

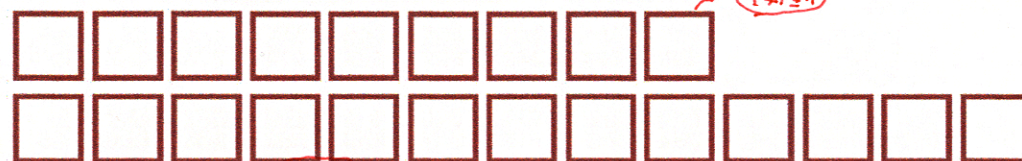
Intensive

Q: Challenge your Critical Thinking

クイズ 上村恵理 長崎大学病院高度救命救急センター
江川悟史 TMG あさか医療センター神経集中治療科, Neuro ICU and Coma Science Center
シリーズ構成 岡田 和也 東京都立墨堤病院 集中治療科

第3回

14a 見出し NB3/



13a 見出し B1/ 色50% x46% y41% 44 ロダンB 46 H

実施日 2026年5月

回答者数 55名

回答者内訳 最多は救急医 (38%) で、次いで集中治療医 (24%), 内科系医師 (11%), 麻酔科医 (7%) だった。

症例 70歳の女性

【現病歴】横断歩道を歩行中に約40km/hr程度で走行してきた乗用車に接触し、3m程度飛ばされて受傷した。救急隊接触時、JCS III-200、右共同偏視を認め、後頭部挫創および左耳出血を認めた。重症頭部外傷が疑われ、救急搬送された。

【既往歴】高血圧症

【内服薬】アムロジピン

【来院時身体所見】来院時、意識障害を呈し、橈骨動脈の触知は弱く、末梢は冷感を認めた。

◆ Primary & secondary survey:

- A 開通
- B 呼吸音左右差なし、皮下気腫なし、胸郭運動左右差なし、RR 20回/min、SpO₂ 98% (10L/min リザーバマスク投与)
- C 末梢冷感あり、湿潤なし。BP 108/67mmHg、HR 78回/min、FAST 陰性。頭部挫創、顔面からの出血を認めた。単純X線検査にて胸部・骨盤部は外傷性変化を認めなかった。
- D 意識はGCS 8 (E2V1M5)、瞳孔は3/3mm 対光反射は両側迅速。眼位は右および正中を緩やかに往復していた。両上下肢の運動は痛み刺激で両側ともに認めた。切迫するDに対して気管挿管を実施し、人工呼吸器管理を開始した。

また来院前から重症頭部外傷が疑われFFPをはじめとした緊急輸血を開始した。輸血開始後にCTを撮像した。初撮で撮像した頭部CTを以下に示す (図1)。右硬膜下血腫、左錐体骨折、後頭骨から頭頂骨に骨折線を認めた。なお、胸部、腹部、骨盤部には外傷性変化を認めなかった。

左後頭部の挫創から出血を認め、縫合を行った。縫合後、右内頸静脈から中心静脈カテーテルを挿入した。ICUへ移動中に瞳孔5/3mmと瞳孔不同を認めた。頭部CTでは右の急性硬膜下血腫および脳挫傷の拡大を認め (図2)、正中偏位を伴っていた。急性硬膜下血腫に対する開頭血腫除去術、外減圧術、ICPセンサー挿入術後、頭部CTを撮像し (図3)、ICUへ入室した。



