

乳幼児の虐待による頭部傷害(abusive head trauma : AHT)の手引き —眼底の診かた考えかた—

日本眼科学会, 日本小児眼科学会, 日本網膜硝子体学会, 日本眼循環学会

序 文

小児虐待の報に触れる機会が増え, 心を痛める日々が続いている。なかでも, 乳幼児の虐待による頭部傷害, 殊に暴力的に揺さぶられて起こる外傷〔abusive head trauma (AHT)/shaken baby syndrome (SBS)〕については, 医学的および社会的にさまざまな議論がなされている。AHT はかつて SBS と呼ばれていたが, 揺さぶりだけでなく頭部を打ちつける行為を伴うこともあるので, 現在は AHT が標準的な呼称となっている。

AHT の診断は眼科単独でなく, 診察に関わった病院の全診療科(小児科, 脳神経外科, 脳神経内科, 整形外科, 放射線科, 病理学, 法医学など)によって総合的に行われるが, 眼底所見が重要な根拠となる。AHT を診断することは, 患児の診療ばかりか, 患児を含めた家族の将来に大きな影響を与えることになるので, 眼科医の任務は重要である。

これまで AHT における「網膜出血」は出血の存在だけが議論されてきたところであるが, AHT(揺さぶり)の場合, その特徴は「多層性多発性出血」と言われてきた。しかし, 出血の形態と分布を的確に観察することが, 発生メカニズムを考察し診断するうえできわめて重要である。また, 網膜分離や網膜ひだを伴うことがあり, 診断に大きく役立つ。

眼底検査は顕微鏡観察のごとく, 出血の由来血管や網膜損傷のメカニズムを形態学的側面から詳細に理解でき, 診断に大きく寄与する。この点を踏まえ, 日本眼科

学会, 日本小児眼科学会, 日本網膜硝子体学会, 日本眼循環学会は共同で「乳幼児の虐待による頭部傷害(abusive head trauma : AHT)の手引き—眼底の診かた考えかた—」を発表する。

本手引きでは, AHT に特徴的な眼底所見について解説する。眼科医が関わる AHT 案件では揺さぶり傷害が大部分を占めるが, その眼底所見は特異であり, 普段の診療で接する機会がきわめて少ない。一方で, 打撃による眼球や眼窩内組織の傷害は眼外傷として眼科医になじみが深い。したがって, 本手引きでは揺さぶりによる傷害を中心に述べる。第 1 章の簡易版「眼底の診かた」は, 救急外来に受診あるいは入院して AHT を疑われたときにどのように診察するかの手引きである。第 2 章の詳細版「AHT の眼底の考え方」と Q&A は, AHT をよく理解し, 全診療科の総合的診断, 児童相談所や司法から解説を求められたときに必要となる知識をまとめた。なお, 本手引きの眼底検査は眼科の診療技術に沿うものであって, 他診療科に求めるものではない。

眼以外の所見については, 日本小児科学会や米国小児学会から見解が発表されている¹⁾²⁾。本手引きと相互に補完し合うので参照いただきたい。

ご意見を賜りました日本小児科学会と多くの専門分野の方々に感謝いたします。

本稿への問合せ先: 〒101-8346 東京都千代田区神田猿樂町 2-4-11-402

公益財団法人日本眼科学会

E-mail: jos2@po.nichigan.or.jp

著者の利益相反: 利益相反公表基準に該当なし

外部評価方法: 本手引きは, 日本眼科学会, 日本小児眼科学会, 日本網膜硝子体学会, 日本眼循環学会が共同で作成し, 日本眼科学会診療ガイドライン委員会の答申を経て, 日本眼科学会理事会において審議・承認された後, 日本眼科学会 Web サイト上で公募したパブリックコメントを踏まえて発表する。

第1章 簡易版 乳幼児の虐待による頭部傷害 (abusive head trauma: AHT)の眼底の診かた

—眼底検査のポイント—

1. AHTとは

AHTとは乳幼児に対する頭部の虐待外傷である。暴力的な強い揺さぶりによる shaken baby syndrome(SBS)だけでなく、頭部を打ちつける場合もあり、合わせて abusive head trauma(AHT)と呼ばれる^{1)~6)}。暴力的揺さぶりあるいは頭部打撃の単独、またはその両方、すなわち①AHT(揺さぶり)、②AHT(打撃)、③AHT(揺さぶり+打撃)の3つのタイプがある。いずれも、頭蓋内傷害(出血や脳傷害)と眼傷害(網膜出血を中心とする眼底病変)が合併する。眼所見は揺さぶり傷害と打撃傷害で大きく異なり、③AHT(揺さぶり+打撃)においても極端な重度打撃でない限り区別が可能である(第2章13, Q&A 26を参照)。AHTにおいては揺さぶり傷害を判別することが特に重要であるが、眼科医が暴力的な揺さぶりによって起こる眼底所見を実際に診察する機会はきわめて少ない。一方で、打撃があれば眼瞼や皮膚の痣(あざ)など体表異常が明らかであり、眼科医にとって眼外傷はなじみが深い。したがって、本手引きではAHT(揺さぶり)を中心に述べる。

頭部が暴力的に大きく揺さぶられれば、脳と網膜から出血する(参考1)(Q&A 20を参照)。硝子体が大きく動いて網膜を全体的に牽引することによって、きわめて多数の出血が広域で起こる。さらに、網膜分離、網膜ひだが起こることもある。網膜出血の形態と分布はほかの網膜疾患と比較しても例がないので、その病態を理解して、眼底の適切な観察と評価をすることが必要である^{7)~13)}。網膜分離と網膜ひだについても、その特徴を理解することが診断に大きく役立つ⁶⁾¹³⁾。

2. AHTの診療の流れ

AHTの診断は眼科医単独ではなく、診察に関わるすべての診療科(小児科、脳神経外科、脳神経内科、整形外科、放射線科、病理学、法医学など)によって総合的に行われる^{1)~6)}。通常、以下のような流れとなる。

- ① 意識障害やけいれん、低位落下や転倒などの訴えで救急外来を受診。脳傷害を疑う所見や打撲痕、骨折などの全身症状があつて、入院となる(Q & A 1を参照)。
- ② 頭部 computed tomography(CT)、magnetic resonance imaging(MRI)の画像検査、全身検査と処置が行われる。
- ③ 眼科医が呼ばれて眼底検査、ほかの眼検査を行う。
- ④ 診療に関わる全診療科によって総合的に診断が決められる。

AHTと診断されれば、病院から児童相談所に通告し、患児は時に保護者から離され、児童相談所や児童福祉施設の保護下に置かれる。診断後も、児童相談所、司法関係などから問い合わせがあり説明を求められる。これら診断と対応に関与することになり、眼科医の任務は重要である。

3. AHT(揺さぶり)の眼底病変の発生メカニズム—硝子体の牽引による網膜の外傷である

頭部とともに眼球が強く揺さぶられ、硝子体が大きく動くと、それが固く接着している網膜が強く牽引され、血管壁が破壊されて網膜出血が起こる²⁾³⁾⁶⁾¹³⁾。小児では硝子体が網膜全域に強く接着しているため、典型例では広域に(後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、円周方向全周)多数の出血点・斑が分布する。さらに牽引によって網膜層構造が破壊され、網膜分離、網膜ひだが起こる(図1、図2)。

4. AHT(揺さぶり)典型例の特徴：眼底の重要なポイントを理解する—出血は分布が最も重要である

まずAHT(揺さぶり)の典型的重症例の特徴を理解することが重要で(参考1)、その特徴は以下の文章で表される。基礎疾患や交通事故のような重度外傷(crush injury)を除けば、このような出血パターンを示す病態はほかに例がない²⁾³⁾⁶⁾(図1、図3、図4、図5、参考2)。

「全身や眼に基礎疾患がない状態で、きわめて多数の網膜出血が、後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、円周方向全周に、動脈と静脈の両方から、急性に、一過性に、両眼に同時に、起こる。」

i) 基礎疾患がない(参考3)

全身検査で網膜出血を起こす先天異常、代謝疾患、血液血管疾患、感染など⁷⁾⁸⁾がない。これらは入院後の全身検査で否定されている。眼の基礎疾患も眼科検査で否定される²⁾³⁾⁶⁾。

ii) きわめて多数の網膜出血

「多層性多発性出血」と呼ばれるが^{1)~6)}、正確に理解する必要がある(Q&A 4を参照)。

多層性：外傷であるので、出血の垂直分布は網膜の全層だけでなく、網膜上、硝子体、網膜下、時に脈絡膜にまで及ぶ。硝子体牽引により出血は大小と形態が多彩で、大量出血も起こる。毛細血管からの小さい点状出血(神経線維層では線状)が多い(図3、図4)。

多発性：出血が水平分布できわめて多い。眼底全体の分布を正確に観察し表現する必要がある(図1、図4)。

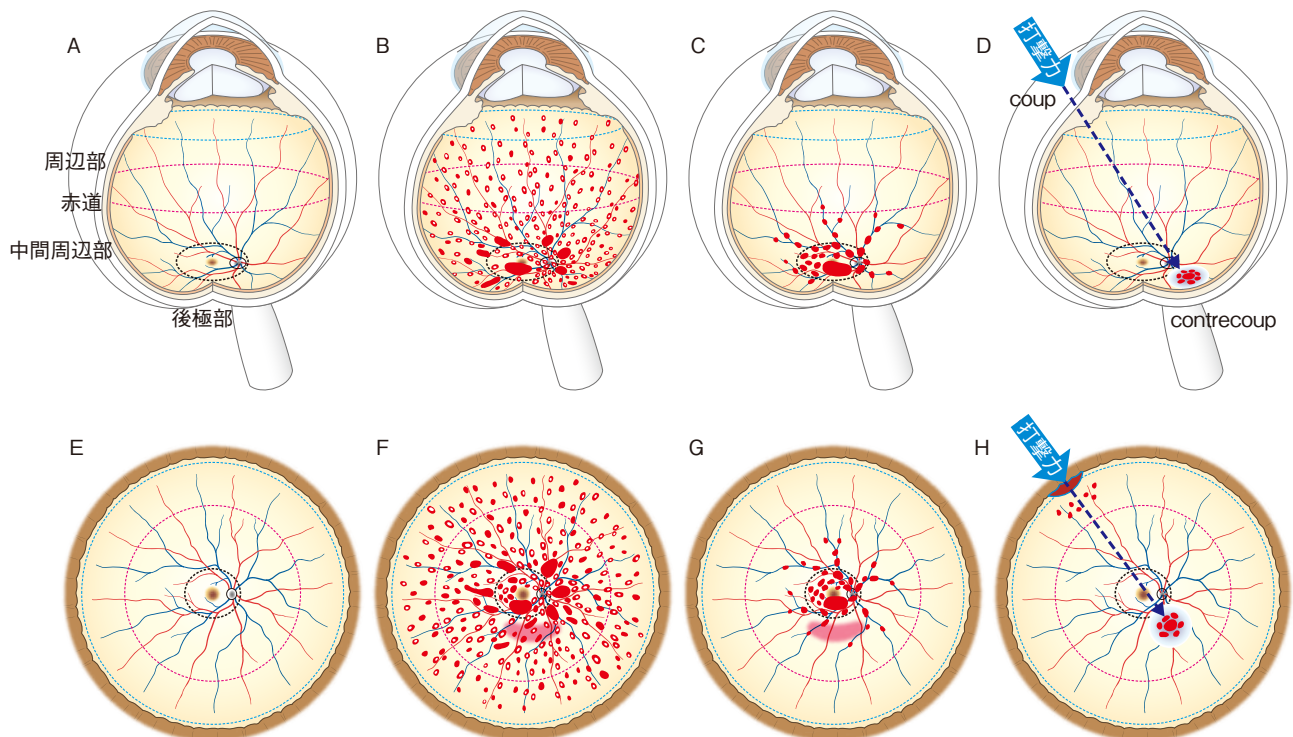


図 1 眼底の区域と出血の分布 [乳幼児の虐待による頭部傷害(abusive head trauma : AHT)(揺さぶり)と鑑別疾患の違い].

A : 正常眼の眼球断面図と眼底の区域.

B : AHT(揺さぶり)の眼球断面図.

C : 静脈血うっ滞の循環異常の眼球断面図.

D : 眼球外力による外傷(眼球打撲)の眼球断面図.

E : 正常眼の眼底チャートと眼底の区域.

F : AHT(揺さぶり)の眼底チャート.

G : 静脈血うっ滞の循環異常の眼底チャート.

H : 眼球外力による外傷(眼球打撲)の眼底チャート.

AHT(揺さぶり)は硝子体の牽引が網膜広域に働くので、後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、全周ではほぼ均一に(動脈と静脈の両方由来)出血する(B, F). C, G, D, HはAHT(揺さぶり)(B, F)の鑑別疾患であるが、疾患メカニズムが異なるので出血の分布と形態、由来血管が異なる. 静脈血うっ滞の循環異常(Terson 症候群, Valsalva 網膜症, 深部脳静脈血栓)(C, G)では、後極部付近あるいは少し広がる程度の出血にとどまり、静脈由来のみの出血で、静脈の枝に沿う. 眼球外力による外傷(眼球打撲)(D, H)では、打撲対側(contrecoup)に網膜振盪症(浮腫)があり、その中に出血する(動脈と静脈の両方由来). 打撲部位(coup)によって角膜、虹彩、水晶体損傷や鋸縁断裂や付近の出血を伴うことがある. C, Gで網膜中心静脈が完全閉塞し、網膜循環が全域で停止してB, Fになることはない. D, Hは形がまったく違い、外傷行為が繰り返されてもB, Fにはならない. 本手引きでは、AHT(揺さぶり)の特徴(B, F)とほか(C, G, D, H)との鑑別を述べている.

出血は各出血点・斑で血管壁が破綻しており、滲出・漏出の要素はない(Q&A 7を参照). 硝子体は網膜全域に接着しているので、きわめて多数の出血点・斑が後極部から周辺部まで起こり得る(参考4).

出血は硝子体が接着する網膜が主で、時に脈絡膜にもみられる(参考5).

外傷による微小血管壁破綻の出血であり、血管漏出(滲出)による血管原性細胞外浮腫や滲出斑(硬性白斑)、神経細胞傷害・細胞死(細胞性浮腫や軟性白斑)はみられない(第2章4, Q&A 7を参照).

iii) 後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、円周方向全周で

出血点・斑の分布を正確に把握することが何より重要である. 円周方向は全周である. 前後方向では網膜血管が多い後極部だけでなく、しばしば中間周辺部あるいは周辺部まで至る.

iv) 動脈と静脈の両方から

基礎疾患がない健常な動脈と静脈の両方から出血が起こり得るのは外傷だけである. AHTは外傷なので、動脈と静脈の両方から出血すると理解するのが重要なポイントである(参考6)(第2章4, Q&A 9, 10を参照).

