

## Pediatric Blunt Abdominal Trauma Evaluation



Richard A. Falcone, Jr. MD, MPH  
Director, Trauma Services



こんにちは。今回小児腹部鈍的外傷に対する評価について講演をさせていただく機会をいただきありがとうございます。本当は学会会場に行ければよかったのですが…今回はビデオで共有させていただきます。

7 yo child involved in a MVC appropriately restrained in a booster seat presents to your ED

- Normal vital signs
- Normal GCS
- No complaint of abdominal pain
- No abdominal bruising




まずはケースシナリオで考えてみましょう。チャイルドシートの上シートベルトをきちんとつけて座っていたところで自動車事故に巻き込まれた7歳男児が救急外来に来院しました。バイタルサイン正常、GCSスコア正常、腹痛の訴えはなく、腹壁の打撲創はありませんでした。

### What work up is needed?

- Nothing, send home
- Labs and U/A
- CXR
- FAST
- CT abdomen/pelvis
- B,C,D, and E



この症例にどんな検査が必要でしょうか？ A 検査は行わず帰宅させる、B 採血、尿検査、C 胸部レントゲン、D FAST(Focused assessment with sonography)、E 腹部・骨盤 CT、F それとも B-E 全てでしょうか？

これから一緒に考えていきますが、来院時の患者さんの状態によって大きく異なります。

### Objectives

- Brief epidemiology
- Evaluation of Blunt Abdominal Trauma
- Management of Blunt Abdominal Trauma



このレクチャーでは、小児腹部鈍的外傷の疫学、評価、管理法をお話します。

### Epidemiology

- Injury is the leading cause of mortality for children >1
- Over 90% of injuries are from blunt mechanisms
- Falls, MVC, pedestrian struck, bike, sports, NAT

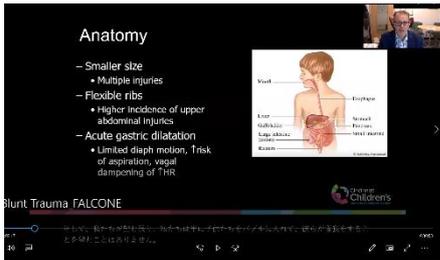



なんで小児の外傷が重要なのでしょう？1歳以上の小児における一番多い死亡理由は事故だからです。だからどうしたらこれを改善できるかを考える必要があります。90%以上の事故が、転落、自動車事故、歩行時事故、バイク事故、スポーツ中の事故、Non accidental trauma(NAT・児童虐待)などの鈍的な機序で起こります。



小児患者は、サイズ、年齢、体重それぞれ異なり、それにより生じる問題も異なります。

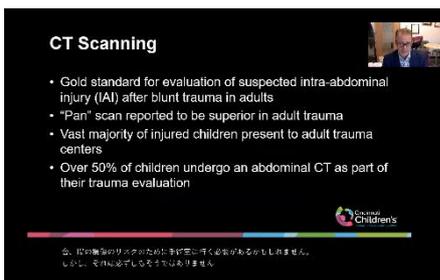
子どもが事故に合わないように Bubble の中に入れて守れることができればいいのですが、そういう訳にもいきません。



解剖の観点から考えると、小児は成人に比べて小さいので様々な臓器が近接しており多臓器損傷になりやすい。又、胸郭・肋骨が内臓を守るほどしっかりしていないので脾臓・肝臓など上腹部臓器が損傷しやすい。小児は空気を飲みこみやすく胃が拡張し、特に啼泣時に著明となる。それにより横隔膜や呼吸運動などが制限され、嘔吐誘発し誤嚥のリスクとなり、迷走神経反射により心拍が低下することがあり出血性ショックが診断しにくい事がある などです。これら小児と成人の相違を意識しながら診療することが大事です。



では、ここでどの患者さんに腹部の画像検査が必要となるかを考えていきましょう。この写真の患者さんは、腹部に明らかなシートベルトサインがあります。シートベルトサインが上腹部にある事を考えるとシートベルトを正しくつけてないことが推測されます。この患者さんには、何かしらの画像検査が必要だったり、腹膜刺激症状があれば手術を必要とするかもしれません。しかし、画像の必要性をいつも判断しやすい訳ではありません。



CT 検査は、成人・小児の鈍的腹部外傷を疑う患者さんに対して標準的に行われる検査で、手術による腹腔内審査以外の方法で軽症の腸管損傷以外を診断できる有用な検査方法です。全身 CT 検査は成人では病気の見落としが少なく有用です。しかし小児外傷例の多くが成人外傷センターを受診するため、小児例であっても全身 CT 検査が行われることが多く、過剰な放射線被ばく・画像検査が問題となっています。



全員に全身 CT 検査を行うかという質問に関しては、小児に対しては『NO 行わない』となります。

### Question?

- In the evaluation of pediatric blunt abdominal trauma, when can CT safely be avoided?