45% 138% 46 H



図2 術前頭部 CT 色80%

45% 140% 46 H

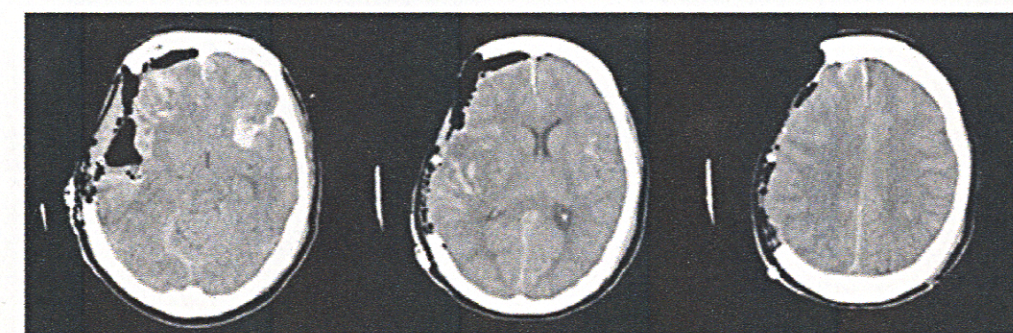


図3 術後頭部 CT 色80%

45% 140% 46 H

Q1 重症外傷性脳損傷 (sTBI) における頭蓋内圧 (ICP) モニタリングの適応としてガイドラインに記載されているもので正しいものはどれか。

- ① GCS 3~8で頭部CTに異常があれば適応となる
- ② GCS ≤ 8で頭部CTが正常の場合、SBP < 90mmHgがあれば単独でも適応となる
- ③ GCS ≤ 8で頭部CTが正常の場合、年齢 > 40歳とSBP < 90mmHgのいずれか1つで適応となる
- ④ GCS ≤ 8で頭部CTが正常の場合、SBP < 90mmHgは適応判断に含まれない
- ⑤ GCS 9以上でもSBP < 90mmHgがあれば適応となる

◆◆解説 色70% + スミ20% (以下同)

ICPセンサーの挿入基準については、Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury 4th Edition, 頭部外傷治療・管理のガイドライン第4版では以下の基準がある (レベル2B)。

- ・ GCS ≤ 8かつCTで異常所見を有する救命し得るすべての患者
- ・ 異常なCT所見: 血腫・挫傷・腫脹、ヘルニア、脳室・脳底槽の圧排を認めるもの
- ・ 正常のCT所見だが、次のうち2つを満たす場合
 - i. 40歳以上、ii. 片側または両側の異常肢位、iii. SBP < 90mmHg
- ・ SBP低下は重要な因子であるものの、単独では適応にならず「2項目以上」必要とガイドラインでは記

載されている。そのためAのみが正しい選択肢となる。

ICPモニターから得られる情報を治療に活用することで、院内死亡率および受傷2週間後の死亡率を低下させる (レベル2B)。ただし、機能的予後についてはこれまでの報告では有意差はみられていないことに注意が必要である。

◆◆正答 A

◆◆解答の分布

①	61.8%
②	16.4%
③	14.5%
④	3.6%
⑤	3.6%

29% (以下同)

Q2 ICU入室時、ICP 10mmHg、BP 128/67mmHg (MAP 80mmHg)、HR 80回/min、瞳孔は3/3mm 対光反射は両側迅速であった。SpO₂ 95% (AC-PC FiO₂ 0.3、PEEP 5、PC 12、Ti 1.4秒、f 14)。現段階で行う管理について正しいものを選んでください。

- ① 20°の頭部挙上
- ② フィブリノゲン 150mg/dL以上に管理
- ③ SpO₂ 92%以上に維持
- ④ SBP 110mmHg以上に管理
- ⑤ 腋窩体温での38°C以下の管理

◆◆解説

ここではTier 0+αの管理について確認を行う。

色バタ (以下) ● SIBICC ガイドラインのTier 0の介入 13a 12a 12a 12a DB (以下) SIBICC (シアトル国際重症頭部外傷コンセンサス会議 Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference) ガイドラインにおけるTier 0 (ティア・ゼロ) は、ICP亢進の有無にかかわらず、ICUに入室したすべての重症頭部外傷患者に対して早期に導入されるべき「基礎的な重症管理 basic severe TBI care」として定義されている (図4)。

体温管理は、深部温であることに注意が必要である。

血圧の目標値については、SIBICCのガイドラインのTier 0の介入項目には収縮期血圧 (SBP) の具体的な数値目標は明記されず、脳灌流圧 (CPP) 60mmHg以上のみと記載されている。しかし、関連する米国外科学会のガイドラインではSBP 110mmHg以上が理想的な範囲として示されている。根拠としては、ICPがモニタリングされていない多くの症例でSBP 110mmHg以上をターゲットとすることで適切な脳灌流が確保されと考えられている。また、15～49歳、または70歳超ではSBP 110mmHg以上、50～