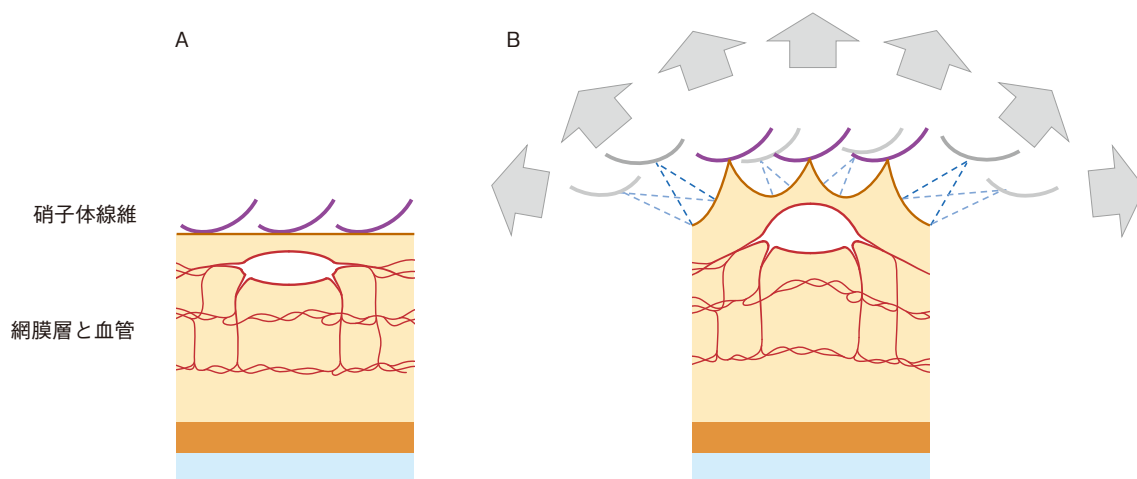


図2 AHT(揺さぶり)における硝子体線維の網膜に対する牽引。

A：乳幼児の硝子体線維は網膜表面に強く接着している。

B：硝子体線維の牽引によって網膜内の血管が破綻し出血する。

この図では網膜層と血管の変化が見やすいように垂直方向の動きを示しているが、実際には牽引力は硝子体の動きに応じてあらゆる方向に働く。殊に回転に伴って、網膜平面に対する接線方向の運動が大きく関わると考えられている。網膜毛細血管は後極部では3層から成り、硝子体に近い表層(神経節細胞層と神経線維層)の血管が破綻しやすいが、牽引が強ければ深層にまで及ぶ。

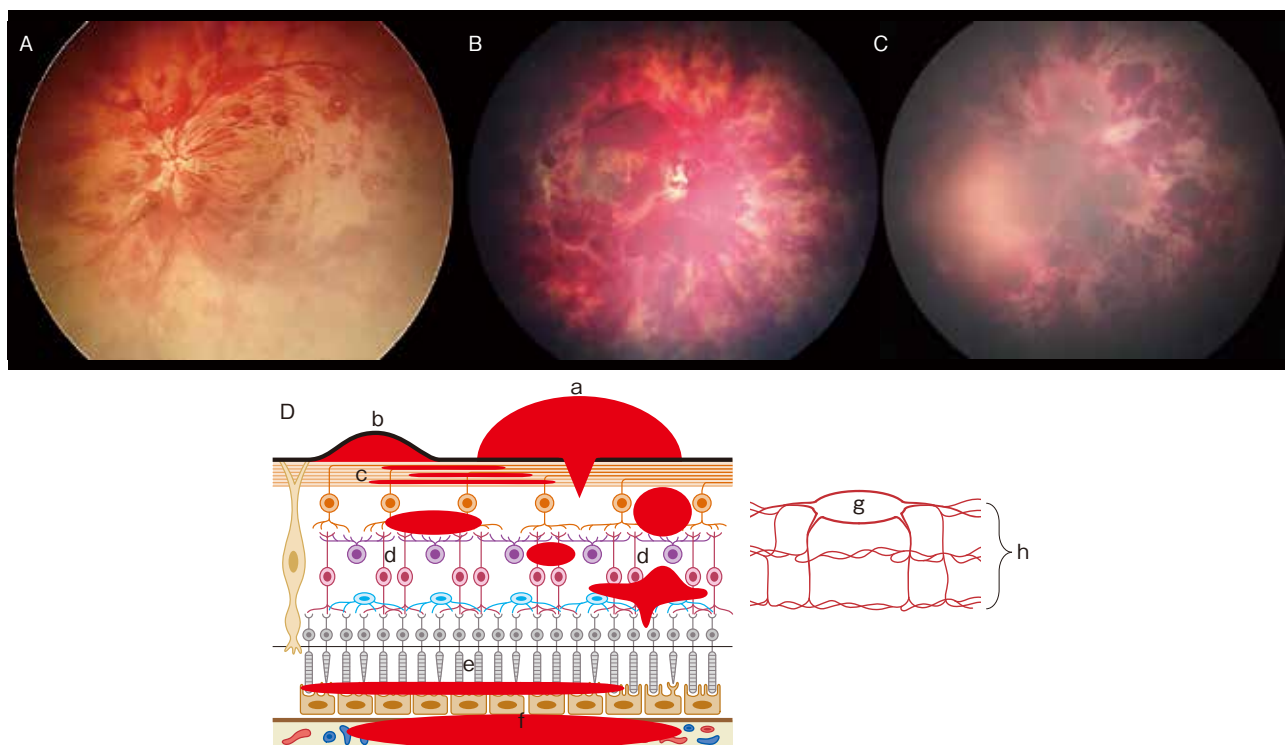


図3 AHT(揺さぶり)の後極部のさまざまな多層性出血。

A：(1か月男児，両眼多層性出血の左眼。急性硬膜下出血，びまん性脳浮腫。) B：(4か月女児，両眼多層性出血の右眼。急性硬膜下出血。) C：(11か月男児，両眼多層性出血の左眼。急性硬膜下出血，急性くも膜下出血。) D：出血部位のシェーマ。

出血は垂直方向で網膜内外に起こり、硝子体牽引が広範に及んだことが分かる。その部位は、網膜上(a：硝子体腔に広がる)、内境界膜下(b：分離を伴う円形)、神経線維層(c：線状)、それより下の網膜層(d：点状、斑状)、網膜下(e)、脈絡膜(f)(e, f：頻度は低い、いずれも広く染み出す形)であり、それぞれ出血の形態に特徴がある。網膜血管は、動脈と静脈(g)は神経線維層と神経節細胞層に、毛細血管網(h)はそこから外網状層まで分布するが、AHT(揺さぶり)は通常の網膜出血と異なり、血管・毛細血管周辺だけでなく網膜内外にまで広がりうる。後極部は血管分布が平面で密であり、垂直方向でも毛細血管網の層が多いので、中間周辺部・周辺部と比べて多層性出血が多彩である。AHT(揺さぶり)は硝子体牽引による外傷なので、硝子体寄りの部位で出血が多い。したがって、脈絡膜出血(f)は硝子体牽引力が遠方にまで及んだことを示している。網膜毛細血管網は後極部では3層から成るが、周辺部に向かって網膜が薄くなるにつれて中間層、深層の順で消失し、表層だけが残るので、硝子体牽引によるAHTでは周辺部まで毛細血管破綻による出血が多数分布する。

v) 急性に

外傷なので、短時間で起こり、新鮮血である。なお、時期を違えて繰り返し揺さぶられた場合は新旧混合出血となる。

vi) 一過性に

過去に出血があった痕跡はない。以後の経過観察で再出血は起こらない(参考 7)。

vii) 両眼に同時に

外傷としてはまれなことに、左右の眼球に同時に起こる(参考 8)。

viii) 硝子体牽引による網膜(層間)分離、網膜ひだを伴うことがある

硝子体の強い牽引力が働いた重要な証拠である。殊に網膜ひだは、網膜出血(血管壁破綻)、網膜分離よりも強い最大級の硝子体牽引力が働いたことを示す(第 2 章 5, Q&A 21 を参照)。

5. AHT(揺さぶり)の非典型例(少ない出血点・斑が後極部のみに分布する、あるいは出血がない症例)—動脈からの出血を探す

頭部の動きと硝子体牽引の程度の差によって、左右の眼で出血の程度に差ができる、出血点・斑が少ない、後極部のみに分布することがある⁷⁾(第 2 章 4, 7 を参照)。出血点・斑が多いほうの眼で後極部から中間周辺部あるいは周辺部に及んでいれば、前述の典型例の基準で考えることができる。出血点が少ない、後極部だけに分布する場合でも、出血が動脈と静脈の両方から起こっていることを確認できれば AHT と強く推認されるので、動脈からの出血を探すことが重要である(図 6A)。出血がきわめてわずか、あるいはない場合は、眼底での判定はできないため(図 6B)、脳やほかの全身症状で診断することになる⁶⁾。AHT の診断は眼科のみで行うことはなく、関係する診療科(小児科、脳神経外科、脳神経内科、整形外科、放射線科、病理学、法医学など)と協議する。

6. 眼底検査の方法

眼底検査の前に、眼位・眼球運動、瞳孔反応、外眼部、前眼部を観察する²⁾³⁾⁶⁾。脳傷害や全身の状態を考慮して検査を行う。

眼底は散瞳下の倒像検眼鏡で、全域を観察する²⁾³⁾⁶⁾。小児は体動や眼球運動で検査が難しいが、次項目のポイントに注意して観察する(本手引きの最後のチェックリストにも記載)。カルテ記載では眼底図(チャート形式、図 7)を描くことが重要である。

眼底撮影は、後での確認、全科の総合診断や児童相談所、司法への対応に大きく役立つ。出血や病変が派手な後極部だけ撮影しがちであるが、中間周辺部と周辺部が重要である^{13)~18)}。手持ち眼底カメラでも広角眼底カメラでも、できるだけ全方向を撮影する。眼底カメラがない、

あるいは撮影できない場合でも、眼底観察によるチャート図を描けば、写真に匹敵する証拠となる。

判断に迷う場合は、網膜や小児眼科の専門医師に相談する。その点からも、眼底チャート記載、眼底写真撮影が重要である。

7. AHT(揺さぶり)で確認すべき眼底の重要ポイント

初回眼底検査のチェックリストを本手引きの最後に添付する。

網膜出血は分布が重要で、さらに網膜分離や網膜ひだがあれば、硝子体の牽引が働いたことを証明できるので、以下の特徴を確認する。

i) 網膜出血—中間周辺部、周辺部の分布を観察する

数えきれないほどの多数の出血点・斑が後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、円周方向全周に分布する(図 1, 図 4)。外傷なので出血は動脈と静脈の両方から起こる。血管が多い後極部に多数の出血があれば区別は難しく、中間周辺部あるいは周辺部のほうが判断しやすい。小児の眼底検査で網膜の動脈と静脈を見分けるのは難しく、多数の出血で覆われていればまず不可能である。しかし、動脈と静脈が交互に走行する範囲で、これを含んで出血点・斑が大小や幾分の不均等はあってもほぼ均一に分布していれば、動脈と静脈の両方から出血したと認めてよい。「中間周辺部あるいは周辺部で、円周方向全周にほぼ均一に出血がある」ことが重要な判断基準となる(参考 9)。ただし、出血点の数は硝子体の動きや牽引の程度によって症例ごとに異なり、左右眼で差があることもあり、少ないあるいはない場合もある(図 6)。

眼底図に描いて記録することは重要で、眼底チャート枠を用いて区域を示す。少なくとも眼底全域を観察したこと(円で囲むなど)を記載する¹⁷⁾¹⁸⁾(図 7)。

眼底写真は出血の動脈・静脈由来の判別にきわめて有用である。血管に沿った出血で確認でき、動脈上の出血点・斑を捜す(図 4B)(Q&A 9 を参照)。

時期を違え繰り返し揺さぶられることもあるので、出血の新旧を判断することも重要である。

ii) 網膜分離—大きさと形をみる

硝子体の牽引によって大小の網膜分離がみられる(図 8, 図 9, 図 10, 図 11)。大きなものは網膜内大量出血が層を割って起こることもあるが、「小さいもの(1 乳頭径大やそれ以下、しばしば多数)」と「縁が不整形のもの」は硝子体牽引によると考える。分離内で血管が破綻し出血する。内境界膜分離下出血が多く、しばしば中心に白色点(Roth 斑)を伴う(図 10, 図 11)。

iii) 網膜ひだ—強い硝子体牽引の証拠となる

硝子体の牽引力がきわめて強く働けば、網膜全層が持ち上げられ網膜ひだを形成する(図 12)。後極部血管アーケードは硝子体接着が殊に強く、これに沿う輪状ひだ(主ひだ)が多い(図 13, 図 14)。網膜内(内境界膜下)

大量出血に伴って起こることもあるが、形状がまったく異なる(図15, 図16)(第2章5を参照)。硝子体牽引による網膜ひだは、主の輪状ひだに連続して直角あるいは放射状に伸びる尾根や山裾のような副次的ひだを伴うことが特徴である。さらに硝子体接着が強い部位に一致して、乳頭周囲の放射状ひだ、網膜血管に沿った枝状ひだがみられることもある(図13, 図14)。それらがなくても、網膜ひだの形成メカニズムを考えれば、ひだがあっても、それに接して病的増殖組織や大きな内境界膜分離下出血がない場合は、強い硝子体牽引が働いたと判断してよい(第2章5を参照)。

網膜ひだは超音波断層検査、光干渉断層計でも確認できるが、眼底検査や写真で容易に判断できる。網膜が牽引され折りたたまれると全層ごと血管が圧迫され出血が起りにくい。網膜ひだを捜すコツは、多数の出血点・斑がある中で「出血がほとんどない線状あるいは不整形の病変(隆起)」であり、隆起が顕著な場合は透明性を失って白色となる⁷⁾。

iv) その他の眼底所見

- ① 脈絡膜出血：硝子体牽引が深部まで及ぶが、網膜に比べて、限局的である。
- ② 乳頭周囲出血：乳頭領域にさまざまな深さ(網膜上～脈絡膜)で出血がみられることがある。乳頭周囲に強く接着する硝子体の牽引、Zinn-Haller 動脈輪由来や振動による視神経傷害、静脈血うっ滞(Terson 症候群など)が考えられるが、眼底検査では鑑別できない²⁾。
- ③ 乳頭浮腫：AHT で頭蓋内出血や脳浮腫に伴う頭蓋内圧亢進に関わる可能性はあるが、揺さぶりや打撃によっては起こらないと考えられている²⁾³⁾(参考10)

以上から眼底検査は AHT(揺さぶり)の診断に大きく寄与する。

基礎疾患がない状態で、「眼底出血が後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、円周方向全周に、動脈と静脈の両方から起こっている(ほぼ均一に分布している)」であれば、硝子体の牽引が網膜に全体的に働いた外傷であり、AHT を判断する重要なポイントである。「網膜分離や網膜ひだに硝子体牽引の所見がある」であれば、さらに有力な根拠となる。

AHT(揺さぶり)の非典型例は、出血が少ない、後極部だけに分布している場合である。動脈と静脈の両方から出血が確認されれば、AHT(揺さぶり)の有効な傍証となる(参考11)。基礎疾患がなければ動脈からの出血原因が外傷以外には考えにくいので、動脈からの出血を確認すればよく、眼底写真が有用で、動脈に沿った出血を探す(図6A)。