このスライドは、小児外傷の評価において、CTを安全に避けることができるかどうかという問いを扱っています。

となると、どんな小児外傷例がCTを行わなくても問題ないのかというのが、重要な問いになります。外傷を見落としたりと同時に、CTによる過剰な放射線被ばくを避けたいからです。

### Physical Exam

- External bruising, seat belt sign
- Distension, tenderness, guarding, peritoneal signs
- Penetrating injuries

これは、小児外傷の診断に非常に有用な所見であり、CTを避けるための重要な手がかりとなります。

外表の青あざ、シートベルトサイン、腹部膨満、圧痛、筋性防御、腹膜刺激症状、穿通性外傷などの身体所見は非常に信頼性の高い所見で、外傷の可能性の判断や、診療の方針決定、画像検査をしたほうがよいか、それともすぐ手術室に行った方がよいかなどの判断に役立ちます。

### Literature ALT/AST

Author	Year	N	ALT/AST	Sens   Spec	PPV   NPV	Method
Haffel	1988	90	45   85	24   79	40   84	Std
Walms	2002	1095	151   203	50   96	54   95	Literature
Caprao	2006	362	181   98	52   71	48   76	Std
			AST 60	53   44	38   71	
Sivan	2009	116	ALT 104	96   83	79   96	ROC
Kawan	2009	147	ALT 95	44   85	47   86	ROC
			AST 69	61   76	40   86	

これは、ALT/ASTの値と感度・特異度の関係を示しています。一般的に、ALT/AST値が200以上の場合、腹腔内の外傷のリスクが高いとされています。

その他、古くは1988年から肝機能検査結果が、腹部外傷の有無を予測するのに使われてきました。しかし、多くの論文でそれぞれ異なる閾値が用いられ、感度・特異度、陽性的中率・陰性的中率に一貫性がないことが問題となっています。現在、一般的な腹部鈍的外傷の場合は肝機能酵素>200、児童虐待の場合は肝機能酵素が正常を逸脱している場合に、腹腔内の外傷のリスクが高いと考えます。

### Literature Hematuria

Author	Year	N	Cut-offs	Sens   Spec	PPV   NPV
Haffel	1988	90	Onnos	52   96	91   71
Taylor	1990	375	Onnos	-	OR 5.8
Caprao	2006	362	>Home	52   50	38   68
Holmes	2002	1095	>100 RBC/hpf	92   89	32   94
Kawan	2009	147	# RBC	-	-

これは、血尿の有無と感度・特異度の関係を示しています。一般的に、血尿の有無は腹腔内の外傷のリスクを評価するための有用な指標です。

血尿に関しても様々なカットオフ値（肉眼的血尿、潜血陽性、>5RBC/hpfなど）で腹部外傷の有無を判断するのに使われています。それぞれ感度がそれほど高くなく、血尿の有無の診断における有用性は不明確ですが、肉眼的血尿に関しては、特異度が高く唯一使用可能なマーカーといえます。

### Literature U/S

Author	Year	N	Sens   Spec	PPV   NPV
Tracy	2001	102	45   88	58   81
Lee	2011	397	92   96	48   97
Holmes	2001	221	82   96	73   97
Perlick	1988	232	71   100	-
Robinson	2000	744	56   87	-
Sousack	2004	313	93   87	-
Shaw	2001	120	72   100	100   92

これは、超音波検査の有無と感度・特異度の関係を示しています。超音波検査は、腹腔内の外傷の有無を評価するための有用なツールです。

1998年ごろから超音波検査の有用性が議論されました。特異度は比較的高いですが、感度に40%—90%程度と幅があり、超音波施行者のスキルに依存していると言えます。超音波検査で診断するには、ある程度以上の腹腔内液体貯留が必要です。小児では脾臓被膜がしっかりしており脾臓損傷があっても腹腔内への出血はわずかで、ぱぱっとERで超音波するだけでは分からないことがあります。現在造影剤を用いた詳細な超音波検査が評価されていますが、慣れている放射線科医の協力が必要です。



EAST 2012 Present Date

Evaluation for intra-abdominal injury in children after blunt torso trauma: Can we reduce unnecessary abdominal computed tomography by utilizing a clinical prediction model?

