁾。さらに胸腔内に貯留する血腫に対する比較研究では, 背臥位胸部X線撮影が92.5%の感度を持つのに対し, 超音波診断は97.5%と報告されている¹²⁾。一方, FASTにおける外傷患者の実質臓器損傷の感度は45%以下と低く¹³⁾, その適応は除外すべきとされている。

2-1-3 骨盤X線撮影

骨盤X線撮影は, 腹部外傷患者の初期診療における後腹膜腔の出血徴候および出血原因を検索する手段として定着している。本撮影における画像所見は腸腰筋陰影の消失や腎陰影の消失として出現するが, その出血源の多くは外側仙骨動脈をはじめ正中仙骨動脈, 腸腰動脈, 腰動脈であることがCT画像を用いた後ろ向き調査からうかがえた(Table 1)。ただ, この撮影は生殖腺を含む撮影であることから, 意識レベルが清明で身体所見に異常がなければ不要とする報告もある¹⁴⁾。

2-2 secondary survey

primary surveyを可能な限り速やかに経過し, 体内

の循環動態が安定した場合、引き続きsecondary surveyへと移行が可能となる。ここからは精密検査によって損傷臓器を特定し、続く根本的な治療を行う。そのためには必然的に患者を移動したうえで検査を実施するため、二次損傷を防止する意味で脊椎・脊髄損傷の検索が必要となる。

2-2-1 頸椎X線撮影

外傷患者の頸椎撮影は、その時代によって必要性が議論されてきた。今日では開口法を含む3方向撮影が必要となっているが、側面撮影のみでは頸椎損傷の診断率は85%であり、3方向撮影により診断率は92%に上昇するとされている。頸椎のX線撮影を用いた診断は次の4項目を重視して読影する。A: alignmentは椎体前面、脊髓腔前面、脊髓腔後面、棘突起先端の4本のラインが整っているかを評価する、B: boneは骨としての椎体形状と高さ、椎弓、棘突起、関節突起、横突起などの形状を評価する、C: cartilageは椎間板や椎間関節の軟骨部を評価する、加えて、soft-tissue spacesは椎体前面から気道後面までの軟部組織の厚さや、棘突起間の間隙(D: distance)を評価する。

昨今の診断機器の性能向上は、外傷患者に対してCTやMRIなどのように画像診断の適応を広げているが、診断対象によっては機器ごとに長所と短所を持っている。CT撮影は空間分解能の高さとX線の吸収係数を反映した画像を作成することから、骨傷の検出には優れるが靭帯損傷の感度は低く、MRI撮影は脊髄損傷の検出に優れているがcranio-cervical junctionの損傷と脊椎後部組織の損傷検出では劣っている¹⁵⁾。頸椎側面X線撮影は、全頸椎が描出されなければならないが、統計からみると第2頸椎の損傷が最も高率となっている。続いて第5頸椎から第7頸椎までが受傷の確率については同等である。近年になってMDCTが開発され、発生する画像枚数が飛躍的に増加したことから、横断面像は圧迫骨折の診断に有用であるとされるが、他の損傷はMPR画像をもって診断すべきであるとしている¹⁶⁾。

2-2-2 頸椎・頸髄損傷クリアランスの現状

前項で述べたように、頸椎・頸髄損傷の診断は頸椎3方向撮影を原則として実施する。鎖骨より頭側に外傷を受けた患者には、頸部損傷に加えて頭部外傷による意識障害も高頻度で合併する。これら多様な容態の患者に対して実施する頸部損傷のクリアランスは、患者の主訴が損傷の可能性を疑う重要な情報となるため、意識障害の有無をもって最初に分類されるべきである¹⁷⁾。意識障害例と意識清明例に対する画像診断手技の必要性をみると、意識清明例では身体所見が陽性の患者にのみ頸部の損傷がみられ(Table 2)、それら身体所見陽性例と意識障害例に対して頸椎X線撮影とCT

Table 1 骨盤および腰椎の骨折と腸腰筋陰影消失の割合(坂下恵治他, 2003)

	総数	有所見数	有所見率(%)
全症例	49	26	53.1
腰椎横突起骨折	18	16	88.9
仙腸関節脱臼骨折	6	5	83.3
腸骨骨折	13	2	15.4
恥骨骨折	18	1	5.6
坐骨骨折	17	0	0

撮影を実施した結果、CT撮影でのみ診断可能である症例がそれぞれ1例ずつあった。このことから、身体所見陽性例と意識障害例ではCT撮影によりMPR画像を用いた診断が必要であることが示唆されている(Table 3)。特に上位頸椎損傷の診断率は、CT撮影による診断では96%と極めて高い感度が報告されている。MRI撮影は、頸髄損傷を唯一検索できる手技である。通常神経学的所見に異常が見受けられた場合に実施されることになるが、頸椎単純撮影、頸部CT撮影にて異常所見がみられず、臨床神経所見が頸髄損傷を疑う場合にはspinal cord injury without radiological abnormality(SCIWORA)を疑いMRI撮影を行う。