一方で、網膜出血がきわめてわずか、あるいはない場合であっても、AHT を否定するものでない(図6B)。揺

さぶり力が頭部に働いても眼球には及ばないこともあり得る²⁾³⁾⁶⁾。AHT は脳やほかの全身傷害も含めて全診療科で診断するものであり、眼科医はその一部を担う立場であることを認識する。

8. AHT(揺さぶり)の鑑別疾患

頭部に対する揺さぶりだけが硝子体側から網膜に対して全体的に力を加える原因となる。AHT(揺さぶり)では、硝子体が大きく動いて網膜全体を牽引し、網膜動脈と静脈の両方で血管壁を破綻させ、広域で出血する。

網膜出血を起こす AHT(揺さぶり)の鑑別疾患は、循環障害と眼球外からの打撲による外傷であるが、いずれも AHT(揺さぶり)のような広域の出血にはならない(図1)(詳細は第2章4を参照)。

i) 循環障害(静脈血うっ滞)

循環障害による動脈からの出血は特殊な場合のみで、後極部付近にとどまるので、静脈血うっ滞による静脈出血のみ考えればよい(第2章4, Q&A 9を参照)。静脈からの出血は、頭蓋内圧亢進(Terson 症候群)(図5A)、胸部圧迫、深部脳静脈血栓などがあげられるが^{19)~28)}、これらは後極部付近あるいは少し広がる程度の出血であって、網膜全域には広がらない²⁾³⁾⁶⁾(図1C, G, 図5A)。静脈うっ滞によって、網膜全域の虚血や網膜中心静脈の完全閉塞が起こること、もしも網膜中心静脈が重度に閉塞した場合に視神経や脳にも同様の血管閉塞が起こらないことは、血液循環の仕組み上、考えにくい(第2章4, Q&A 11~14を参照)。重篤な網膜出血にかかわらず、急性虚血の所見(軟性白斑)や後遺症(神経線維欠損、静脈白鞘化)は、AHT ではみられない(参考10)。

ii) 眼球外からの打撲外傷

一撃の外力による眼球の鈍的外傷(直接打撲)では打撲部位(coup)と対側(contrecoup)だけに出血する^{29)~31)}(図17)。AHT で顔面打撲を伴えば、これが関わっている可能性があるが、揺さぶりによる出血とは形態と分布が異なる(図1D, H, 図5B, 図17)。また、眼球打撲であれば、同時に眼瞼や前眼部の損傷があるので判別できる。

上記 i) ii) のいずれも、AHT(揺さぶり)のように出血点・斑の分布が後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで及び、円周方向が全周で、ほぼ均一にはならない(図1)(参考12)。

9. 揺さぶり以外(打撲)による AHT の眼所見

頭部とともに上顔部に打撃を受ければ、眼瞼や角膜、虹彩、水晶体の外傷が起こり得る。眼底では打撲部位(coup)と対側(contrecoup)に傷害を受け、硝子体基底部付近の出血や鋸状縁断裂による網膜剝離、対側の網膜脈絡膜の出血や傷害が起こることがある(図1D, H, 図17)。眼瞼や皮膚の痣(あざ)や皮下血腫があれば、眼球に打撃傷害があることを疑う。いずれも眼外傷であるので成書に

譲り⁷⁾⁸⁾³⁰⁾³¹⁾、本手引きで詳細は省略する(第2章13を参照)。

きわめて激しい打撃によって、眼窩骨折を伴って眼球

が眼窩ごと変形すれば、網膜出血や他の眼球傷害が起こり得るが、例外的である。眼窩を含まない頭部頭蓋の打撲では、一般に眼球に傷害は起こらない²⁾³⁾。

参 考

【参考 1】

ここに述べる典型例(後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、全周の広域出血が両眼あるいは片眼)は、日本では AHT(揺さぶり)と AHT(揺さぶり+打撃)の 80~85% でみられると報告されている¹³⁾。判断基準が異なるが、欧米では、AHT 全体(揺さぶりと打撃すべて合わせて)で網膜出血を伴わないのが 25%，mild および moderate の出血が 1/3 を占めるとされている⁶⁾。

【参考 2】

硝子体の接着が強い後極部(血管アーケード、乳頭周囲、血管上、硝子体基底部近傍)や^{32)~35)}、血管の密度が高い後極部で出血が起こりやすい²⁾³⁾⁶⁾。しかし、硝子体は網膜全域に接着しているので、毛細血管由来の小さい出血点や内境界膜下出血が多い。大きな出血、硝子体出血、網膜前出血、網膜下出血、脈絡膜出血も起こる。

【参考 3】

基礎疾患をもつ児が虐待を受けることがあり、その場合は考慮を要する。なお、虐待による全身変化(けいれん、一過性の血液や代謝異常)は広域の網膜出血の原因にならない²⁾³⁾⁶⁾(第2章12を参照)。

【参考 4】

硝子体牽引の程度で出血が少ないことや症状がないこともある(図6)(第1章5、第2章4、7、Q&A 10を参照)。

【参考 5】

揺さぶりによって視神経や眼窩組織の出血も想定されるが、眼底検査では同定できない。ここでは AHT(揺さぶり)について述べているが、診療では打撃による眼瞼や角結膜、虹彩などの傷害の有無にも注意が必要である(第2章13を参照)。

【参考 6】

動静脈の判別は小児の眼底検査で難しく、多数の出血で覆われていればまず不可能である。動脈と静脈が走行する領域を想定して、出血がほぼ均一に分布しているかをみる(第2章4を参照)。

【参考 7】

揺さぶりが繰り返されれば、新旧混合となる。

【参考 8】

左右差がみられる場合、まれには片眼性や眼所見がない場合もある(第2章7を参照)。

【参考 9】

AHT(揺さぶり)の網膜出血における動脈と静脈由来の考え方については第2章4を参照。出血の分布について、完全な均一を追求する必要も、網膜全域にわたって細かく確認する必要もない。周辺部か中間周辺部で判断でき、動脈と静脈が交互に走行していると思われる領域で、これを含んで、出血点・斑が大小や幾分の不均等はあってもほぼ均一に存在していればよい。倒像鏡検査で観察レンズを少し手前に引けば、かなり広域で出血分布を概観できる。

【参考 10】

AHT(揺さぶり)では乳頭浮腫が起こることがあるが、頭蓋内出血に伴う髄液圧亢進(Terson 症候群)などが関わりと考えられている²⁾³⁾。網膜出血に Terson 症候群が一部関与したとしても、後極部付近にとどまり、広域にはならない²⁾³⁾⁶⁾(第2章4を参照)。したがって、AHT(揺さぶり)の広域出血において、Terson 症候群による出血が併存するかは判別しにくい。出血分布の広さから AHT を診断することを何ら妨げない。なお、揺さぶりや打撃による視神経外傷があれば、後に視神経萎縮が起こり得る。

【参考 11】

基礎疾患がない状態で、動脈からの出血は外傷しか考慮する必要がないことは第2章4を参照。写真の撮影方法や状態などにより、動脈出血があっても必ず確認できるわけではないことにも留意する。

【参考 12】

網膜出血が両眼ともに後極部だけ、あるいはきわめて少なければ鑑別が難しいことがあり、眼底写真や全身症状を含めて検討する。また AHT では、きわめて強い打撃や繰り返し打撃が加わることがある(第2章13を参照)。

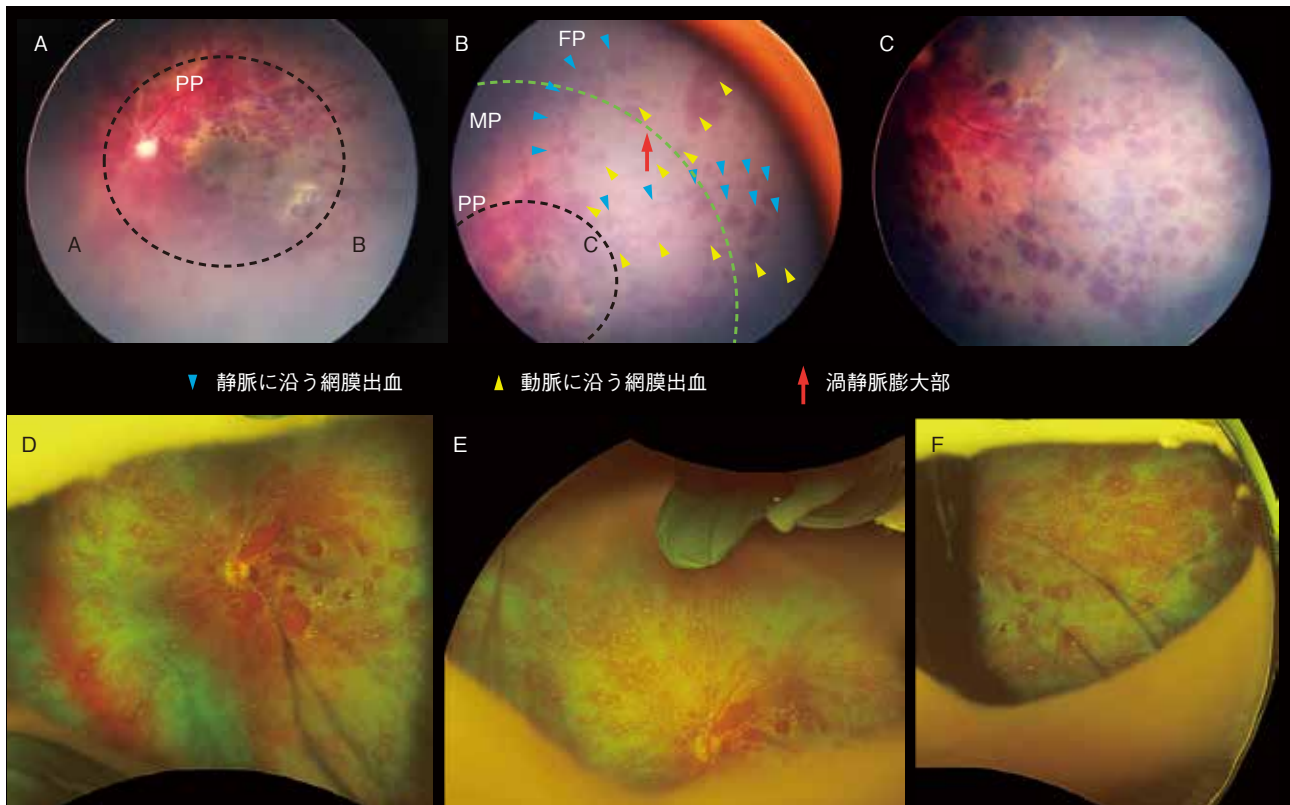


図4 AHT(揺さぶり)の眼底全域でほぼ均一な多発性出血。

A～C：(2か月男児，両眼網膜出血の左眼。意識不明と嘔吐を主訴に救急外来を受診。Computed tomography(CT)で急性硬膜下血腫，脳浮腫あり，骨折や打撲痕なし。眼底検査で両眼に広域多数の出血を認めた。) RetCam® で撮影。後極部(PP)は血管が多く，動脈と静脈の区別は難しい(A)。中間周辺部(MP)，周辺部(FP)では，出血点の大小や幾分の不均等があっても均一に分布していることが分かる(B, C)。動脈(黄矢頭)と静脈(青矢頭)の区別ができる(B)。

D～F：(2か月男児の左眼。体調不良を主訴に救急外来を受診。急性硬膜下血腫あり，骨折や打撲痕なし。眼底検査で広域多数の出血を認めた。) Optos® で撮影。後極部(D)，上方中間周辺部(E)，耳側周辺部(F)のいずれもきわめて多数で大小の出血点・斑が分布している。出血がないようにみえる区域も，きわめて小さい出血点が散在している。硝子体の牽引は網膜全体に働くが，どこでも完全均一ではないことを意味する。目立つ大きさの出血点を円周方向で観察するだけで，動脈と静脈の走行や区域と関係なく出血点・斑が分布していることが分かり，この「ほぼ均一」な分布を確認すれば，出血が動脈と静脈の両方から由来することを証明できる。眼底検査でも全体的に把握できるが，適切な眼底写真では動脈と静脈を確認することが可能である。

(A～Cは文献13より規定に基づき転載)

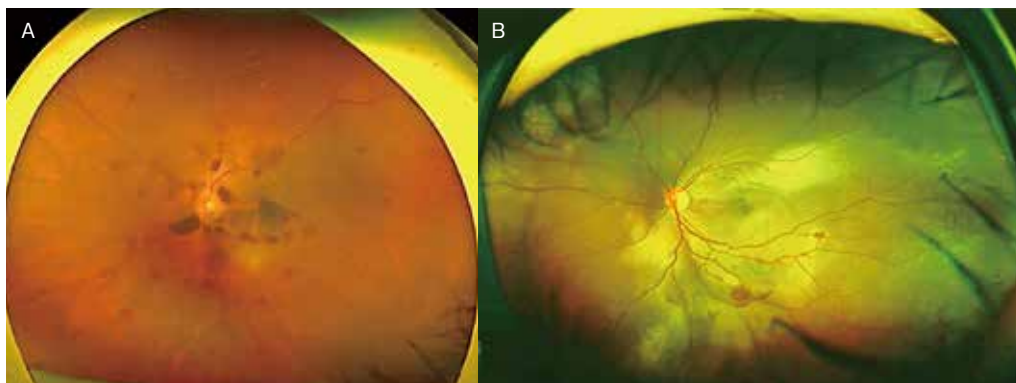


図5 AHT(揺さぶり)の鑑別となる網膜出血の広角眼底所見。

A：(76歳男性，左眼。くも膜下出血に伴うTerson症候群。)主に後極部に出血が多く，中間周辺部では静脈に沿って出血する(図1C, G)。加齢変化がなく伸展性に富む小児の血管は，さらに出血しにくい。

B：(14歳男性，左眼。野球のボールによる眼球打撲。)後極部を中心に広い網膜振盪症があり，その中に出血する(図1D, H)。中間周辺部，周辺部を観察すれば，AHT(揺さぶり)の広域で均一に分布する出血(図1B, F, 図4)とはまったく異なることが分かる。

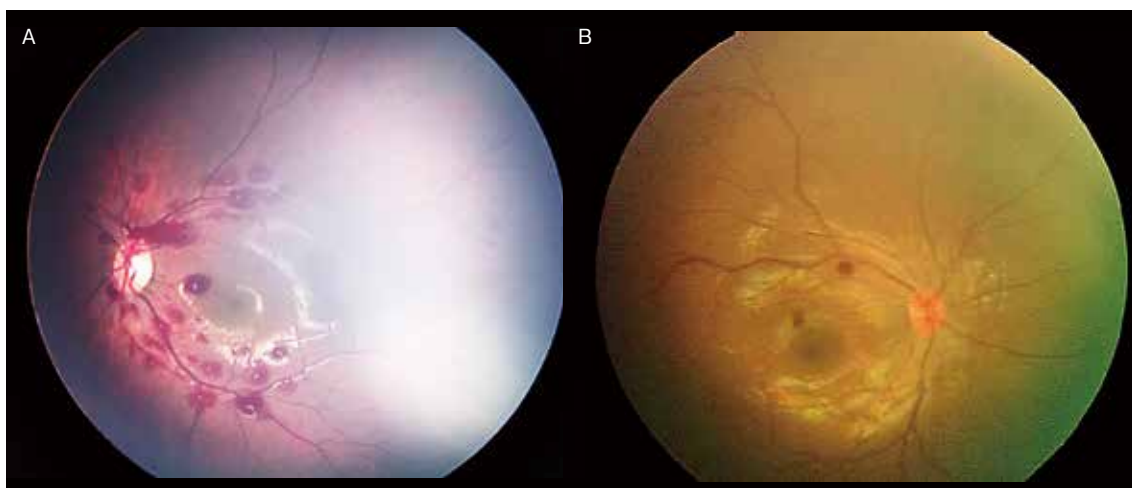


図 6 AHT(揺さぶり)の後極部の少ない網膜出血。

- A : (8 か月男児, 両眼網膜出血の左眼. 急性硬膜下出血.) 網膜出血が少なければ, 後極部でも動脈と静脈の由来が分かる. 血管に沿った線状の表層出血点・斑で判断する.
- B : (3 か月男児, 両眼網膜出血の右眼. 急性くも膜下出血, 頭蓋骨骨折.) 両眼とも網膜出血が少ない, あるいはなければ, 眼底から AHT(揺さぶり)と判断できない場合がある.