2012

- Single level 1 pediatric trauma center
- 125 patients who were trauma activations
- 97 patients screened (78% positive CT scan rate)
- 6 factors used to have done CT scan 51% of patients
- Missed one patient (false last)
- Negative predictive value 99%

Child's Hospital

この問いには様々な論文があります。これは 2012 年にサウスカロライナで行われた小児腹部鈍的外傷後の腹腔内損傷を評価したスタディーです。外傷で来院した 125 人の内、CT 検査は 78% の患児に行われ、15% のみが CT 検査で所見を認めました。その内の 94% に 6 つの要素を認め陰性的中率は 99% でした。6 つの要素は以下の通りで、2 歳以上、GCS > 8 の腹部鈍的外傷の患者が、収縮期血圧が年齢相応、腹部所見がない、AST < 200、Hct > 30%、胸部レントゲン正常であった場合、CT 検査は必要ないとの結果でした。このアルゴリズムで診療を行った場合、見過ごした症例は、軽度の脾損傷 1 例のみでした。

Identifying Children at Very Low Risk of Clinically Important Blunt Abdominal Injuries

2013

- 20 Emergency Departments
- Clinically significant injuries
  - Laparotomy
  - Transfusion
  - IVP > 2 days
  - Embolization

Child's Hospital

こちらは 2013 年に Pediatric Emergency Care Applied Research Network、20 の救急外来から報告です。小児では稀ですが、開腹手術・輸血・2 日以上以上の輸液・塞栓術などを必要とする小児外傷患者のデータから、どんな患者に画像検査を行うべきかを調べたものです。

14,882 eligible patients

Enrolled patients 92,364 (61%)

Eligible patients not enrolled 2,508

Patients with IAI 78 (0.3%)

Patients with IAI 164 (0.8%)

IAI undergoing acute intervention 253 (1.7%)

Figure 3. Patient enrollment

Child's Hospital

約 15000 人の患児の内、約 12000 人がスタディーに登録されました。内約 6% の患児に腹腔内外傷を認め、急性期になんらかの治療を要した腹腔内外傷患児は 1.7% のみでした。ここでも腹腔内外傷の発生率は低いと言えます。

Flowchart for clinical risk stratification of children with blunt torso trauma:

- Evidence of abdominal/transverse aortic sign on CT scan or 14 with four associated factors:
  - Yes: 23% of population, 84% risk of abdominal IAI
  - No:
    - Abdominal tenderness:
      - Yes: Additional 3% of the population, 14% risk of abdominal IAI
      - No:
        - Presence and severity comparison of abdominal pain (moderate/borderline/severe):
          - Yes: Additional 1% of the population, 8% risk of abdominal IAI
          - No:
            - Very Low Risk: 8% risk of abdominal IAI

Figure 5. Clinical risk stratification of children with blunt torso trauma

Child's Hospital

23% の患児に、腹部鈍的外傷を受傷しかつ腹壁外傷・シートベルトサインがあるもしくは GCS < 14 を認め、その場合急性期の治療を有するリスクは 5.4% でした。上記に腹部圧痛所見ありを加えると、全体で 44% の患児にあたり急性期治療を有するリスクは 1.4% でした。さらに胸壁外傷、腹痛、呼吸音減弱、嘔吐症状ありを加えると、全体の 58% の患児にあたり、急性期治療を有するリスクは 0.7% でした。上記すべての所見がない患児は全体の 42% であり、急性期治療を有するリスクは非常に少なく 0.1% でした。これより、これらの質問全てに NO であった場合、画像検査の必要性はないと考えられました。この論文では何かしらの症状を認めた 58% の患児に画像検査の必要性があるとは言っている訳ではなく、あくまでも画像検査の必要がない患児の層別化を図ることを目的としています。リスク要因が多いほど、治療を要する腹腔内外傷の可能性が高く、非常に有用なツールといえます。

**Holmes, Ann Emerg Med, 2013**

- Prediction rule
  - No abdominal wall trauma or seat belt sign
  - GCS-13
  - No abdominal tenderness
  - No thoracic wall trauma
  - No abdominal pain
  - No decreased breath sounds
  - No vomiting
- NPV - 99.9%
- Sensitivity - 97%
- Specificity - 42.5%
- 46% of patients had a CT in the study group
- Prediction model would have led to 58% having a scan
- Missed IA! not requiring an intervention