■ 図4 sTBIの基本管理：SIBICCガイドラインTier 0 色80%。

図中 ネーム
・基本 1/a 12a M
・太くするネーム
1/a 12a DB
(以下)

図版は、0.12 3044
色バタ 2 囲む
(以下)

96 179 3.1

69歳ではSBP 100mmHg以上と年齢層別に異なるSBP 閾値を設けることも提案されている。

●+αの介入

また、Tier 0では触れられていないが、頭部外傷と凝固障害についても着目する。頭部外傷では凝固障害を伴いフィブリノゲン値が低値となり、血腫の増大をきたすことがある。重症頭部外傷の23～33%では凝固障害を伴っていたとの報告もある。凝固異常は重症頭部外傷の死亡、神経学的予後不良に強く関連する因子であり、凝固能の立ちはげは非常に重要である。重症頭部外傷に伴う低フィブリノゲン血症に対してフィブリノゲン製剤を投与し、血中濃度を200mg/dL

以上に維持した患者群では、GCSとGOSE (Glasgow Outcome Scale Extended) が有意に改善し、頭蓋内血腫の拡大抑制に有効であったことが示されている。しかしながら、本邦では頭部外傷にフィブリノゲン製剤の投与は保険適用となっていないことに注意が必要である。

◆◆正答 4

◆◆解答の分布

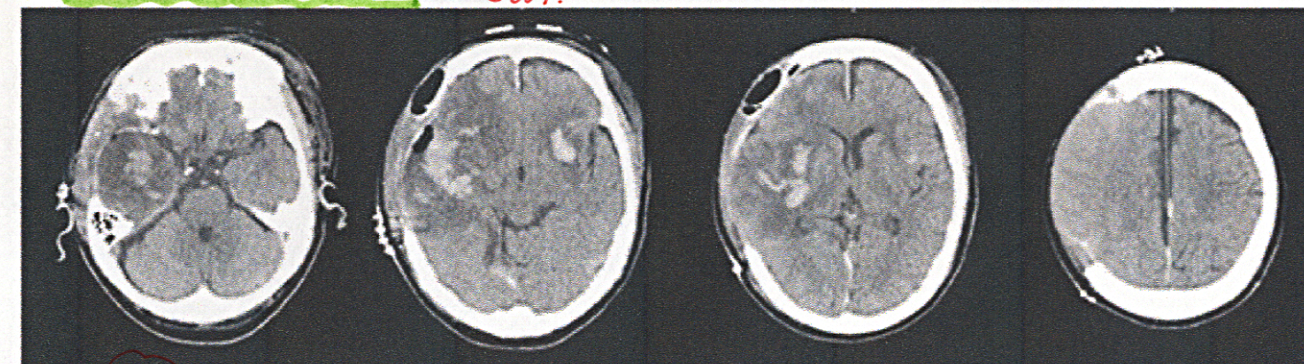
①	25.5%
②	34.5%
③	14.5%
④	10.9%
⑤	14.5%

Q3 ICU入室後、プロポフォール120mg/hr (体重55kg)、フェンタニル50μg/hrを用いてRASS -5を目標とした鎮静管理を継続して行った。入室後2日目の夜にICPが30mmHgとなった。BP 118/72mmHg (MAP 87mmHg)、HR 75回/min、SpO₂ 97% (AC-PC FiO₂ 0.3、PEEP 5、PC 12、Ti 1.4、f 14)、PaO₂ 110mmHg、PaCO₂ 46mmHg、頭部30度で挙上され、頭部は中間位である。瞳孔は3/3、両側対光反射は迅速、RASS -5で達成されている。入院時よりLEV 1000mg/日を投与している。ICU入室後2日目の夜の頭部CTを示す (図5)。

このときの対応について答えてください (複数回答可)。

- ① マニトールの間欠ボラス投与
- ② 人工呼吸器設定を調整し PaCO₂ 30mmHg 未満を目標とする
- ③ 人工呼吸器設定を調整し PaCO₂ を正常下限目標とする
- ④ 減圧開頭術を検討する
- ⑤ 昇圧薬を開始する