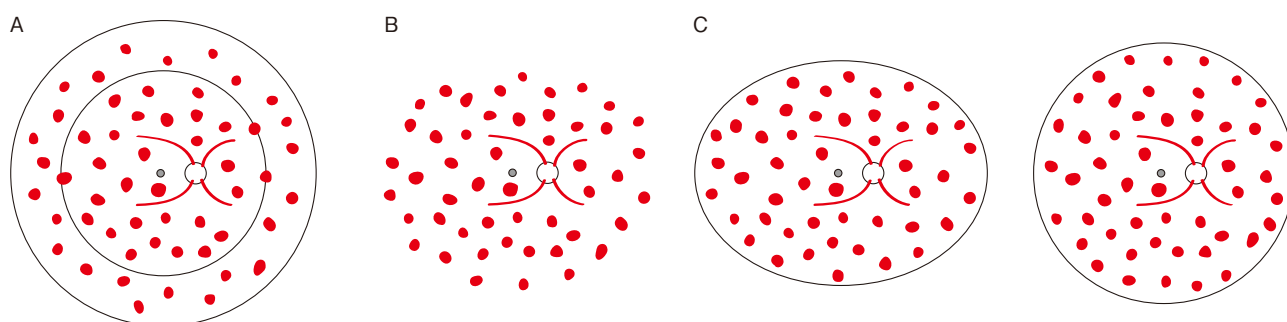


図 7 眼底の記載法.

大量出血は別として, 細かい出血の数や大小, 時計時間による病変の正確な位置までは必要ないが, 赤点で分布の概要(多数, 全周, ほぼ均一)が分かるよう記載することが重要である.

A : 眼底チャート図として, 赤道と鋸状縁近傍を示す2つの円を書いて分布を示すことが最も適切である.

B : 乳頭と血管4本だけでは分布が分からない.

C : 少なくとも, 倒像鏡で見える範囲の意味で円や楕円で囲むが, A のほうが正確な記録となる. さらに, 文字で「範囲(全周, 中間周辺部あるいは周辺部まで)」, 「ほぼ均一出血」, 「出血が新鮮あるいは新旧混合」を記載することが好ましい.

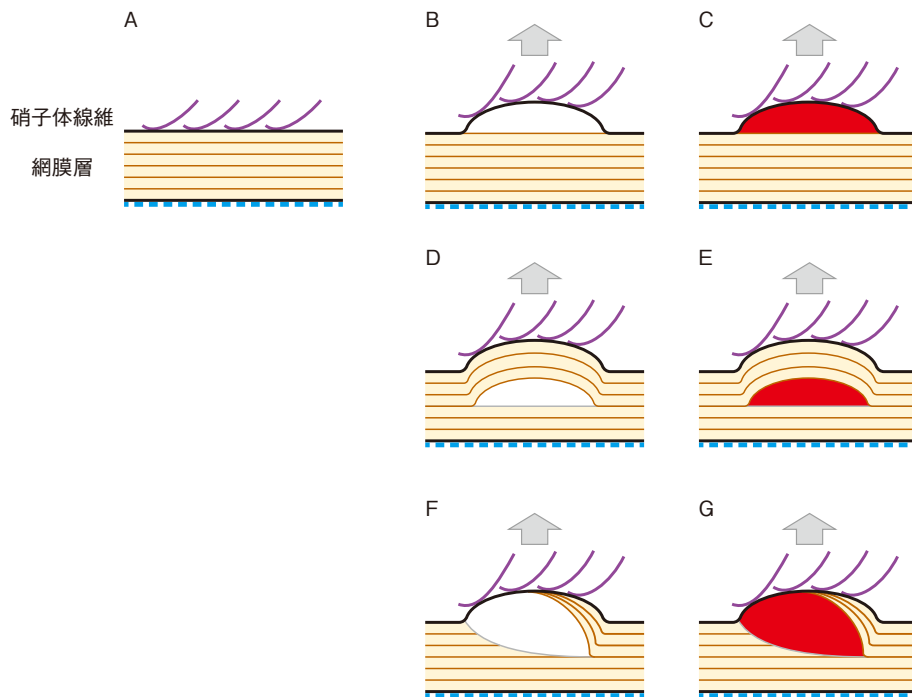


図 8 網膜分離の発生メカニズム。

網膜表層に接着する硝子体線維(A)の牽引(矢印)によって層構造が割れて網膜層間分離が起こる。内境界膜分離(B, C)が多いが、層間分離(D, E)や混合(F, G)も起こる。分離によって血管が破綻すれば出血する(C, E, G)。大量出血の流入が層間を割ることによっても網膜分離が起こるが、小さい径の分離や円形でなく不整形であれば硝子体線維の牽引による。図2と同様に、網膜に働く力は垂直方向だけでなく、あらゆる方向であり、回転に伴う網膜平面に対する接線方向が大きく関わる。

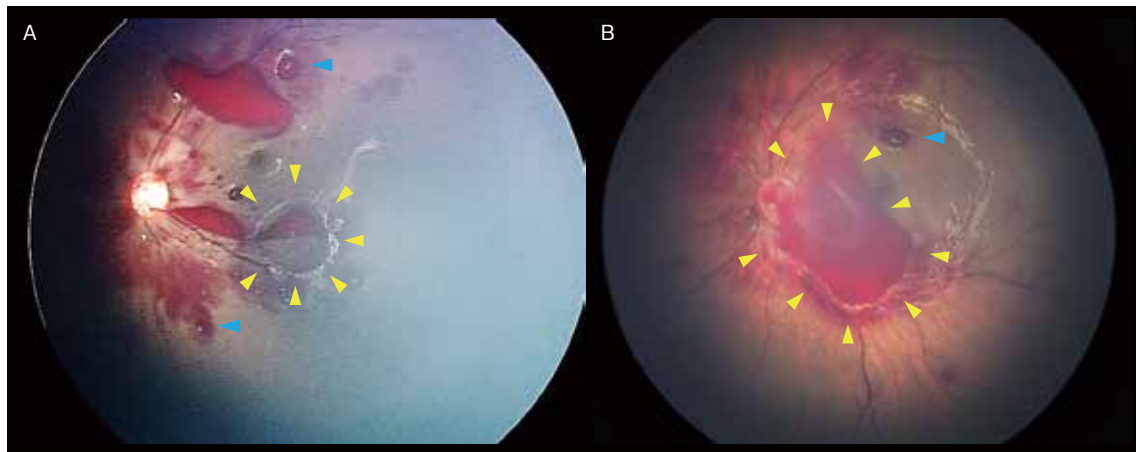


図 9 AHT(揺さぶり)の出血を伴う網膜分離。

A: (10 か月男児, 両眼網膜出血と網膜分離の左眼。急性硬膜下出血, 急性くも膜下出血。) 網膜は、円形の分離(黄矢頭)の上半分は内境界膜分離, 下半分は網膜層が厚く破れていて出血が暗くみえる。
B: (4 か月男児, 両眼網膜出血と網膜分離の左眼。急性硬膜下出血, 頭蓋骨骨折。) 不整形な網膜分離(黄矢頭)は硝子体の牽引によって起こる。上部は網膜層が破れ, その下の血液は暗くみえる。
A, B いずれも小さい出血性分離(青矢頭)があり, 表面に内境界膜の反射がみられる。硝子体牽引による小さい内境界膜分離である。これらの不整形と小さい網膜分離の出血は, 大量出血が層を割る(図 15)メカニズムとは異なり, 硝子体牽引によって網膜層間分離が起こり, 架橋血管が破綻することによる。

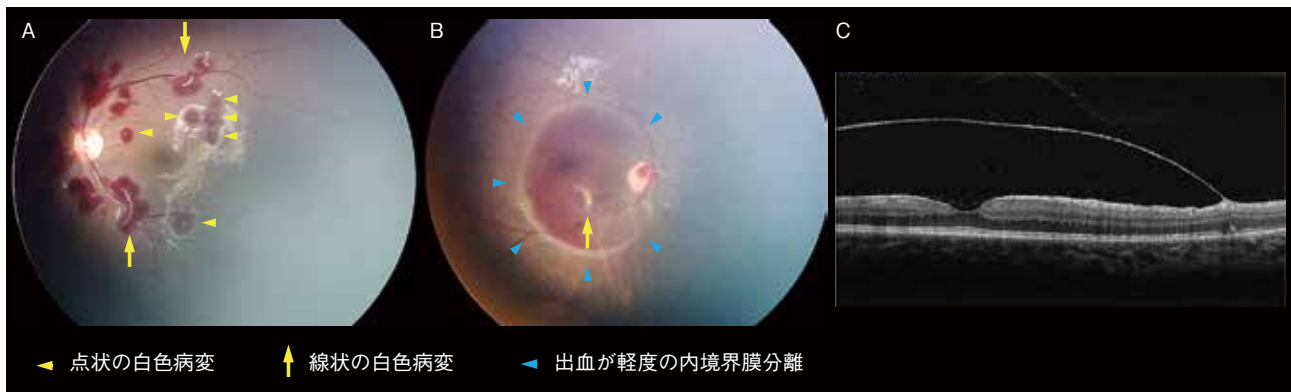


図 10 AHT(揺さぶり)のさまざまな内境界膜分離と白色病変.

- A : (20 か月男児, 両眼網膜出血と内境界膜分離の左眼. びまん性脳浮腫.) 網膜分離は小さい円形(黄矢頭), 不整形(黄矢印)があり, 表面に分離した内境界膜分離が認められる, 白色病変の形もそれに応じてさまざま, 線状もある(黄矢印).
- B : (7 か月女児, 両眼網膜出血と内境界膜分離の右眼. 急性硬膜下出血.) 出血が非常に少ない内境界膜分離(黄矢頭). 中央の白色病変は線状形である.
- C : B の光干渉断層計像. 内境界膜が剥離した下の網膜層構造は傷害されていない. 白色病変は明瞭でない. これらの不整形, 小さい, 出血が少ない内境界膜分離は, 大量出血によるメカニズム(図 15)とは異なり, 硝子体の牽引によって起こる.

(文献 13 より規定に基づき転載)



図 11 AHT(揺さぶり)の白色病変(白点)を伴う網膜出血.

- (3 か月女児, 同一症例の両眼出血の右眼(A)と左眼(B). 急性くも膜下出血.) 白点は血餅の中心で赤血球を捉えきれなかったフィブリン(Roth 斑)であると考えられる. 出血, 白色組織とも明瞭にみえるので, 網膜表層すなわち神経線維層の線状出血あるいは内境界膜下の円形出血である. しばしば, 表面に内境界膜の反射が認められる. このようなきわめて多数の小さい出血点, 出血性内境界膜分離は, 硝子体の牽引による.

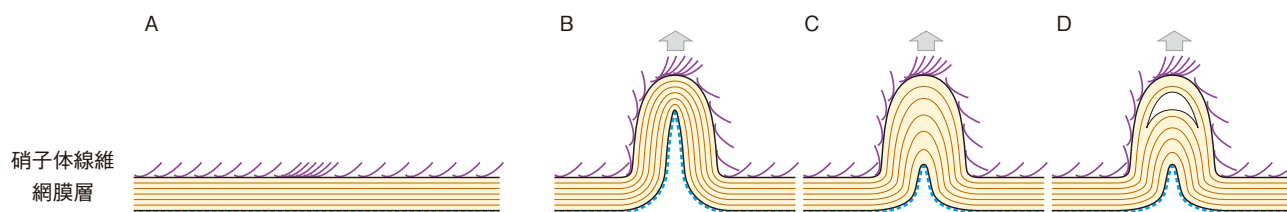


図 12 硝子体の牽引による網膜ひだの構造。

網膜層と硝子体線維の接着。線維が密に接着している部位が牽引されやすい(A)。図2と同様に、網膜に働く力は垂直方向だけでなく、あらゆる方向であり、回転に伴う網膜平面に対する接線方向の力が大きく関わる。ひだの層構造には、全層がそのまま持ち上がる(B)、剝離が少なく層が伸びる(C)、層間分離を伴う(D)があるが、いずれも層が大きく変形すれば細胞配列が乱れるので、透明性を失って白色となる。

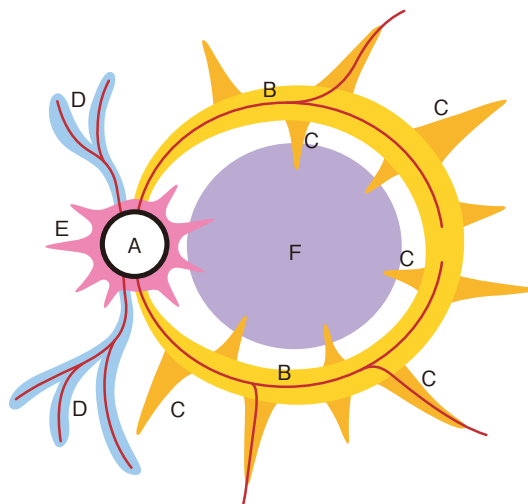


図 13 硝子体の牽引による網膜ひだの好発部位。

左眼後極部から中間周辺部のシェーマ。Aは視神経乳頭。硝子体が網膜に強く(線維の数が密に)接着する部位に網膜ひだが形成される。主たるものは網膜血管アーケードに沿う輪状ひだ(B)で、そこから尾根・山裾状に副次ひだ(C)が伸びる。一部は血管の分枝に沿う。ほかの血管の枝に沿うひだ(D)は、血管を囲む白色の線状病変として観察される。乳頭縁(E)は硝子体の接着がきわめて強いが、神経線維が網膜から乳頭内に走行するので、剝離せずに輪状に盛り上がるにとどまり、そこから放射状の小さなひだがみられる。黄斑領域(F)ではひだや不整形隆起が形成される。