Children's Hospital of Philadelphia

これがサマリーとなります。これらの項目が全て NO であった場合、腹腔内外傷のリスクは非常に低く、陰性的中率は 99.9%、感度 97%です。しかし、すべての項目が YES だった場合の特異度は高くありません。Prediction model では 58%の患児に CT 検査が必要とのことでしたが、実際は 46%の患児に CT 検査を施行しました。この論文では、治療を必要としない腹腔内外傷患児を見落としている可能性があります、全てを見つける必要があるのでしょうか？ある程度は、日常生活に戻る際の注意点を指導したりモニタリングする意味で必要かもしれません。全ての外傷を見つける必要がありませんが、治療を要する外傷よりももう少し広く見つける必要があるかもしれません。

**Identifying Children at Very Low Risk for Blunt Intra-Abdominal Injury in Whom CT of the Abdomen Can Be Avoided Safely**

Chenolik J, Smith M, D'Onofrio A, et al. JAMA. 2017;317(12):1249-1256.

Derive a clinical prediction rule to identify children at very low risk for any IA! Excluding IA! for whom a CT scan of the abdomen would be unnecessary

Consider all data available in the trauma bay for inclusion in the decision rule

Children's Hospital of Philadelphia

これは、2017 年に報告された CT を行う必要がない腹部鈍的外傷低リスク群患児の見分け方に関する論文です。ここでは外傷センターに来院した患児の、急性期治療の施行の有無に関わらず全ての腹腔内損傷に対して、腹部 CT 検査の必要性に関して Prediction rule を検討しました。

Assess eligibility with 70%

14 Level I Pediatric Trauma Centers

97% had normal BP for age  
87% had GCS  $\geq$  14

Children's Hospital of Philadelphia

14の小児外傷センターのデータです。97%が血圧正常、87%がGCS $\geq$ 14でした。全体で約 6000 人でしたが、16 歳以上、穿通外傷、頭部や四肢の単独外傷、来院が遅かった症例や既に腹部 CT を施行された 3600 人を抜き、約 2200 人を検討しました。1927 人に腹部損傷がなく、逆に 261 人に腹部損傷を認め、62 人が治療を要し、199 人が治療を必要としました。

Consolidated abdominal pain? Yes 17% of population (127/694 of 745)

Abdominal wall bruising, tenderness or distention? Yes 18% of population (134/694 of 745)

Abdominal pain? Yes 26% of population (182/694 of 745)

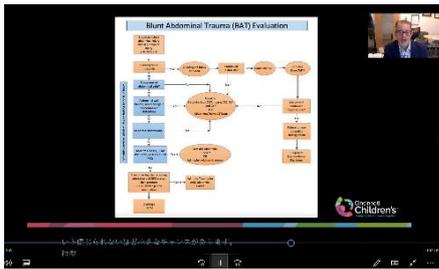
Abdominal percussion response? Yes 14% of population (98/694 of 745)

Very low risk 54% of population (365/694 of 745) IAI risk of 0%

Low Risk Population (55%) IAI: < 4.5% risk IAI-I: < 0.3% risk

Children's Hospital of Philadelphia

これらの項目を利用すると最終的には腹腔内損傷のリスクは 4%以下、治療を要する腹腔内損傷のリスクは 0.3%以下と低かったです。アルゴリズムの項目は外傷センターでの診療でとれる情報です。腹痛の訴えの有無を見ますが、腹痛ありは 21%に認め、その場合腹腔内損傷のリスクが約 30%、治療を要するリスク約 6%です。腹痛の訴えがなかった場合は、腹壁外傷の有無、腹部圧痛もしくは腹部膨満の有無を見ます。もし Yes だった場合、16%の患児に認め、腹腔内損傷のリスクが 18%です。胸部レントゲンで異常所見は 8%の患児に認め、AST $>$ 200 は 7%の患児に認め、腹腔内損傷のリスクは 4%です。酵素上昇もごく一部の患児に認めます。上記が全て NO だった場合、非常に低いリスク群であり、約 34%を占め、腹腔内損傷のリスクは 0.6%、治療を要する腹腔内損傷のリスクは 0.0%です。故に、これらの項目が全て NO であった場合は、腹腔内損傷のリスクは非常に低く CT 検査を行う必要はないと言えます。