■ 図5 ICU入室後2日目の夜の頭部CT 色80%。



50 179 3.1

◆◆解説

令 PaCO₂ 30 以下は、むしろ脳血管の収縮が続き酸素需給バランスが崩れるため積極的には行わない。このときの頭部 CT では血腫よりも周囲の浮腫が問題となっている。すでに減圧開頭術は行われており、除圧が得られているように見えるため④は誤りである。また⑤についても MAP は保たれており、制御が難しいときに MAP チャレンジを検討する。

●SIBICCガイドラインのTier 1の紹介

ここでは、sTBI の Tier 1 について確認する(図6)^{2, 3)}。

ICP の正常値は 5 ~ 15mmHg である。治療介入を要する ICP の閾値は 15 ~ 20mmHg(頭部外傷治療・管理のガイドライン第4版)と 22mmHg¹⁾とガイドラインによりやや異なる。

SIBICC ガイドラインの Tier 1 管理は、基礎的なケア (Tier 0) では制御できない確立された ICP 亢進や脳低酸素状態に対する最初の積極的な介入にあたる³⁾。なお、SIBICC ガイドラインは ICP と脳組織酸素分圧 (PbtO₂) が測定できる状況では、それぞれのモニタリング値を組み合わせて病態を分類し治療を最適化するガイドラインもある²⁾が、本邦では測定ができないため、ICP モニタリング単独で行うガイドライン³⁾に順じて進めていく。

Tier を上げる、つまり治療強度を上げる、ときは常に以下の再評価が強く推奨されている。

- ・画像診断の再検：最新の CT を確認し、新たに手術適応となる病変(血腫の拡大など)が出現していないか再検討する。
- ・基本因子の再確認：CPP や血液ガス、体温、電解質などが目標範囲内にあるか再度チェックする。
- ・頭蓋外因子の検討：胸腔内圧や腹腔内圧の上昇など、ICP を悪化させる頭蓋外の原因がないか確認する。
- ・高次施設への相談：設備が限られている施設の場合、この段階で専門の高度救急医療センター等へのコンサルテーションや転院を検討する。

●SIBICCガイドラインのTier 2の紹介

Tier 1 で ICP が十分に制御できない、または PbtO₂ が改善しない場合は、Tier 2 とより積極的に介入を

行う。ここで脳の自己調節能 cerebral autoregulation が維持されているかの評価、いわゆる平均動脈圧 (MAP) チャレンジを行うことがある^{2, 3)} (メモ1)。

ここで、脳の自己調節能についての生理学を確認する。脳の自己調節能とは、全身の血圧が変動しても、脳への血流量 cerebral blood flow (CBF) を一定の範囲内に保とうとする脳固有の機能である。正常な状態では CPP (=MAP - ICP) が変動しても脳血管が能動的に反応することで血流を安定させている。一般的に、CPP が 50 ~ 150mmHg の範囲内であれば、この機能が働いて CBF は一定に保たれる。例えば、CPP が低下したときは、脳血管が拡張し血流の低下を防ぎ、CPP が上昇した時は脳血管が収縮し過剰な血流が脳に流れ込むことを防ぐ^{9~11)}。

しかし、自己調節能が維持される範囲を外れる、または脳損傷によってこの機能が障害されると CBF は血圧の変動に受動的に従うようになる。つまり、下限を下回り、血圧が低下すると血管の拡張が限界に達し脳血流が不足して虚血を生じる。また、上限を上回り、血圧が高すぎると血管の収縮が限界を超えて血流が急増し (breakthrough zone)、浮腫や ICP の上昇をきたす (図7)⁸⁾。