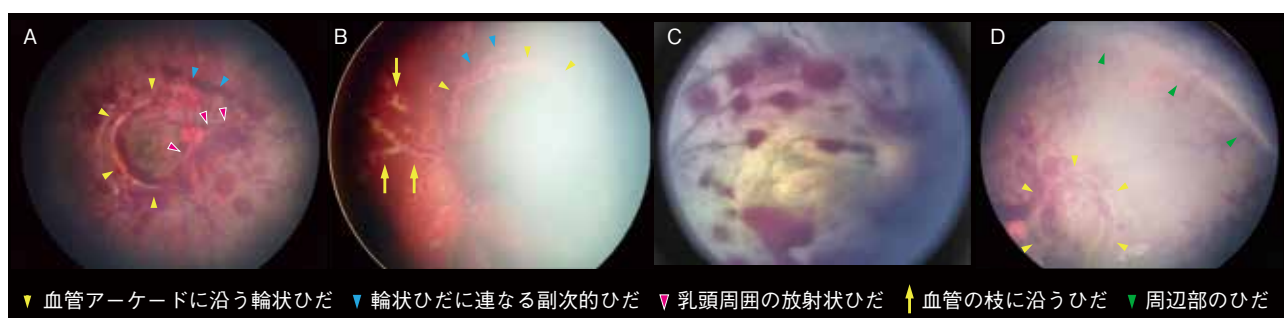


図 14 AHT(揺さぶり)の硝子体牽引によるさまざまな網膜ひだ。

- A: (1歳2か月男児, 両眼網膜出血, 網膜ひだの左眼。急性硬膜下出血, びまん性脳浮腫。)
- B: (5か月女児, 両眼網膜出血, 網膜ひだの左眼。急性硬膜下出血, びまん性脳浮腫, 脳実質傷害。)
- C: (3か月女児, 両眼網膜出血, 網膜ひだの右眼。急性硬膜下出血, びまん性脳浮腫。) 黄斑領域にも硝子体が強く接着しているので, さまざまな方向のひだや不整形の隆起, 中心窩を囲むひだや隆起が形成される。
- D: (5か月女児, 両眼網膜出血, 網膜ひだの左眼(Bと同一症例。)) 周辺部の硝子体基底後縁に沿って円弧状ひだ(緑矢頭)がみられる。

硝子体が網膜に強固に接着している部位に応じて, さまざまな網膜ひだが形成される。硝子体の接着が強い後極部血管アーケードに沿って輪状ひだ(黄矢頭)が形成され, それに連なる尾根・山裾状に伸びる副次的ひだ(青矢頭)を伴う(A, B)。乳頭縁から放射状に伸びるひだ(ピンク矢頭)(A), 血管の枝に沿ったひだ(黄矢頭)(B)がみられる。これらはきわめて強い硝子体の牽引力によって網膜が持ち上げられたことを示す重要な証拠となる。

(B, Dは文献13より規定に基づき転載)

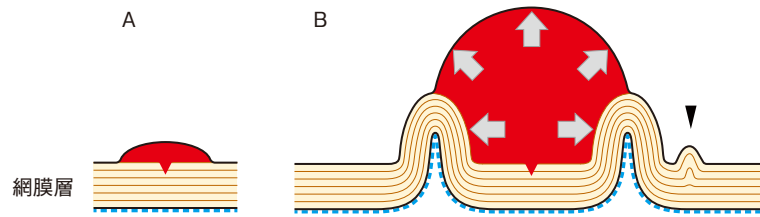


図 15 内境界膜下大量出血による網膜ひだ.

A : 内境界膜下出血.

B : 大量出血の張力(矢印)によって, 縁の網膜が持ち上がる. 網膜は外方へ押し出されるので, 主ひだの外側に同心円状の副次的ひだができる(矢頭).

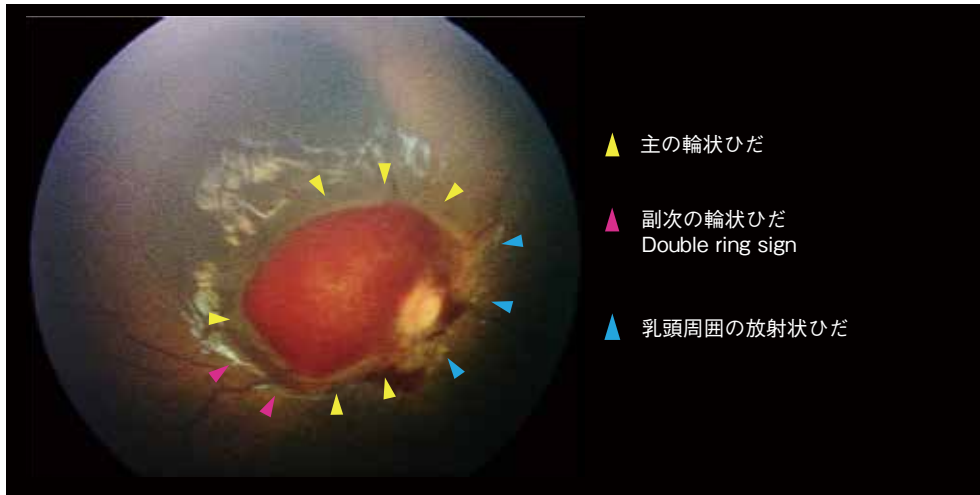


図 16 AHT(揺さぶり)の内境界膜分離下大量出血と硝子体牽引の両方のメカニズムによる網膜ひだ.
(8 か月女児, 右眼. 左眼は網膜出血のみ. 急性硬膜下出血, 硬膜下水腫.) 輪状ひだ(黄矢頭)の内側では大きく内境界膜が分離し, 大量出血がみられる. 輪状ひだの外周に沿って, 同心円形に小さいひだ(皺)と網膜下出血がみられる(double ring sign, ピンク矢頭). これらは内境界膜下大量出血に伴う網膜ひだの特徴である. 出血下の網膜層は圧迫によって平坦であるが, 出血で覆われているのでここではみえない. ニボーを形成していれば確認できる. 一方で, 視神経乳頭縁から放射状に伸びるひだ(青矢頭)は大量出血では起こり得ず, 硝子体の強い牽引が働いた証拠である. ここでは, 内境界膜下大量出血と硝子体牽引の2つのメカニズムが働いたことが分かる.

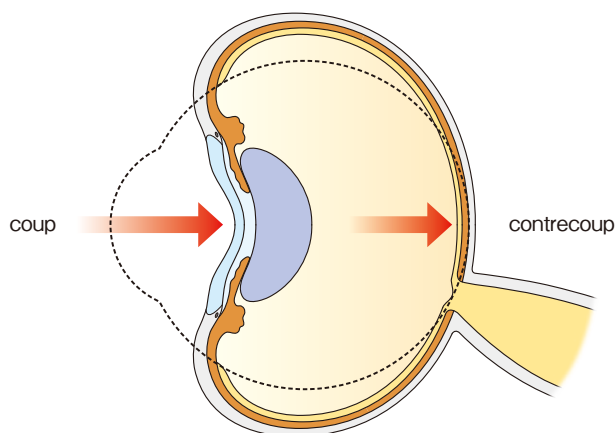


図 17 眼球打撲の coup-contrecoup 外傷.

眼球外力による打撲では, 眼球が変形して中が動き(矢印), 打撲部位(coup)と対側(contrecoup)だけが傷害される(赤矢印). 眼球は眼窩骨, 脂肪組織, 外眼筋で保護されているので, 打撲部位(coup)は前眼部や毛様体付近に限られ, 対側(contrecoup)は後極部付近になることが多い.

第2章 詳細版 乳幼児の虐待による頭部傷害 (abusive head trauma : AHT)の眼底の考えかた

—日本眼科学会, 日本小児眼科学会, 日本網膜硝子体学会, 日本眼循環学会の見解—

乳幼児の虐待による頭部外傷で、暴力的な強い揺さぶりによるものは shaken baby syndrome(SBS)と呼ばれていたが、頭部や顔面を打ちつける場合もあり、現在は子どもの頭部に暴力的な揺さぶりあるいは鈍的外力、またはその両方が意図的に加えられたことで生じる外傷を abusive head trauma(AHT)としている。米國小児科学会では、以下のように定義している²⁾。

“An injury to the skull or intracranial contents of an infant or young child(<5 years of age) due to inflicted blunt impact and/or violent shaking.”

SBSでは三徴候(硬膜下出血、網膜出血、脳実質異常所見)と言われていたが、AHTの概念になってさらに詳細な検討が行われている^{1)~5)}。しかし、眼底所見において依然「網膜出血」だけで表現されていることはきわめて不適切である。また「多層性多発性出血」が特徴と言われてきたが、これでも不足である。

これまでの諸見解や論文では、眼底の最も重要な評価基準である出血分布が十分に論じられていない¹¹⁾¹³⁾。しかし、出血や病変の形態や分布は眼底検査の基本であり、それを明確にすれば、メカニズムを考察し病態を的確に判断することができる。本手引きは網膜と眼循環の専門家によるAHTの眼底所見の見解を述べる。

AHTは揺さぶりと打撃の単独あるいは両方による場合、すなわちAHT(揺さぶり)、AHT(打撃)、AHT(揺さぶり+打撃)の3つがある¹⁾²⁾⁵⁾。しかし、頭部に打撃が及ぶ領域については眼科臨床に合わせて考える必要がある⁶⁾(参考13)。眼科においてAHTに関わる外傷は、打撃のタイプを含めて以下のように分類される。

① 暴力的揺さぶり

② 打撃

① 前方からの直達力による眼外傷(鈍的な眼打撲)

② 眼窩骨外傷を伴う(眼窩とともに眼球が大きく変形)

③ 眼窩(前頭骨)を除く頭部頭蓋骨の外傷のみ

このうち、一般に②の③は眼球に影響が及ばない²⁾³⁾。②の②は crush injury(交通事故や高所落下、重い物に眼窩ごと押しつぶされる事故など)のようなきわめて強い外力でなければ眼球傷害が起こりにくく、眼窩骨折を伴うような打撃を受けた場合に限られる(第2章13を参照)。したがって、AHTの眼傷害で主に論ずべきは、「① 暴力的揺さぶり」と「②の① 前方からの眼外傷」であるが、両者で眼所見は大きく異なる。さらに、「②の① 前方からの眼外傷」は、眼瞼や角結膜の傷害を伴うことが多いので判別できるうえに、程度の差はあれ年長児や成人と変わりはなく、眼科医にとってなじみが

深い。以上から、本手引きでは、AHTを理解するうえで重要なAHT(揺さぶり)を中心に述べる。

AHT(揺さぶり)の典型例は数えきれないほどの出血が網膜全域に分布することが最も重要な特徴であり、網膜分離や網膜ひだも病因を理解する重要な所見である。

眼は透明組織(角膜・水晶体・硝子体)を通して、血管を病理の顕微鏡レベルで生体観察できる唯一の臓器である。網膜血管の動脈と静脈を区別し、毛細血管手前まで観察できる。出血の由来や組織傷害の傷跡から病変の発生メカニズムを考察すると、形態学的にも循環学的にも、AHT(揺さぶり)の眼底所見は主に硝子体の牽引が網膜を傷害したことを示している。さらに、網膜傷害に働いた力の範囲と程度を評価することができるので、眼底検査は診断に大きく役立つ。したがって、AHT(揺さぶり)の発生メカニズム「硝子体の牽引」が眼底にどのように作用し、病変として現れるかを中心に解説する。

1. AHTへの眼科医の関わり

AHT患児が眼症状を訴えて眼科を受診することはきわめてまれである。頭蓋内出血に伴う意識障害やけいれん、打撲などの全身症状によって小児科や救急外来を受診し、その後に眼科が眼底検査を依頼されるのが一般的である(Q&A 1を参照)。もし眼科医が眼球や頭部の打撲などでAHTを疑われる眼底所見をみた場合は、自身のみで判断せず、総合的に判断できる病院へ直ちに送るべきである。大学病院や総合病院の多くには虐待の専門チームがあり、病院として総合的に対応している。

AHTでは関連する診療科によって頭蓋内出血、全身状態を含めて検査が行われ、関与する全診療科(眼科、小児科、脳神経外科、脳神経内科、整形外科、放射線科、病理学、法医学など)で総合的に診断が行われる^{1)~6)}。眼科医はここに参加して意見を述べるが、眼底所見から得られる情報は診断に大きく寄与する。さらに児童相談所や司法関係から多くの問い合わせが寄せられるので、本手引きを理解し対応することが望まれる。

2. AHT(揺さぶり)の網膜出血や網膜病変の特徴 —他の疾患と大きく異なることを認識する

AHT(揺さぶり)典型例の網膜出血について、硝子体が網膜を全体的に牽引する解剖学的変化を理解する必要がある。(図1, 図2, 図3)(参考14)。

① 全身検査で眼症状を起こすような基礎疾患(先天異常、代謝疾患、血液血管疾患など)がない。眼検査で眼の基礎疾患もない¹⁾²⁾³⁾⁶⁾(参考15)。

- ② 網膜の広域にきわめて多数の出血が起こる：基礎疾患がない状態で、このような広範囲かつ多数の出血をみることは AHT 以外にはまずありえない²⁾³⁾⁶⁾。「多層性多発性出血」と呼ばれるが^{5)1)~6)}、十分に理解する必要がある (Q&A 4 を参照)。
- 多層性(出血の垂直分布)：網膜全層、網膜上、硝子体、網膜下、時に脈絡膜に及ぶ。網膜出血疾患の多くは、毛細血管が存在する網膜表層から中層までの出血にとどまるのに比べて、AHT(揺さぶり)は外傷であるので垂直方向の出血範囲が広い。なかでも硝子体牽引力が及びやすい網膜表層(神経節細胞層、神経線維層)の点状・線状出血が多い(図 3)(参考 16)。
- 多発性(出血の水平分布)：分布を正確に観察し表現する必要がある¹¹⁾¹³⁾。前後方向では後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで至る。円周方向は常に全周である。出血点・斑が密に分布し、周辺部まで及べばきわめて多数となる(図 1B, F, 図 4)(参考 17)(Q&A 4 を参照)。出血は血管壁が破綻することを意味する。これほどきわめて広域多発の網膜出血は、小児で血液疾患、感染症などの基礎疾患を除けば類をみない。したがって、出血の眼底分布を把握することが何より重要である。
- 硝子体の接着が強い部位(後極部の血管アーケードと枝、乳頭周囲、中間周辺部から周辺部に走行する血管、硝子体基底部近傍)や、血管の密度が高い後極部で多くのあるいは大きな出血が起こりやすい^{2)3)6)32)~35)}。しかし、小児の硝子体は網膜全域で密に接着しているので³²⁾³³⁾、毛細血管からの小出血点・斑が広く多数存在する。
- 外傷による微小血管壁破綻なので、循環障害のような血管からの漏出(滲出)所見(血管原性細胞外浮腫、後の硬性白斑)、神経細胞傷害(細胞膨隆による細胞性浮腫)・細胞死(軟性白斑、後の神経線維欠損、網膜変性、網膜静脈白鞘化)はみられない(参考 18)(第 2 章 4. Q&A 7 を参照)。
- ③ 主に網膜に重篤な出血が起こる(参考 19)。
- ④ 健常な網膜の動脈と静脈の両方から出血する。基礎疾患が否定されている状態で、動脈と静脈の両方から出血が起こるのは外傷だけである(参考 20)(Q&A 9, 10 を参照)。
- ⑤ 硝子体の牽引による網膜(層間)分離、網膜ひだを伴うことがある。
- ⑥ 左右の眼球に同時に起こる(参考 21)。
- ⑦ 広域多数の網膜出血、他の網膜病変は揺さぶられた機会に一斉に起こる。その後は再発しない。基礎疾患などの出血は、原因がなくなるか、血管脆弱が回復しない限り継続するので、再発しないことは大きな特徴である。AHT(揺さぶり)は機会を違えて繰