これは上記を踏まえシンシナティ小児病院で腹部鈍的外傷の評価に使用しているアルゴリズムです。受傷後 6 時間以内で GCS>14 の患児に対して、最初に循環動態が安定しているかを問います。血圧が不安定なら右へのアルゴリズムとなり、補液・輸血を行い再評価し、FAST を行ったり低血圧を理由に手術室に行くことになるでしょう。一方ここで議論したい循環動態が安定している患者さんに対しては、これらの質問を行います。これらがどこか YES だった場合、腹部骨盤 CT や採血・胸部レントゲンを考慮します。これら検査は MUST ではなく臨床状況を議論して考慮します。これら 3 つが NO だった場合採血を行います。それ以前の段階で採血を行う必要はありません。検査が異常値であれば腹部 CT 検査を考慮します。ここでは尿検査が書かれていますが、今後消去する予定です。もし入院すべき他の外傷がなければ救急外来で経口摂取と歩行を促します。入院すべき他の外傷がある場合は入院して腹部診察を継続します。

### Key Take Aways

- Not every blunt trauma child needs a CT
- Following prediction rules can safely eliminate the need for a CT in nearly 1/3 of pediatric trauma activations
- The prediction rules do NOT mandate the need to scan
  - Patients with only one variable only have a 4.5% change of having an injury
  - Clinical judgement is still required

ここで覚えておいてほしい事は、○すべての腹部鈍的外傷患児に CT を行う必要はない。○予測アルゴリズムに沿うことで約 1/3 の外傷患児に対して CT を避けることができる。そして大事なことは○予測アルゴリズムのルールでは、CT 検査を義務付けているわけではない。当てはまる項目が一つ増えることは、腹部外傷の可能性が 4.5% 上がることにすぎず、臨床での判断が必要である ということです。

### Issues Going Forward

- Difficulty of identifying bowel injury
- Distinction between any injury and clinically significant injury
- Influence of conservative management on evaluation - Is it necessary to identify all injuries?

まだ解決できてない問題としては、○今なお画像検査では腸管損傷を診断するのは難しい ○未だにすべての外傷と臨床的に重要な外傷が区別できてない 脾損傷 Grade 1 は臨床的に重要な外傷ではありませんが、全部の外傷患児を評価したり重症例を見分ける画像診断法の開発が必要です ○保存的治療であることを考えると、すべての外傷をみつける必要があるでしょうか？

### Issues Going Forward

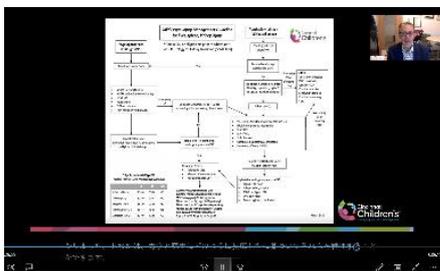
Contrast enhanced ultrasound for the evaluation of blunt pediatric abdominal trauma

Linsley B. Acaroglu \*\*, David P. Mooney \*, Harriet Pallat \*\*, Carol Burnworth \*\*, Beatrice Dionigi \*\*, Mary Arbutnot \*\*, Charvindu Chavaballo \*\*, Susan A. Connolly \*\*, Delina Y. Jarrett \*\*, Jill M. Zaleski \*\*,

これは、これからの課題として、固形臓器損傷に対して造影剤を使用した超音波検査に関する論文です。CT で脾損傷が分かった患児に対して、通常の超音波では脾損傷が同定できませんが、造影超音波検査では CT と同様に脾損傷を描出できます。これはまだ研究段階ですが非常に今後の励みになる研究で、他の画像診断法も期待できます。



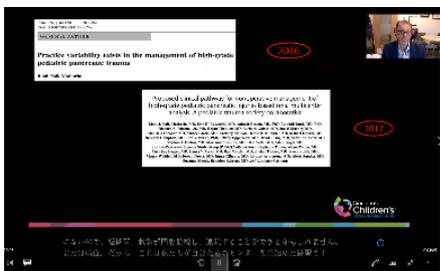
固形臓器外傷の管理に関する Evidence based ガイドラインについてもうちょっと見ていきます。2000 年にアメリカ小児外科学会外傷委員会が腹部鈍的外傷のガイドラインを初めて提唱しました。それにより特に脾摘の頻度が減少しました。治療をグレード別に標準化しグレード毎の採血頻度、入院期間、スポーツ再開時期などを提唱しました。しかし、2015 年には ATOMAC という 6 つの小児外傷センターが小児肝臓・脾臓鈍的外傷の保存的治療を評価した論文では、グレード別に治療を行う必要はなく、循環動態が安定しているか否か、蘇生にどのように反応したかにより治療を区別すればよいと報告しています。