Tier 2 ではモニタリング値に基づいた具体的な治療が行われる。

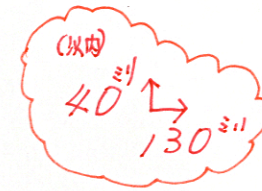
- ・軽度の過換気療法：PaCO₂を 32 ~ 35mmHg (4.3 ~ 4.6kPa) の範囲に維持する。なお、脳酸素モニタリングがないため、これ以下の過換気は虚血リスクを考慮し推奨されない。
- ・筋弛緩薬の使用：十分な鎮静下にある患者において、ICP 低下に効果がある場合のみ使用する。まず試行投与 (trial dose) を行い、効果を確認してから持続投与に進むことが推奨されている。
- ・MAP チャレンジ (自己調節能の評価)：昇圧薬を用いて平均動脈圧 (MAP) を上げ、脳の自己調節能が維持されているかを確認する。

●SIBICCガイドラインのTier 3の紹介

それでも難治である場合 Tier 3 へ移行する。Tier 3 には、以下の3つの項目が含まれ、慎重な判断が求められる。

■図6
sTBIの基本管理：
SIBICCガイドライン Tier 1

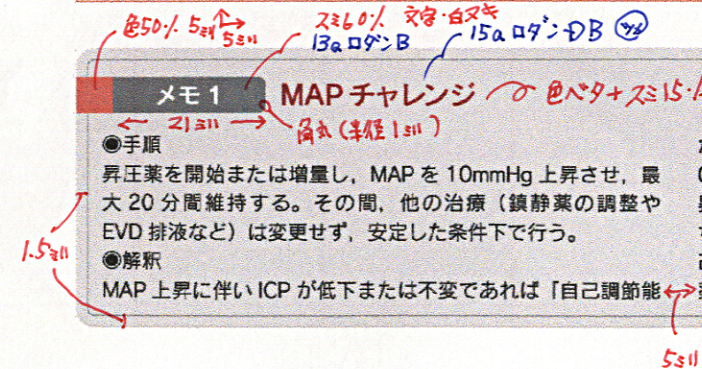
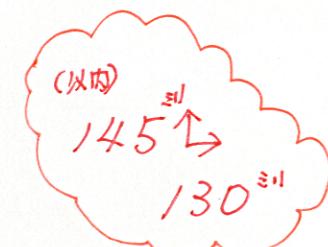
80%



80%

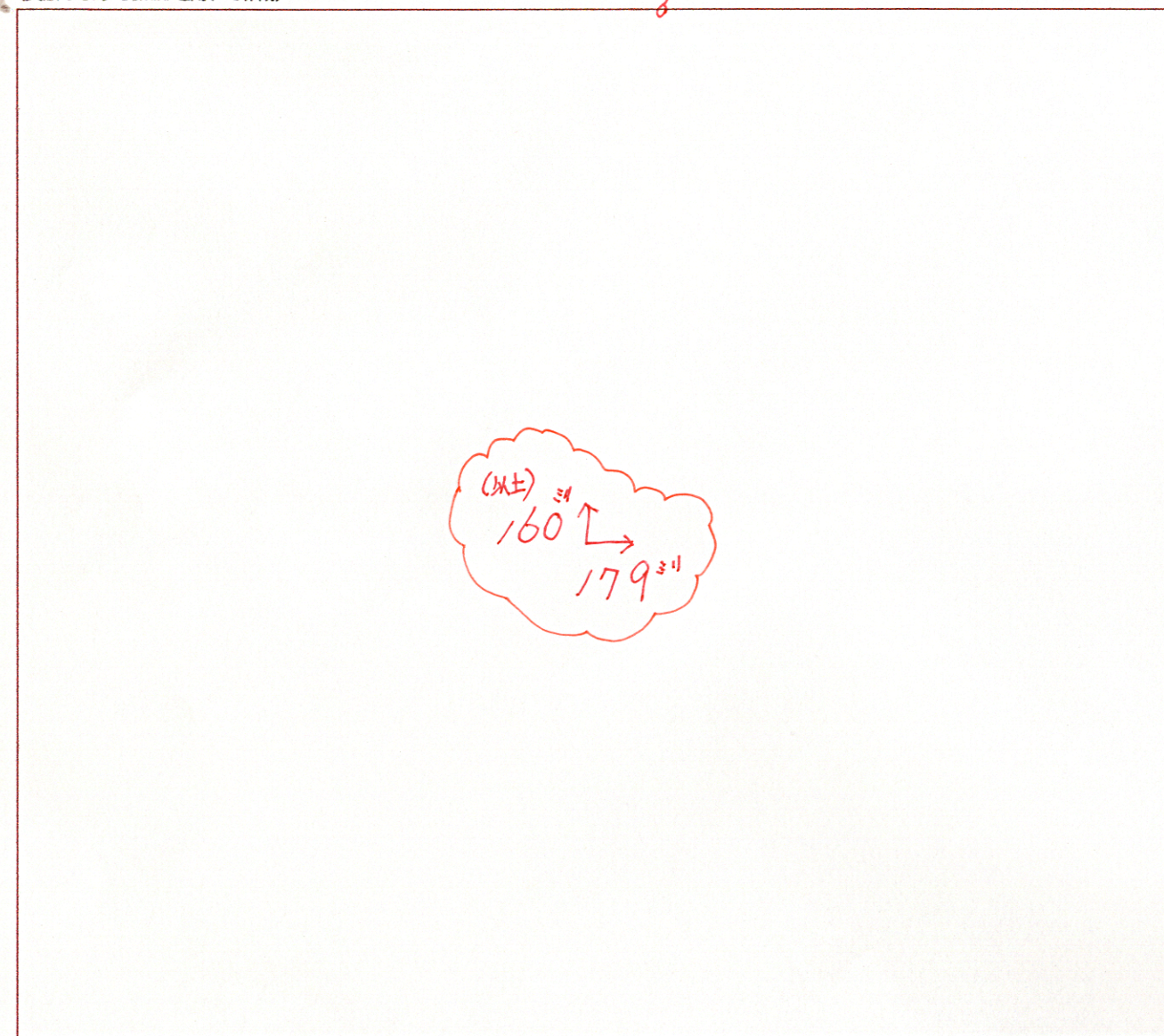
■図7
自己調節能とICP
(文献8より許可を得て転載)