り返し揺さぶられたとしても、医療機関に発見され、虐待が起きない状況下では起こらない。これで多くの網膜出血疾患を鑑別から除外できる(Q&A 17 を参照)。

以上から、AHT(揺さぶり)の典型例は「眼や全身に基礎疾患がない状態で、網膜だけに、きわめて多数の出血が、広域に(後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで、円周方向全周に)、動脈と静脈の両方から起こり」、「網膜分離や網膜ひだを伴うことがあり」、「左右の眼球に同時に、急性、一過性に起こる」で表現できる。このような病態は小児眼底疾患では他に例がない。視力予後は、出血は消退し障害を残さないことが多いが、重篤な網膜出血や網膜分離、網膜ひだの病変が、殊に黄斑に及べば重篤な視力障害を来す³⁾⁶⁾³⁶⁾。広域多数の出血は一時的でも視力を障害するので、AHT(揺さぶり)は「臓器に広域な出血や病変が起こり、機能不全に陥る病態」とも認識できる。眼底検査は AHT の診断に大きな意味をもつので、正確に観察し記録することが眼科医の任務である。

3. AHT(揺さぶり)の眼底病変発生メカニズム —硝子体の牽引による網膜外傷である

AHT(揺さぶり)に特徴的な眼底所見は、「網膜広域の出血」、「網膜分離」、「網膜ひだ」である^{9)~13)}。特に重要なのは網膜出血で、① きわめて多数、② 主に網膜(一部は脈絡膜まで)、③ 後極から中間周辺部あるいは周辺部まで全周に、④ 動脈と静脈の両方で、血管壁が破綻することによって起こる。基礎疾患が否定されている健常動脈壁が(静脈とともに)破綻する原因は、特殊な循環障害(Purtscher 網膜症)を除けば外傷に限られるので、AHT(揺さぶり)の発生メカニズムは外傷である(第 2 章 4, Q&A 9 を参照)。

眼球外力による鈍的外傷(眼球打撲)では、打撲部位(coup)と対側(contrecoup)しか傷害されない^{29)~31)}ので、AHT(揺さぶり)と出血分布がまったく異なる(図 1D, H, 図 5B, 図 17)。AHT(揺さぶり)では、眼球が繰り返し暴力的に揺さぶられることによって、網膜に全体的に接着する硝子体が^{32)~35)}、さまざまな方向に強く牽引して網膜血管壁を広域で破綻させ、さらに網膜分離や網膜ひだも引き起こす。

AHT(揺さぶり)で硝子体の牽引力が原因であることは、多くの観点から明らかにされている^{2)3)6)13)37)~41)}。眼球はさまざまな組織から構成される複雑な臓器なので、隣接組織に病変が及びやすい。眼球壁(角膜、強膜)とその内側の虹彩、水晶体には影響がなく、血管豊富な脈絡膜にも少なく、最内側の網膜が中心に全域にわたって傷害が起こる場合、網膜に直接に力を加えられるのは硝子体だけである。

硝子体はコラーゲン線維で構成され、小児では均質で粘性が強く、網膜への接着はきわめて高度である³²⁾³³⁾。

硝子体手術で硝子体を網膜から剥がすことは不可能である³⁴⁾³⁵⁾。暴力的に強く揺さぶられることによって高粘度の硝子体が全体的に大きく動き、網膜全域に強い牽引力が加わると、網膜組織が血管を含めて傷害される。網膜は全方向に牽引されうるが、特に頭部の往復回転(角速度転換)に伴う網膜の接線方向の力が重要と考えられている^{3)6)13)37)~41)}(参考22)(Q&A 20を参照)。出血の数や程度は硝子体の網膜への接着程度に応じて異なる。硝子体接着は後極の血管アーケードや枝、視神経乳頭周囲、中間周辺部から周辺部の血管や硝子体基底部後縁に沿って強く(接着する線維の数が密)³²⁾³³⁾、大きな出血が起こりやすい²⁾³⁾⁶⁾。しかし、硝子体は網膜全域に接着しているので³²⁾³³⁾、小さい点状出血が毛細血管から多数起こる^{11)~13)}。

硝子体の牽引は網膜血管壁の破綻だけでなく、網膜層も断裂させて網膜(層間)分離を引き起こす。さらに網膜全層を持ち上げて網膜ひだを形成する^{13)37)~40)}。硝子体の接着が特に強い後極部血管アーケードや視神経乳頭周囲、網膜血管の枝³²⁾³³⁾に沿ってひだ形成される。眼底所見や光干渉断層計所見は、網膜分離や網膜ひだの形成に硝子体牽引力が働いた証拠を示している^{3)6)13)37)~40)}。

一般的に、物理的に作用した力の種類によって傷跡の形が異なることを考えても、AHT(揺さぶり)の傷跡が牽引力によることは明らかである(参考23)(Q&A 18を参照)。網膜に接着した硝子体線維の牽引力は、網膜に対して垂直、水平、回転いずれの方向でも破壊的に働くことができる(参考24)(Q&A 18, 19を参照)。硝子体が大きく動く場合、網膜には牽引力だけでなく圧迫力も働くが、硝子体腔内では牽引力のほうが破壊効果ははるかに大きい(参考25)(Q&A 18を参照)。

4. 網膜出血の硝子体牽引による発生メカニズム—AHT(揺さぶり)では出血の分布と動脈と静脈両方の由来が重要である

1) 血管壁破綻のメカニズム

一般的な出血のメカニズムを考えれば、AHT(揺さぶり)が外傷であること、鑑別疾患群との違いがよく理解できる。出血とは漏出・滲出と違って血管壁が破綻することであり(Q&A 7を参照)、その原因とメカニズムは以下の4つに分類される。

限局的で軽度な出血は別として、AHT(揺さぶり)典型例のような「網膜ほぼ全域にわたってきわめて多数の出血が、急性で一過性に起こる」は、以下4つの血管壁破綻メカニズムのいずれによるかを考えれば理解しやすい(参考26, 27)。AHT(揺さぶり)は硝子体が網膜を牽引する外傷なので、網膜動脈あるいは静脈の単独でなく、動脈と静脈の両方から出血する¹¹⁾¹³⁾。

i) 血管壁の脆弱

網膜の先天異常、血管腫、病的新生血管、感染、炎症などが原因となるが、眼底検査で容易に判断できる。全身性としては、加齢、代謝疾患(高血圧、動脈硬化、糖尿病など)、遺伝病がある⁷⁾⁸⁾。これらは疾患に応じて動脈、静脈、あるいは両方から出血するが、いずれも小児と関係ないか網膜出血を起こしにくいというえに、血管壁が慢性的に(時間をかけて)障害され、ひとたび脆弱になれば元の健常状態に戻らないので出血を繰り返す。AHT(揺さぶり)のような広域かつきわめて多数で、短時間のうちに一斉に、一過性で再発しない血管壁破綻とは異なる(参考26, 27)(Q&A 15を参照)。感染症などにより短期間、一過性に起こる出血もあるが、眼底や全身検査で判別できる(参考27~29)。

ii) 血液成分の異常

血液疾患による出血である。白血病などの血液細胞の増加、血小板・血液凝固異常による止血異常が代表的である。ほかに、血栓形成(多血症、血小板減少性紫斑病、血栓性微小血管障害など)、凝固亢進や溶血、血栓由来の播種性血管内凝固症候群も出血を起こす⁷⁾⁸⁾。動脈と静脈の両方から起こる。白血病はかなり広域に出血する場合もあるが、血液凝固能低下は大量出血や出血量増大に関与するものの、多数箇所では血管壁を破綻する原因にはならない。また、いずれも全身疾患であり、網膜局所だけに限局することはない。原因疾患が存在する限り、出血は継続する。いずれも血液検査で除外できる。

iii) 循環の異常

循環の異常による動脈由来の出血は特殊な場合にしか起こらず考慮する必要はない。鑑別すべきは静脈血うっ滞(頭蓋内圧亢進、胸部圧迫、深部脳静脈血栓)で、いずれも静脈のみから出血する。AHT(揺さぶり)では動脈と静脈の両方から出血する点、さらに循環障害に伴う広範な神経細胞傷害や細胞死がない点で異なる(参考27)。

iv) 外傷

動脈と静脈は網膜の同一平面にあるので、両方の血管壁が破壊され出血する。

上記 i) ii) iii) は内因性(体内の原因)、iv) は外因性(体外の原因)と呼ばれる。

i) ii) は基礎疾患と呼ばれ、入院後の精査によって否定される(参考28~30)。基礎疾患は治療などで原因が軽減あるいは消失しない限り、出血が続く(参考26, 27)。一過性に全身に起こる異常も、広域な網膜出血にはならない(参考31)(第2章12の8)を参照)。基礎疾患が否定されていれば、AHT(揺さぶり)で鑑別すべきは、iii) 血流の異常、iv) 外傷の2つである。この2つについて、さらに以下のように考えれば、広域多数の動脈静脈由来の出血原因が、iii)ではなく、iv)外傷であることが理解できる。

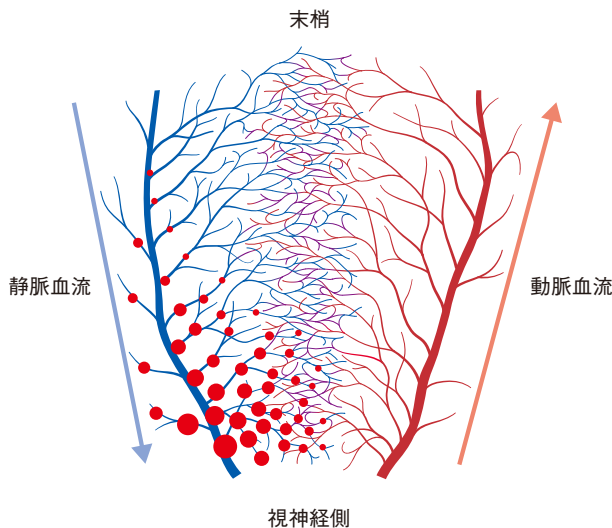


図 18 静脈血うっ滞による静脈出血の部位。

網膜中心静脈の閉塞によって網膜内で静脈血がうっ滞し、後極部から静脈出血が始まる。うっ滞が増強すれば、出血は周辺部に向かって、また毛細血管を遡って動脈に向かって広がる。しかし、出血部位では血流が停滞し網膜細胞死を来すので、AHT(揺さぶり)とは網膜細胞の状態が異なる。出血が中間周辺部あるいは周辺部まで広がること、動脈付近まで出血が及ぶこと(その場合は後極部の重篤な虚血となる)もない。静脈うっ滞による出血は、末梢側に向かい静脈や枝に沿って分布する(図 1C, G, 図 5A)。これに対して、AHT(揺さぶり)の出血は動脈と静脈の両方由来し、硝子体の動きに応じて、広がって分布する形になる(図 1B, F, 図 4)。

2) 循環の異常, 外傷との鑑別

i) 循環の異常(静脈血うっ滞)

大きく分けると、① 血圧上昇(動脈硬化, 血管狭小による)と② 大量の血液(血圧上昇も伴う)の2つが血管壁破綻の原因となる。しかし、小児では基礎疾患がなければ動脈硬化や血管狭小は起こらないので、② 大量の血液だけ考えればよい。

動脈における②では、血栓形成と大量血液流入が原因となる。動脈血栓は亜急性性心内膜炎などで起こることがまれで、塞栓部の限局的な小出血にとどまる。大量の血液が流入するのは胸部が極度に強く圧迫された場合(Purtscher 網膜症の一部)⁴²⁾であるが、動脈出血は後極部付近にとどまり、中間周辺部あるいは周辺部まで広がらない。出血下流は虚血となり、網膜浮腫や軟性白斑が生じる。したがって、このような限定領域に起こる特殊な動脈出血を鑑別として考慮する必要はない(参考 32)(Q&A 9 を参照)。

循環異常の② 大量血液で眼底広域に出血し得るのは、静脈血うっ滞だけである。静脈本幹が閉塞して末梢(上流)に向かって血液がとどまっていけば、静脈周囲で出血して、出血部位は次第に広がることになる(後極部から中間周辺部さらに周辺部へ、静脈の枝から毛細血管網さらに動脈へ)。静脈血うっ滞のうち、Terson 症候群(髄液

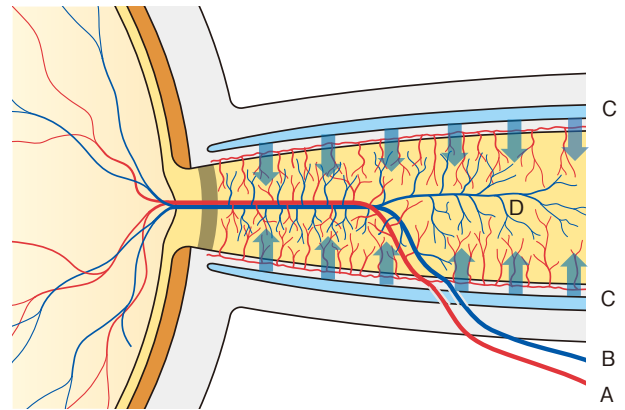


図 19 Terson 症候群における静脈血うっ滞のメカニズム。

頭蓋内圧が亢進することによって、視神経周囲に及ぶ髄液腔(C)の圧が亢進し、視神経とともに網膜中心静脈(B)を絞扼する(矢印)。網膜中心動脈(A)は壁が硬く、網膜内への血液流入は影響をやや受けにくい。網膜から視神経へ静脈血が灌流できず、網膜静脈から出血する。髄液圧亢進によって網膜中心静脈の完全閉塞が起こることは考えにくい。血管の視神経への侵入部や屈曲部が圧の影響を受けやすいことは考えられるが、視神経内で最大径の血管が完全閉塞すれば、視神経内(D)や脳内でも細い血管は高压によって閉塞するはずである。