2-2-3 CT撮影の適用基準

CT撮影はsecondary surveyに分類されるため、いかなる場合であっても体内循環動態が安定していない状態では施行されるべきものではない。当センターにおけるsingle helical CT装置を用いた腹部造影撮影を含むCT撮影に要する時間をCT室入室から退室までとすると、肝外傷患者55例の最長は50分、最短は10分、平均は22分であった。たとえ撮影時間は1~2分程度であっても、患者の移動にあわせて点滴やシリンジポンプなどの器具を移動する必要があること、造影剤や呼吸器などの準備で多くの時間を要することが分かる。さらに、肝外傷患者に対する止血法を検討したデータ¹⁸⁾をみると、CT撮影の適否をショックインデックス(SI)で分類した後ろ向き研究では、SIの平均値がショックと判断される数値である1を境にしてCT撮影の適否が分かれた(Table 4)。この意味するところは、出血をとまなう患者に対し搬入初期に実施する急速輸液は、患者の血圧を一時期回復したとしてもショック状態が遷延する場合にはCT撮影に移動し、その後TAEを行うに従って血圧が徐々に低下する症例であるか、もしくはCT撮影直後には血圧が極端に低下し、緊急手術に移行しなければならない症例であった。これらはショック状態の患者に対して、CT撮影を行うべきではないという根拠となっている。

Table 2 頸部外傷患者における検査施行理由と頸椎・頸髄損傷患者数(松岡哲也他, 2003)⁷⁾

	症例数	画像検査施行例数(%)	頸椎・頸髄損傷例数(%)
意識障害例	127	119(93.7)	7(5.5)
意識清明例			
身体所見陽性	48	48(100)	9(18.8)
他の危険因子のみ陽性	118	58(49.2)	0(0)
いずれも認めず	2	0(0)	0(0)
計	295	225(74.4)	16(5.4)

Table 3 頸椎損傷検索に対する検査の種類と症例数(松岡哲也他, 2003)⁷⁾

	意識障害例	意識清明例	計(%)
頸椎損傷例数	5	7	12
単純X線撮影による診断例	4*	6**	10(83.3)
MPR画像による診断例	5	7	12(100)

* 歯突起骨折例 1 例は診断できず。

** 環軸椎亜脱臼例 1 例は診断できず。

Table 4 肝外傷患者におけるショックインデックスと治療手技の分類(溝端康光他, 2000)⁸⁾

	保存的治療群	TAE群	TAE中止群	緊急手術群
入院時	18.6±0.46	1.21±0.44	2.09±0.73	1.55±0.45
急速輸液後	0.82±0.17	0.70±0.09	1.25±0.32	1.36±0.64
CT撮影後	0.80±0.13	0.70±0.10	1.40±0.47	1.96±0.67

ショックインデックス(Shock Index: SI) = heart rate / systolic blood pressure

SI=1	loss of blood	23%
1.5	loss of blood	33%
2.0	loss of blood	43%

2-2-4 鈍的肝外傷患者管理における画像診断と手術の適応基準について

The Eastern Association for the Surgery of Trauma (EAST) は鈍的肝外傷患者の管理について、非手術的管理(non operative management: NOM)に関するガイドラインを示している。そこには画像診断を用いた重傷度分類や、腹腔内出血量、他の合併症を考慮したNOMの適応制限は存在しない。これに対し、鈍的肝外傷患者のCT画像による重傷度分類(Table 5)¹⁹⁾(Mirvisら)や、腹腔内液体貯留徴候の分類(Table 6)²⁰⁾(Federleら)を用いて、それぞれの重傷度と開腹率の関係をみたとき、Mirvisらの重傷度分類を用いて検証した場合(Table 7)においても、Federleらの貯留液分類を用いて検証した場合(Table 8)においても、その評価と開腹率の間には相関関係を認めた。したがって重傷度グレード:5, 貯留液グレード:3, 加えて、ここでは省略したがショックインデックス:1が非手術管理

の制限因子となりえることが示唆されている²¹⁾。このようにCT撮影などの各種画像診断は、今後の救急診療においても疫学的検証を経たうえで続く処置や手術の意思決定因子となりえることが分かる。