80%
1/2 ロダ M
↓
14 H (以下)



0.2 mmHg・2.5 mmHg
1.5 mmHg
38.5 mmHg
166 mmHg
1/2 ロダ M
↓
14 H 28w 詰

■ 図8 頭蓋内圧管理アルゴリズム
(文献3より Gemini を用いて作成)



- ・高用量バルビツレート療法 (pentobarbital または thiopentone)
投与判断: まず試行投与を行い, ICP 低下に効果があることが確認された場合に継続する。
- モニタリング: 継続する場合は脳波 (EEG) モニタリングが必要である。
- 目標設定: 治療の終点は「ICP の制御」であり, 血清濃度や脳波で burst suppression ではないことに留意する。burst suppression に達したあとは, それ

- 以上増量しても ICP 低下は期待できず毒性のみが増すため, 増量は推奨されない。
- 注意点: バルビツレート投与中は低血圧をきたしやすいため厳重に回避する。
- ・二次的減圧開頭術 secondary decompressive craniectomy
内科的治療に抵抗性の ICP 亢進に対し, 救命目的に実施される。
- ・軽度低体温療法 mild hypothermia

目標体温: 35-36℃の範囲とし, 全身的な合併症のリスクを考慮して 35℃未満の低体温療法は推奨されていない。

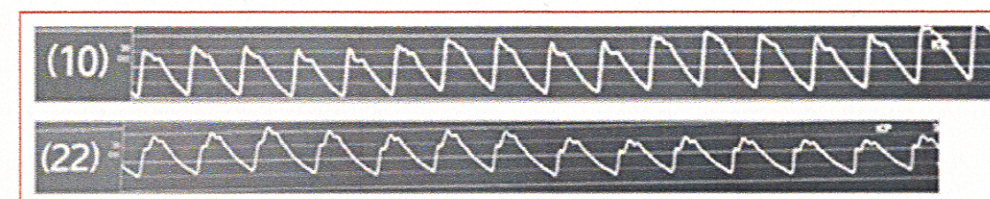
Tier 1~3 の流れを図にまとめると以下のような図 (図8)³⁾。

◆◆正答 ①・③ (順不同)