圧亢進)^{19)~23)}、胸部圧迫によるValsalva 網膜症^{24)~27)}、脳静脈血栓²⁸⁾などがAHT(揺さぶり)の鑑別疾患となる。しかし、いずれもきわめて多数の静脈出血が眼底の中間周辺部から周辺部まで、かつ動脈近傍まで及ぶことは考えにくい²³⁾⁶⁾。静脈血うっ滞による網膜循環の完全閉塞、すなわち網膜中心静脈の完全閉塞、しかも他臓器・組織に起こらず網膜中心静脈だけが閉塞することは起こり得ないからである(図 18, 図 19)(参考 33~35)(Q&A 11~14 を参照)。また、網膜の中間周辺部あるいは周辺部まで全周で動脈と静脈の両方から出血していると判断できれば、静脈血のうっ滞は否定できる(参考 35, 36)。

ii) 外傷

外傷では動脈と静脈の両方で血管壁が破壊され出血するが、出血の分布を考えることが重要である。AHT(揺さぶり)では、網膜全域に接着する硝子体が牽引するので、広域で動脈と静脈から出血する。

外傷で鑑別すべきは眼球打撲(鈍的外傷)であるが、一撃の衝撃力(圧迫力)が加わる打撲部位(coup)と対側(contrecoup)の2つの部位だけに作用して傷害が起こる^{29)~31)}(図 1D, H, 図 5B, 図 17)。網膜の広域に出血させるには、繰り返し打撲が必要だが、眼窩骨が保護するので考えにくい。しかも、皮膚に外傷痕を伴うはずである。両眼同時の眼球打撲は、顔面正面で前額や鼻が防ぐので起こりにくい。さらに出血形態が大きく異なる。打撲による網膜の傷の形態は隕石のクレーター状であり、網膜浮腫(震盪症)があってその中に出血する。したがっ

て、全周かつ広域に出血が分布していれば、眼球外力の作用は否定され、硝子体による眼球内力が全体的に働いたと考えられる。

3) 網膜出血の鑑別のまとめ

以上から、AHT(揺さぶり)の診断で出血の動脈・静脈由来を理解することはきわめて重要である。後極部は血管が密に分布していて判断が難しいが、動脈と静脈は周辺部に向かうほど放射状に離れ、交互に走行する。AHT(揺さぶり)で動脈単独出血はなく、静脈出血が動脈近傍まで及ぶことはあり得ず(参考 32, 33)(Q&A 12~14を参照)、静脈出血だけなら放射状交互の分布差があるはずである。したがって、動脈と静脈の両方から出血することを認識すればよい。眼底写真なら確認できることも多いが、実際の小児眼底検査では体動を伴って動脈と静脈を区別することは困難であり、多数の出血で覆われていればまず不可能である。しかし、動脈と静脈が走行している領域で出血点・斑がほぼ等しく分布しているかをみれば十分である。網膜出血点・斑が周辺部あるいは中間周辺部で、円周方向全周にほぼ均一に分布していることは、AHT(揺さぶり)を判断する重要なポイントである¹³⁾(参考 36)。

一方、出血が少ない場合は、後極部でも動脈と静脈の判別が可能なことがある(図 6A)。出血の動脈・静脈由来は、極端に多い出血点や硝子体出血が覆いつくしていなければ、眼底写真で判断できることが多い。動脈出血を確認することが重要で、枝に沿った出血を捜す(Q&A 9を参照)。

眼底における出血の全体的な分布形態がAHT(揺さぶり)と鑑別疾患で大きく異なることもポイントである(図 1, 図 4, 図 5, 図 18)(Q&A 8~11を参照)。出血の末梢側をみれば、静脈血うっ滞は静脈と枝に沿う放射状の棘形となる²⁾(参考 37)。AHT(揺さぶり)では、出血が眼底全域でなく部分的でも(例えば後極部から中間周辺部途中まで)、動脈と静脈を含んで全体的になだらかに広がる。眼球打撲では、対側(contrecoup)の網膜振盪症(浮腫)の中に限局する。

5. ほかの網膜病変の硝子体牽引による発生メカニズム

網膜分離と網膜ひだにはそれぞれ複数の発生メカニズムがあるが、硝子体牽引による特徴を見出すことが重要である。

1) 網膜分離

網膜が層間で割れ、多くはその間に出血する^{6)7)37)~40)}。網膜分離は、遺伝性、加齢、硝子体増殖病変、病的近視、長期の網膜剥離などでもみられるが、形態や眼底内分布が大きく異なる⁶⁾⁷⁾。網膜はどの層でも分離しうるが、硝子体牽引が働く場合は、内境界膜分離が最も起こりやすい。異なる層の分離が混在していることもある

(図 8, 図 9, 図 10, 図 11)。

(1) 網膜分離の形成メカニズム

一般に網膜分離の形成メカニズムは以下の2つである。

i) 網膜血管から大量出血が起こり、網膜層間を分離する

典型は後極部を覆うような大きな内境界膜分離で中に出血(時にニボー形成)がある。血液の表面張力に押し出されるので円形や楕円形となる。層間分離は血圧が高い動脈出血で起こりやすいが、大量出血による。太い血管や枝からの出血で起こり、毛細血管からは起こりにくい。

ii) 硝子体の牽引によって網膜が層間で分離する

分離間に架橋した血管や近傍の血管が破綻し、血液が分離腔に充満する。しばしば、小さいもの(1乳頭径大やそれ以下)が多数みられる。

このとき異なる層の分離が認められれば、少量出血が層を越えて分離を引き起こすことは考えにくいので、硝子体牽引によると考える(図 9)。また、分離領域が小さい、あるいは大きくても縁が不整形であれば硝子体牽引によると考えられる(円形や楕円形でも否定はできない)(図 9B, 図 10A)。

AHT(揺さぶり)では i) ii) いずれも起こり得るが、以下のように考える。

i) ii) の区別がつきにくい場合(図 9 の一部)

- ・径が大きく、中に大量出血がある。

- ・形が円形か楕円形。

ii) 硝子体牽引による場合

- ・中に出血を伴わない(図 10B, C)。

- ・異なる層が割れている(図 9)。

- ・縁の形が不整で、出血で押し出された円形や楕円形でない(図 9B, 図 10A)。

- ・小さな網膜分離が多数存在する(図 9A, 図 10A, 図 11)。

2) 出血斑中心の白色病変

AHT(揺さぶり)では、しばしば網膜出血(殊に内境界膜下)の中央に白斑がみられ、Roth 斑と考えられている(図 9, 図 10, 図 11)。Roth 斑はさまざまな網膜内出血でみられ、病理学的検討によりフィブリン塊(出血中心で赤血球を含まない血餅)と考えられている⁴³⁾。さまざまな大きさの出血でみられるが、しばしば多数の小さい内境界膜下出血に伴う。点状でなく線状や不整形の白色病変であったり、出血を伴わない内境界膜分離の表面にみられることもあるので、網膜硝子体接着部の牽引瘢痕や内境界膜変形の反射などの可能性も考えられる(図 10)。近年は white-centered hemorrhage の表現が適切とも言われる²⁾¹¹⁾¹³⁾。

3) 網膜ひだ

網膜ひだは、軟らかく伸展しやすい小児の網膜の全層あるいは一部が硝子体腔へ引き延ばされた特殊な牽引性網膜剥離である⁷⁾⁸⁾³⁵⁾。AHT(揺さぶり)で網膜ひだがみら

れる頻度は高くないが、硝子体牽引を証明するきわめて重要な所見である^{11)13)37)~40)}(図 12, 図 13, 図 14)。

(1) 網膜ひだの形成メカニズム

網膜ひだの形成メカニズムは以下の 3 つがある。

i) 眼球壁の大きな変形

コロボーマなどの先天眼球壁変形、網膜剥離手術の強膜バックリングによる meridional fold が知られている⁷⁾。交通事故や高所落下、重い物に眼窩ごと押しつぶされるような重度 crush injury による眼球の大きな変形によっても起こる^{44)~46)}。極度に強い力で眼球が眼窩ごと圧縮変形する場合で、皮膚損傷や眼窩骨折、前眼部などほかの眼球損傷を伴う(参考 38)(Q&A 23 を参照)。

ii) 内境界膜下の大量出血

大量血液が内境界膜の分離を広げるとともに、閉鎖腔が表面張力によって球形に向かうので、分離縁で網膜層が持ち上げられる。出血縁に沿う輪状ひだとして観察される。以下の特徴がある^{47)~49)}(図 15)。

- ① 内境界膜下に大量出血がある(時にニボー形成)。
- ② 表面に分離した内境界膜の反射がみえる。
- ③ 網膜神経線維層面がみえれば出血の圧迫によって平坦である。
- ④ 血液の外方への圧迫によって、輪状網膜ひだの外周に同心円の副次的ひだや網膜下出血がみられる(double ring sign)。

内境界膜下大量出血による網膜ひだは、血液凝固異常、Terson 症候群、Valsalva 網膜症、AHT など、大量の網膜内出血があればいずれの原因によっても起こり得る^{47)~49)}。したがって、AHT(揺さぶり)としての鑑別診断的意義はない。

iii) 硝子体の牽引

病的増殖組織(先天異常、未熟児網膜症、家族性滲出性硝子体網膜症、トキソカラ感染症など)の牽引による網膜ひだが一般的である。硝子体線維の牽引によるものは、硝子体牽引症候群、病的近視などが知られている⁷⁾⁸⁾。AHT(揺さぶり)では、網膜ひだが硝子体による強い牽引が起こった有力な根拠となる^{13)37)~40)}。

硝子体牽引による網膜ひだは、以下の硝子体接着が強い(接着する線維が密)場所³²⁾³³⁾に起こりやすい。

- ・後極部血管アーケードに沿う：輪状の形になることが多い。この輪状ひだを中心として、それに連なるように尾根や山裾のような副次的ひだが直角や放射状に伸びることが特徴である。一部は血管の枝に沿う。
- ・乳頭縁：縁が持ち上げられ、そこから外方へ放射状ひだが生じる。
- ・網膜血管の枝に沿う：血管の枝に沿って、白色の線状隆起となる。
- ・黄斑領域：血管アーケード内に、不整形の小さい網膜ひだや隆起ができる(図 13, 図 14)。中心窩を囲

んで、Henle 層に従うひだが見られることがある。

(2) AHT(揺さぶり)における網膜ひだ

AHT(揺さぶり)では、「内境界膜下の大量出血」、「硝子体の牽引」の単独あるいは両方のメカニズムで網膜ひだが起こり得る(参考 39)。重要な所見であり、以下のよう

i) 内境界膜下の大量出血単独による場合^{47)~49)}(図 15)

- ・大きな内境界膜分離とその下の大量出血
- ・分離下の神経線維層がみえれば平坦
- ・Double ring sign

ii) 硝子体牽引単独による場合¹³⁾(図 12, 図 13, 図 14)

- ・主たる輪状ひだに連なる尾根・山裾状の副次的ひだ
- ・乳頭周囲や網膜血管に沿った枝状ひだ
- ・血管アーケード(しばしば輪状ひだ)内側の黄斑部領域のひだや不整形隆起。

iii) 両方の場合(図 16)

- ・輪状ひだの内側では「内境界膜下の大量出血」の所見(大きな内境界膜分離、大量の出血、平坦な神経線維層)。
- ・外側では「内境界膜下の大量出血」の double ring sign と「硝子体の牽引」の尾根・山裾状の副次的ひだ、乳頭周囲や血管の枝に沿ったひだの両方が混合する。

以上から、AHT(揺さぶり)では「硝子体の牽引」による網膜ひだの特徴があれば重要な判断基準となる。網膜ひだの形成メカニズムは 3 つであるが(参考 39)、AHT(揺さぶり)では「眼球壁の大きな変形」による壁の段差は起こらず、鑑別すべきは「内境界膜下の大量出血」と「硝子体の牽引」である。「内境界膜下の大量出血」の所見がない場合、また「内境界膜下の大量出血」があっても「硝子体の牽引」の所見を伴う場合は、強い硝子体牽引があったと判断できる。

さらに、硝子体牽引による網膜ひだは以下の 2 点で AHT(揺さぶり)の解釈に大きな意義がある。

① 暴力的揺さぶりとして最大級の硝子体牽引力が働いた。

硝子体牽引の強さの順に網膜出血、網膜分離、網膜ひだが起こるので、最大級の牽引力が働いたことを意味する(Q&A 21 を参照)。その力は眼球だけでなく頭部全体に働くので、頭蓋内病変も同時に起こったと推測できる。

② 網膜ひだと網膜出血が同時に起こった。

網膜が持ち上がり束ねられるときは血管が締めつけられるので、ひだ内で出血が起こりにくい。出血とひだ形成が別の機会に起これば、ひだ内にも多数の出血があるはずである。ひだ内に出血がごくわずかである一方で、その周囲に多数の網膜出血が存在すれば、出血とひだ形成が同時に起こったことを意味する。

(3) 網膜ひだ観察のコツ

顕著なひだは層が大きく変形し細胞配列が乱れて白色となるので分かりやすいが、小さなひだは判別しにくい。判断のコツは、ひだが形成されるときに網膜層が圧縮され出血が起こりにくいことである⁷⁾。線状形でなく不整形の隆起、さらには牽引された領域が限局性白色になることもある(図14)(第2章2を参照)(参考18)。いずれも牽引されると血管が締めつけられるので出血が少ないことが特徴である。周囲は多数の出血があるのに、出血が非常に少ない部位(線状あるいは不整形)があれば、網膜ひだを疑う。硝子体接着が強い後極部血管アーケード、血管の枝、乳頭周囲、黄斑領域、硝子体基底部後縁を注意して観察する。

6. 眼底の検査法

眼底検査の前に、眼位・眼球運動、瞳孔反応、外眼部、前眼部を観察する²⁾³⁾⁶⁾。脳傷害や全身の状態を考慮して検査を行う。

眼底検査は散瞳下で倒像検眼鏡を用いて全域を観察し、眼底図を記載する²⁾³⁾⁶⁾。眼底写真も可能な限り撮影する。

AHT(揺さぶり)でみられる病変は、網膜出血(網膜内、網膜上、硝子体、網膜下)、網膜分離、出血斑中心の白点(white-centered hemorrhageあるいはRoth斑)、網膜ひだである。網膜裂孔や網膜剝離はまれであるが、注意すべきである。後極部だけでなく周辺部までの検討が重要である²⁾³⁾⁶⁾¹¹⁾¹³⁾。

各網膜病変について、発生メカニズムとして硝子体牽引が働いた証拠を捜す。

1) 眼底検査のポイント

i) 網膜出血(図1, 図2, 図3, 図4)

- ・形態と分布。深さ(多層性)より眼底前後方向と円周の分布が重要。
- ・出血が動脈と静脈の両方から起こっているかを考えて、全周でほぼ均一分布であることを確認する。
- ・出血分布が静脈の枝に沿うあるいは網膜振盪症内の出血でなく、広がる形である。
- ・眼底写真では動脈上の出血点・斑を捜す(図4B, 図6A)。
- ・出血の新旧。すべて新鮮血か、黒色や黄色の古い血液もあるか。揺さぶりが機会を違えて繰り返されることもある。

ii) 網膜分離(図8, 図9, 図10, 図11)