2-2-5 後腹膜腔構造の概念と画像所見とのかわり

後腹膜腔は胸腔・腹腔とあわせて外傷受傷時に血液が貯留する部分であり、その情報はCT撮影によってのみ精度の高い情報が得られるとされていた²²⁾。また、従来、後腹膜腔の解剖学的構造は筋膜を隔壁とした前腎傍腔、腎周囲腔、後腎傍腔の3腔で構成されるとされていたが、近年では前腎筋膜、後腎筋膜、外側円錐筋膜というそれぞれの膜組織をinterfascial planesとして、従来の概念にある3腔をつなぐ伝導経路および液体の貯留空間とみなしている(Fig. 2)²³⁾。これをもとに外傷患者の後腹膜出血の評価を行うと、この概念は出血の状態とよく一致し(Fig. 3), 89%の症例でinterfascial planesに血腫が存在し、それは全出血量の

Table 5 肝外傷のCT分類(Mirvis SE, et al., 1989)⁹⁾

Grade	基準
1	被膜剥離, 表在性損傷<1cm 被膜下血腫<最大径1cm Periportal trackingのみ
2	裂傷 1~3cm 中心性/皮下血腫 1~3cm
3	裂傷>3cm 中心性/皮下血腫>3cm
4	中心性/皮下血腫>10cm 片葉損傷, 血管損傷
5	両葉損傷, 血管損傷

Table 6 FederleのCT分類(Federle MP, et al., 1983)¹⁰⁾

Grade	基準
0	貯留液なし
1	1カ所のみ貯留液あり(肝周囲)
2	2カ所以上に貯留液あり(肝周囲, 脾周囲, 傍結腸溝)
3	骨盤全域に及ぶ貯留液あり

Table 7 肝外傷のCT分類(Mirvis)による重傷度と開腹率(井戸口孝二他, 2001)¹⁾

Grade	成功群	中止群+手術群	開腹率(%)
1	16	2	11.1
2	21	4	16.0
3	26	7	21.2
4	6	2	25.0
5	1	5	83.3*

【rs=0.467, p<0.05, *: p<0.005(Bonferroni補正)vs Grade 1】

Table 8 貯留液の広がりとお腹率(井戸口孝二, 2001)¹⁾

Grade	成功群	中止群+手術群	開腹率(%)
0	43	1	2.3
1	15	1	6.2
2	5	4	44.4#
3	7	14	66.7*

【rs=0.712, p<0.0001, *: p<0.008(Bonferroni補正)vs Grade 0, #: vs Grade 0】

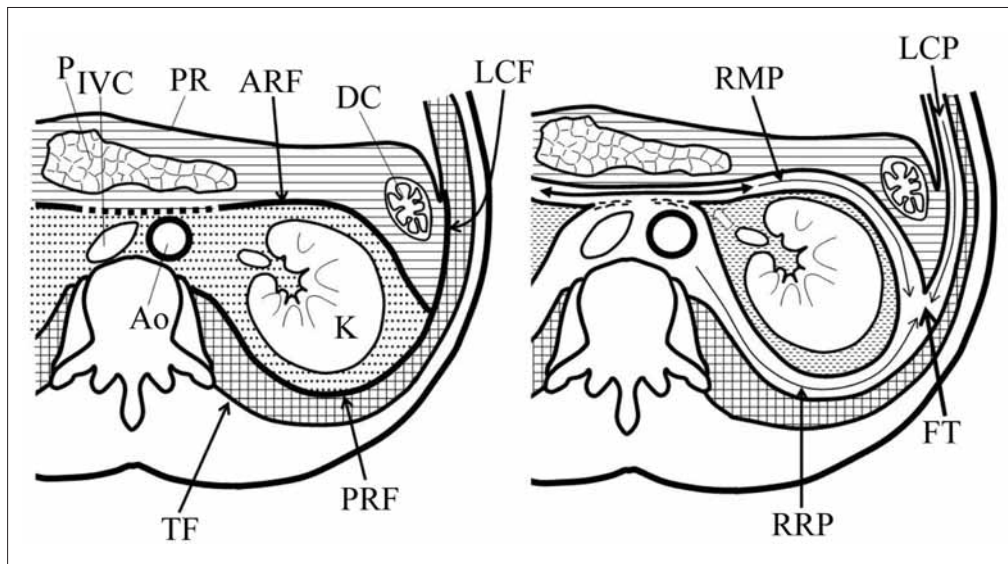


Fig. 2 後腹膜腔の横断面図における新旧概念の比較(Ishikawa K, et al. 2004)³⁾

- 腎頸部における後腹膜腔の横断面像
- (a)従来の前腎傍腔(anterior pararenal space: 横線部)と腎周囲腔(perirenal space: 波線部), 後腎傍腔(posterior pararenal space: 交叉線部)の3腔による分類
ARF: 前腎筋膜, PRF: 後腎筋膜, LCF: 外側円錐筋膜, P: 膵臓, IVC: 下大静脈, PR: 腹膜, DC: 下行結腸, K: 腎臓, Ao: 大動脈, TF: 横筋筋膜
 - (b)新しい筋膜の領域(interfascial planes)を取り入れた概念. 図中の矢印(曲線)は筋膜に相当する領域を表現している.
retromesenteric plane(RMP)は前腎筋膜に相当する. retrorenal plane(RRP)は後腎筋膜に相当する. lateroconal plane(LCP)は外側筋膜に相当する. RMPは後腹膜血腫の拡散経路となり, RMP, RRPおよびLCPはfascial trifurcation(FT)と呼ばれる筋膜的三叉部で連絡している.