◆◆解答の分布

①	76.4%
②	10.9%
③	72.7%
④	40.0%
⑤	20.0%

Q4 ICP 10mmHg のときと ICP 22mmHg のときの波形を以下に示す。



頭部外傷における ICP について, また ICP 波形が示しているもの, また推察されるものについて誤っているものを選んでください。

- ① P1 : Percussion wave : 動脈拍動
- ② P2 : Tidal wave : 脳のコンプライアンス
- ③ P3 : Dicrotic wave : 大動脈弁の閉鎖や静脈の還流に関連
- ④ ICP モニターから得られる情報を治療に活用することで, 神経学的予後を改善させた質の高い報告がある

12>

◆◆解説

ICP モニターから得られる情報を治療に活用することで, 院内死亡率および受傷2週間後の死亡率を低下させることができたという報告がある¹⁾が, 神経学的予後について有意差は過去の研究では出ていない。

ICP の波形そのものについて確認する。ICP の波形は P1, P2, P3 と3つの波形からなる。

- P1 : Percussion wave : 動脈拍動
- P2 : Tidal wave : 脳のコンプライアンス
- P3 : Dicrotic wave : 大動脈弁の閉鎖や静脈の還流に関連するといわれている

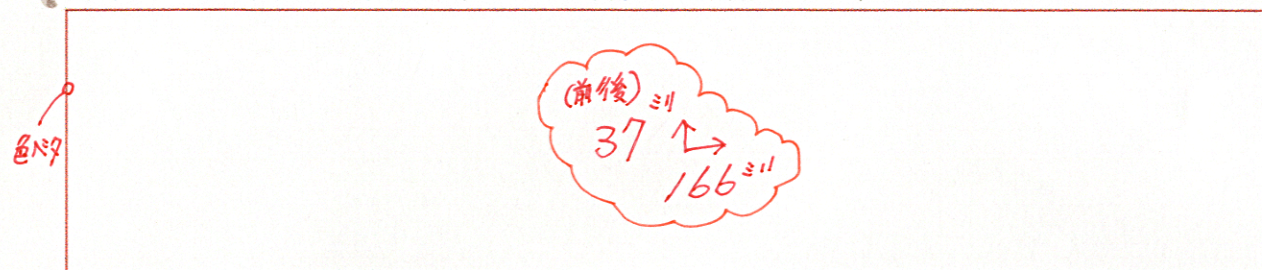
正常な ICP モニター波形で読み取れる波形のシェーマを以下に示す (図9)¹²⁾。

ICP の評価には, 絶対値が用いられることが多いが, 波形にも多くの情報が含まれている。通常は P1 > P2 (クラス I) であるが, 頭蓋内コンプライアンス

の低下に伴い, P2 が上昇し P2 > P1 (クラス II) となる。より悪化すると P2 > P3 > P1 (クラス III) に至り, やがて P1 ~ 3 が判別困難 (クラス IV) となる (図10)^{13, 14)}。

この ICP 波形の形状にも注視することで, ICP が 22mmHg 未満であっても, P2 の振幅が P1 を超えている場合は, 脳の予備能が限界に達していると判断し, 積極的な治療 (Tier 1 など) の開始や CT の再検を検討し早期に介入をすることができる¹⁵⁾。

5H
図10 異なる形態を持つ頭蓋内圧パルス波形の例
各図は、ニューラルネットワークモデルによって識別された5つのクラスのうちの1つに割り当てられた波形の例を示している（有効なパルスタイプ1～4の4種類と、アーティファクトおよびパルス検出エラーを示す第5のタイプ）



最新の知見では、ICPが一時的に上昇することよりも「どの程度の強さで、どのくらいの時間持続したか」という累積的な負担（ICP dose）が予後に影響すると考えられている⁹⁾。

圧力-時間量（pressure-time dose）とは、ICPが閾値を超えている時間の「曲線下の面積」を算出することで、脳へのダメージの強度を評価する。そして、持続時間の影響、例えば、22mmHgを超える状態が5分以上続くことは、予後不良と関連すると報告されている¹⁰⁾。