ここで、このシンシナティ小児病院のガイドラインをすべて見ていくことはしませんが、このガイドラインでは我々は基本的に循環動態、輸液治療にどのように反応するかに基づいて治療を行い、採血を繰り返したり長く入院させることは回避し、安全に退院させています。しかし Vital sign の変化や疼痛出現により治療方針を変更します。重要なのは、画像評価を基に治療方針を決めるのではなく、臨床での患児の状況により治療方針を決めることで、これにより入院期間の短縮が出来ました。

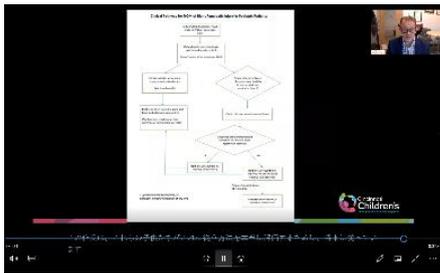


次は鈍的腎外傷に関してです。2018 年に外傷学会・小児外傷学会東部支部が腎外傷の治療に関するガイドラインを提唱しました。このガイドラインは脾臓・肝臓外傷のガイドラインと類似していますが、Grade III 以上の腎外傷には尿漏出のある腎損傷を検索するために少し経った後の CT 再撮影を行う事が重要な点です。それ以外は、臨床状況・循環動態により治療方針が決まります。昨年出された論文では、Grade I-II などの低グレードの単独臓器損傷は、ほとんど外科的治療や輸血を必要としないので、外傷センター受診後短時間外来で経過観察し帰宅できると報告しています。シンシナティ小児病院でも上記 Practice を始めました。

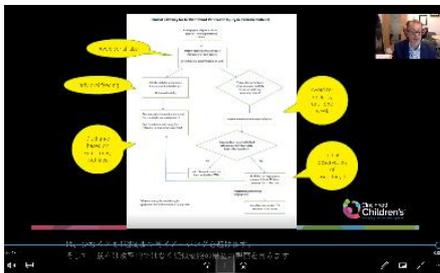


脾外傷に対して手術すべきかどうかに関しては未だ分かっていません。2016 年の論文では小児外傷センターにおける Grade III 以上で膵管損傷のリスクがある高グレードの脾外傷に対する治療は施設間で大きく異なり、手術を行う施設や長期間の絶飲食治療と繰り返しの採血を行う施設があることが報告されました。又、早期の手術を勧める論文と保存的治療を勧める論文が混在しています。ただ、現時点では Grade III, IV の脾外傷であっても保存的治療を推奨する傾向にあります。

これは 2017 年小児外傷学会がデータに基づいて提唱した高グレード小児脾外傷に対する保存的治療の指針です。現在はこの指標に基づいて診療した患児を前方指的に評価しているところです。



こちらが提唱された指針です。画像診断にて GradeIII-IV と診断された膵外傷患児に対して、まずアミラーゼ・リパーゼを測定し、入院させて疼痛コントロールとモニタリングを行います。定期的な繰り返しの採血は必要ありません。左側ですが、腹部圧痛がある程度改善したら経口摂取を開始します。採血結果を基に判断することはしません。経口摂取ができ適切に疼痛がコントロールできたら退院です。退院は採血結果の正常化や腹腔内液体貯留の消失まで待つ必要はありません。一方、受傷後1週間経過しても腹痛の悪化や遷延、経口摂取が進まない場合、超音波検査で腹水貯留の有無を検索し、アミラーゼ・リパーゼ測定を行います。膵周囲の液体貯留やアミラーゼ・リパーゼが入院時よりも高値であれば、症状が消えるまで経口摂取は行わず TPN を開始し、液体貯留を経過観察します。それでも症状が進行・遷延する場合は手術介入を行うかこのまま継続して保存的治療を行うかの判断を行います。手術介入とは必要に応じてステント治療もしくは手術ということになります。膵周囲の液体貯留がなくアミラーゼ・リパーゼの上昇がない場合は、症状が改善するまで NPO、TPN で管理し、症状が改善したら経口摂取を開始します。



ここでも、我々は、定期採血を回避し、早期の経口摂取を行い、少なくとも1週間は画像検査を繰り返すことを避け、仮性膵嚢胞に関しては初期には保存的に管理し侵襲的な治療を回避します。退院は、採血結果に基づいて決めるのではなく、臨床症状によって判断します。



今回講演をさせていただく機会をありがとうございました。Discussionでは質問にお答えできることを楽しみにしていると同時に、いつか日本を訪れる日が来ることを楽しみにしております。視聴していただきありがとうございました。