参考文献

- 1)岡田和夫, 美濃部嶮: AHA心肺蘇生と救急心血管治療のための国際ガイドライン2000 日本語版. 中山書店, (2001).
- 2)日本外傷学会外傷研修コース開発委員会: 改訂外傷初期診療ガイドラインJATEC. 日本外傷学会・日本救急医学会, へるす出版, (2004).
- 3)Mirvis SE, and Shanmuganathan K: Imaging In Trauma and Critical Care, 2nd Edition. W.B.Saunders,(2003)
- 4)Hehir MD, Hollands MJ, and Deane SA: The accuracy of the first chest X-ray in the trauma patient. Australian N Z J Surgery, 60(7), 529-532,(1990)
- 5)McLellan BA, Ali J, Towers MJ, et al.: Role of the trauma-room chest x-ray film in assessing the patient with severe blunt traumatic injury. Canadian J Surgery, 39(1), 36-41,(1996)
- 6)Advanced Trauma Life Support Program for Doctors Instructor Course manual. The American College of Surgeons,(1997)
- 7)Gordon R: The deep sulcus sign. Radiology, 136(1), 25-27, (1980)
- 8)Ziter FM Jr, and Westcott JL: Supine subpulmonary pneumothorax. AJR Am J Roentgenol. 137(4), 699-701,(1981)
- 9)Emamian SA, Kaasbol MA, Olsen JF, et al.: Accuracy of the diagnosis of pleural effusion on supine chest X-ray. European Radiology, 7(1), 57-60,(1997)
- 10)Gumbert JL, Froderman SE, and Mercho JP: Diagnostic peritoneal lavage in blunt abdominal trauma. Annual of Surgery, 165(1), 70-72,(1967)
- 11)Thomas B, Falcone RE, Vasquez D, et al.: Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma: program implementation, initial experience, and learning curve. Journal of Trauma, 42(3), 384-388,(1997)
- 12)Sisley AC, Rozycki GS, Ballard RB, et al.: Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. Journal of Trauma, 44(2), 291-297,(1998)
- 13)Rothlin M, Naf R, Amgwerd M, et al.: How much experience is required for ultrasound diagnosis of blunt abdominal trauma? Langenbecks Arch Chir, 377(4), 211-215,(1992)
- 14)Koury HI, Peschiera JL, and Welling RE: Selective use of pelvic roentgenograms in blunt trauma patients. Journal of Trauma, 34(2), 236-237,(1993)
- 15)Crim JR, Moore K, and Brodke D: Clearance of the cervical spine in multitrauma patients: the role of advanced imaging. Seminars Ultrasound CT MR, 22(4), 283-305,(2001)
- 16)Begemann PG, Kemper J, Gatzka C, et al.: Value of multiplanar reformations(MPR) in multidetector CT(MDCT) of acute vertebral fractures: do we still have to read the transverse images? Journal of Computer Assisted Tomography, 28(4), 572-580,(2004)
- 17)松岡哲也, 横田順一朗: 鑑別診断のための画像診断 - 頸椎外傷を疑う -. medicina, 40(4), 635-641, (2003).
- 18)溝端康光, 横田順一朗, 矢嶋祐一, 他: 出血性ショックを呈する肝損傷における止血法選択基準の検討: TAEか開腹か. 日本外傷学会雑誌, 14(3), 222-229, (2000).
- 19)Mirvis SE, Whitley NO, Vainwright JR, et al.: Blunt hepatic trauma in adults: CT-based classification and correlation with prognosis and treatment. Radiology, 171(1), 27-32,(1989)
- 20)Federle MP, and Jeffrey RB Jr: Hemoperitoneum studied by computed tomography. Radiology, 148(1), 187-192,(1983)
- 21)井戸口孝二, 横田順一朗, 臼井章浩, 他: 鈍的肝外傷に対する非手術的治療の適応と限界. 第15回日本外傷学会, (2001).
- 22)Liu M, Lee CH, and P'eng FK: Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. Journal of Trauma, 35(2), 267-270,(1993)
- 23)Ishikawa K, Tohira H, Mizushima Y, et al.: Journal of Trauma. Submitted in 2004.