本症例でも、ICP 10mmHgは正常波形を示しているが、ICP 22mmHgではP2 > P1となっており、コンプライアンスの低下が示唆される。

ICPは単なる「血圧のような数値」ではなく、脳のコンプライアンス、血流のコントロール、そして時間的な負担の蓄積として多角的にとらえることができる。

重症頭部外傷の管理においてはICPセンサーを活用しながら、Tier 0～3までの強度にあわせた管理を組み合わせる行っていきたい。

◆◆正答 4（誤っているものを選ぶ問題）

◆◆解答の分布

①	9.1%
②	14.5%
③	30.9%
④	45.5%

12a 見出し MB 317
6 20H

文献 色バツ

1. Carney N, Totten AM, Ullman JS, et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, 4th edition. Brain Trauma Foundation; 2016 刊
2. Chesnut R, Aguilera S, Buki A, et al. A management algorithm for adult patients with both brain oxygen and intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC). Intensive Care Med 2020; 46: 919-29. PMID: 31965267

3. Hawryluk GWJ, Aguilera S, Buki A, et al. A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC). Intensive Care Med 2019; 45: 1783-94. PMID: 31659383
4. Taylor CA, Bell JM, Breiding MJ, et al. Traumatic brain injury-related emergency department visits, hospitalizations, and deaths - United States, 2007 and 2013. MMWR Surveill Summ 2017; 66: 1-16. PMID: 28301451
5. Kartal A, Robba C, Helmy A, et al. How to define and meet blood pressure targets after traumatic brain injury: a narrative review. Neurocrit Care 2024; 41: 369-85. PMID: 38982005
6. 刈部 博, 成澤あゆみ, 斎藤秀夫ほか. 高齢者頭部外傷における talk and deteriorate のリアル. Neurosurg Emerg 2020; 25: 187-94.
7. Marta R, Svitlana Y, Konstantyn K, et al. Potential predictors of mortality in adults with severe traumatic brain injury. Brain Sci 2025; 15: 1014. PMID: 41008374
8. Sabouri M, Vahidian M, Sourani A, et al. Efficacy and safety of fibrinogen administration in acute post-traumatic hypofibrinogenemia in isolated severe traumatic brain injury: a randomized clinical trial. J Clin Neurosci 2022; 101: 204-11. PMID: 35642832
9. Zoerle T, Beqiri E, Åkerlund CAI, et al. Intracranial pressure monitoring in adult patients with traumatic brain injury: challenges and innovations. Lancet Neurol 2024; 23: 938-50. PMID: 39152029
10. Battaglini D, Anania P, Rocco PRM, et al. Escalate and de-escalate therapies for intracranial pressure control in traumatic brain injury. Front Neurol 2020; 11: 564751. PMID: 33324317
11. Vu EL, Brown CH, Brady KM, et al. Monitoring of cerebral blood flow autoregulation: physiologic basis, measurement, and clinical implications. Br J Anaesth 2024; 132: 1260-73. PMID: 38471987
12. Hirzallah MI, Choi HA. The monitoring of brain edema and intracranial hypertension. J Neurocrit Care 2016; 9: 92-104.
13. 諸橋優祐, 江川裕史. 神経集中治療において cerebral multimodality monitoring をどのように臨床に活かすか? . 日集中医誌 2025; 31: 607-15.
14. Kazimierska A, Uryga A, Mataczyński C, et al. Relationship between the shape of intracranial pressure pulse waveform and computed tomography characteristics in patients after traumatic brain injury. Crit Care 2023; 27: 447. PMID: 37978548
15. Viarasilpa T. Managing intracranial pressure crisis. Curr Neurol Neurosci Rep 2025; 25: 12. PMID: 39699775
16. Åkerlund CA, Donnelly J, Zeiler FA, et al. Impact of duration and magnitude of raised intracranial pressure on outcome after severe traumatic brain injury: a CENTER-TBI high-resolution group study. PLoS One 2020; 15: e0243427. PMID: 33315872

10a 27F/明細
W3
13H (11) 4 2 12!!