- ・内境界膜下出血を伴うか。
- ・大きさ。
- ・円・楕円形か不整形か。
- ・異なる層が割れているか。

iii) 網膜ひだ(図12, 図13, 図14)

- ・牽引力を証明する所見。尾根・山裾状の副次的ひだ、乳頭周囲、血管の枝に沿ったひだ。

- ・Crush injuryの外傷、大きな内境界膜分離下出血が関与しない。

2) カルテ記録のポイント

眼底スケッチは眼科医としての記録のみならず他診療科の理解を得るために有用で、司法面でも重要な証拠となる(参考40)。眼底チャートの様式で病変の分布を図示することが適切である(図7)。網膜出血については、眼科医は疾患ごとに原因を知っているの、いちいち出血由来(動脈性、静脈性)を論じないが、AHT(揺さぶり)が疑われる場合は出血の分布(前後方向と円周方向)と由来血管(動脈と静脈の両方)¹¹⁾¹³⁾を考えることが重要である。体動や眼球の動きが大きい小児の眼底検査で、きわめて多数の出血点・斑がある場合に網膜の動静脈を区別することは困難であるが、動脈と静脈が走行していると想定される領域でほぼ均一に出血が分布しているかを確認する。出血分布の概略図(図7)とともに、「眼底の全周」、「(後極部から)中間周辺部あるいは周辺部まで」、「ほぼ均一に分布」のような記載が適切である。「すべて新鮮血か新旧混合か」も記載する。

ほかの病変も特徴を眼底図に記入する。眼底写真で詳細を確認できれば、それも記載する。

3) 眼底写真撮影のポイント

眼底写真は、出血の動脈・静脈由来やほかの眼底病変の特徴を詳しく評価できるとともに、司法的証拠としてもきわめて重要である(参考40)。殊に広角眼底写真撮影は小児眼底疾患で有用であり^{13)~16)}、この装置を所持していれば眼底のほぼ全域を撮影することができる。手持ち眼底カメラでも、スマートフォン付属カメラ(病院管理)とレンズの組み合わせでも、かなり広範囲に撮影できる。出血など所見が派手な後極部を撮影しがちであるが、中間周辺部から周辺部まで円周全方向に、可能な限り広く撮影することが必要である。なお、眼底カメラがない、撮影できない場合でも、眼底観察によるチャート図は写真に匹敵する証拠となる。

7. 眼底所見の左右差について

AHT(揺さぶり)の出血やほかの網膜所見は両眼で程度が同じこともあるが、しばしば左右差がみられ、時には片眼が正常のこともある¹³⁾。これは左右眼に加わる力の強さが異なることによる。左右眼に等しく力がかかる(きれいな前後運動)のではなく、頭が右か左の横方向に傾いた状態で回転すれば、頭が低く傾く側が大きく回転し、硝子体の動きと網膜傷害が大きくなる。一方で、反対側の回転中心に近い眼では傷害が軽微となる。この頭部の傾きと回転の左右差は、患児の体幹や頭の傾きと揺さぶられる動きの差、すなわち加害者が被害児を持つ両手の高低差、利き手優位の動きに影響されると考えられる。

8. AHT(揺さぶり)の網膜以外の組織傷害の有無

揺さぶられるだけであれば、網膜と一部で脈絡膜が主に傷害される。視神経や眼窩組織の傷害もあり得るが、臨床的に判断は難しい²⁾。結膜出血は揺さぶりとは関係なく、心マッサージなどによる静脈血うっ滞と考えられている³⁾²⁶⁾。

打撃を伴う場合の傷害は第2章13を参照。

9. AHT(揺さぶり)治療と予後

網膜出血や硝子体出血は、程度にもよるが多数であっても1~2か月のうちに自然消退する。重篤な出血や網膜分離、網膜ひだが殊に黄斑に及べば恒久的な視力障害を残す。視神経損傷を伴う場合、網膜上膜などの増殖機転が起こる可能性もある。後極部の大きな網膜前出血や内境界膜下出血、黄斑上膜に対しては、弱視予防のために硝子体手術を行うこともあるが³⁶⁾、難易度が高いので慎重に検討する。網膜分離や網膜ひだは軽微なものを除き瘢痕化するが、瘢痕牽引による網膜偏位や裂孔形成などの後期合併症が起こることがあり、経過観察が必要である。打撃傷害の治療と視力予後については第2章13を参照。

10. 頭蓋内病変について

暴力的揺さぶりによって頭蓋内出血や脳実質傷害が起こるが、そのメカニズムは網膜傷害と異なる¹⁾²⁾⁵⁰⁾。脳実質の動きと変位、剪断力、打撲部位(coup)と対側(contrecoup)傷害が関わっている。出血は脳実質内だけでなく、硬膜外、硬膜下、くも膜下の腔域に高頻度で起こり、硬膜下出血が最も一般的である。これらの腔域には細胞の境界と架橋血管が存在し、暴力的揺さぶりで繰り返される並進力によって架橋血管が破れて出血すると考えられている。

網膜と脳の外傷メカニズムは異なるが、暴力的揺さぶりによって傷害を受けることは共通している(Q&A 20を参照)。打撃傷害の割合を考慮しなければならないものの、AHTでは脳傷害があっても網膜傷害がない場合はあっても、逆に脳出血のない網膜出血はまれといわれている²⁾³⁾。頭部全体に加わる強い揺さぶり力で、脳に傷害はなく、眼だけ単独に傷害されて広域で多数の網膜出血が起こることは考えられないからである。さらに多数の網膜分離と網膜ひだは、眼を含む頭部全体に対して最大級の力が働いたことを意味し(Q&A 21を参照)、脳がこの力から逃れて傷害を受けないことは考えにくい。AHT(揺さぶり)に特徴的な眼所見はことごとく頭蓋内出血や脳実質障害に伴っており、眼(両眼)と脳が同時に傷害されることを示している(参考41)。

頭部打撃が加われば、その衝撃による外傷性頭蓋内出血や脳実質傷害が検討される。視力予後については、眼球や視神経だけでなく、脳傷害に関わりうることも考慮

する⁶⁾。

11. AHT(揺さぶり)の全身所見

暴力的揺さぶりによって、硝子体や脳に強い振動を起こすだけでなく、頸部や体幹にも大きな負荷がかかる。脳幹や脊髄障害、椎骨や肋骨の骨折が起こることがある^{1)~3)6)}。

12. AHT(揺さぶり)の鑑別疾患

AHT(揺さぶり)の診断において、網膜出血を来す他疾患・病態との鑑別が医学的にも社会的にも重要となる^{1)~6)}。しかし、鑑別疾患の病態メカニズムはAHT(揺さぶり)と大きく異なるので、相違点を理解して眼底を評価すればよい。

網膜出血は分布と動脈・静脈由来が重要である。静脈血うっ滞では、網膜中心静脈は完全閉塞せず、網膜出血は後極部付近で周辺部まで広がらず、静脈から毛細血管網を遡って動脈まで循環障害が及ばない(図1C, G, 図5A, 図18)。眼球外力による打撲外傷では打撲部位(coup)と対側(contrecoup)の一方しか傷害が起こらない(図1D, H, 図5B, 図17)。後極部は血管が豊富であり、ここでは鑑別疾患(静脈血うっ滞や前方からの打撲など)があれば、出血の一部に関与する可能性はある。しかし、中間周辺部あるいは周辺部まで、全周ほぼ均一に出血が分布していれば、AHT(揺さぶり)以外は考えにくい¹¹⁾¹³⁾(図1B, F, 図4)(Q&A 8~14を参照)。

網膜分離や網膜ひだは大量出血によっても起こる場合がある。しかし、不整形あるいは小さい網膜分離は硝子体牽引によると考えられる。網膜ひだは、主な網膜ひだに連なる副次的ひだ、硝子体接着が強い部位にひだがあれば、硝子体牽引によると判断できる¹³⁾。

頭蓋内病変については、小児科、脳神経外科、脳神経内科、放射線科と連携して評価する。

1) 眼球外力による打撲外傷

一撃の打撲なら、AHTでも事故(転倒やぶつける)でも考え方はほぼ同じである。

乳児の低位落下(ソファやベッドからの落下)や転倒(つかまり立ちで倒れるなど)による出血が鑑別として議論されるが、前方からの打撲でなければ、その程度の弱い力で網膜出血が起こることは考えにくい²⁾³⁾(参考42, Q&A 22を参照)。年長児では、遊具や階段から落ちたり、家具にぶつかるような強い衝撃の眼球打撲を受けることがある。この場合、両眼同時に衝撃を受けることはまれであり、眼底の出血分布でAHT(揺さぶり)と判別できる。前方からの一撃の眼球打撲では打撲部位(coup)と対側(contrecoup)しか傷害されないのに、AHT(揺さぶり)のような出血分布(中間周辺部あるいは周辺部まで、全周)にならない^{29)~31)}(図1D, H, 図5B, 図17)(参考43)。さらに、打撲では網膜の創傷形態が挫

減傷であるが、牽引では裂傷でまったく異なる。したがって、眼球外力(直接打撲、低位落下や転倒)によって、AHT(揺さぶり)のような全周で後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで広がる出血分布にはなり得ない。

打撲が加われば、顔部皮膚や眼瞼、角結膜の打撲痕や出血、浮腫を伴い、時に前房出血や水晶体損傷が起こる²⁾³⁾⁶⁾⁷⁾³⁰⁾。

2) 新生児網膜出血

出産時の産道通過によって眼球が変形して起こる。軽微な出血の頻度は高く、まれに広域となる。出血は2週間ほどで消退するので³⁾⁶⁾、患児の受傷年齢から鑑別対象とならないことが多い。

3) 頭蓋内出血、脳浮腫による頭蓋内圧亢進(Terson症候群)

頭蓋内出血や脳浮腫によって頭蓋内圧が亢進し、眼底出血が起こることが知られている(Terson症候群)^{19)~23)}。そのメカニズムとして、過去には視神経周囲までつながる髄液内に流入した血液が網膜から硝子体へ穿破するという説もあったが、網膜内で視神経乳頭から染み出し広がる形になるはずで、多数の点状・斑状出血の散在にはならず、否定されている。現在は、頭蓋内圧亢進によって視神経周囲にまで及ぶ髄液圧が上昇し、網膜中心静脈が視神経ごと圧迫されて網膜内静脈血うっ滞が起こることが定説になっている^{2)3)6)19)~23)}(図19)。網膜中心動脈は血管壁が硬く、圧迫されても血流が減少しにくい段階で、軟らかい網膜中心静脈が潰されれば血液がうっ滞する。網膜静脈が太くなり、時に蛇行するが、AHT(揺さぶり)ではみられない。AHT(揺さぶり)では、頭蓋内出血や脳浮腫に伴う髄液圧亢進によって視神経乳頭浮腫が起こることがあるが、揺さぶりの傷害によっては起こらない²⁾³⁾。静脈血うっ滞があっても、乳幼児の伸展性に富む血管壁は成人と比べて破綻しにくく、出血は主に後極部付近にとどまる²⁾³⁾⁶⁾。中間周辺部や周辺部までにうっ滞圧が減殺され、末梢側では静脈の枝に沿ってあるいは近傍に点状出血が少数みられる程度である。出血が毛細血管網を越えて動脈近傍にまで及ぶことも、網膜全域の細胞死も、髄液圧亢進による網膜中心静脈の完全閉塞も起こり得ないからである(図1C, G, 図5A, 図18, 図19)(第2章4, Q&A 11~14を参照)。広範な網膜虚血を示す浮腫や軟性白斑、後遺症(神経線維欠損、網膜変性、静脈白鞘化)もAHT(揺さぶり)ではみられない。

なお、AHT(揺さぶり)で頭蓋内出血や脳浮腫に伴う髄液圧亢進があれば、Terson症候群が起こって、後極部で網膜出血の一部に関与することはあり得る。しかし、広範な動脈と静脈両方からの均一出血にはなり得ず、AHT(揺さぶり)の診断に影響はない。

4) 胸部圧迫

心マッサージによる胸部圧迫によって軽度の網膜出血が起こることが知られている(Purtscher網膜症)⁴²⁾。動脈

血流入による出血は考慮する必要がなく、大静脈圧迫による静脈血灌流障害で、眼を含む頭頸部の静脈血がうっ滞するValsalva網膜症が鑑別対象となる^{24)~27)}(Q&A 9を参照)。しかし、頸静脈から複数段階で分枝した網膜中心静脈のみに両眼で等しく負荷圧がかかることは少なく、片眼性となる。網膜出血が起こっても、乳頭周囲や後極部の静脈に点状出血が少数みられる程度である²⁾³⁾。内頸静脈とともに外頸静脈にもうっ滞が起こるので、眼瞼や結膜に出血がみられることもある³⁾²⁶⁾。眼底に広域の出血を起こす静脈血うっ滞(網膜中心静脈の血流完全遮断)であれば、灌流先の内頸静脈さらに胸部大静脈の完全血流停止を意味するので、一般的な心マッサージを鑑別に考慮する必要はない²⁾³⁾(Q&A 12~14を参照)。

交通事故などの極度に強い胸部圧迫、胸骨や肋骨が折れるような心マッサージでは重篤なPurtscher網膜症が生じうる。強い血液流入による動脈出血、静脈血うっ滞による網膜静脈出血(Valsalva網膜症)の両方が起こり得るが、出血がやや広く分布することはあっても議論は上記と同様である²⁾³⁾⁴²⁾。動脈出血は網膜浮腫(虚血や漏出)や軟性白斑(神経細胞死)を伴い、末梢に向かって進まないで、静脈出血のほうがやや広く、分布差ができる。静脈出血は末梢側で静脈の枝に沿う分布になるので、AHT(揺さぶり)とは異なる(図1C, G, 図5A, 図18)(Q&A 12を参照)。

5) 深部脳静脈血栓

脳のスポンジ静脈洞などの血栓が議論されることがある。血栓によって上流の眼静脈の血流がうっ滞し、分枝が分布する網膜や脈絡膜、眼瞼、結膜、眼窩で出血が起こる。眼窩の出血と浮腫によって眼球突出が起こることもある²⁸⁾。これも静脈血うっ滞メカニズムなので、他鑑別疾患と同様であり、網膜広域の出血(血流停止)はあり得ない²⁾³⁾。網膜中心静脈が完全閉塞すれば、静脈洞に灌流する組織(脳、視神経、眼窩など)の血流も完全停止になるはずで、そのような病態は考えにくい(Q&A 12~14を参照)。

6) ほかの血栓形成や血液異常

網膜動脈血栓は限局的な動脈出血となるので、容易に判別できる。静脈血栓は、網膜や視神経内の局所形成は動脈硬化や感染、炎症などで起こるので除外でき、全身性静脈血栓は肺の毛細血管で捕捉されて眼に至らない。血液異常に伴う血栓形成〔血小板由来(多血症、血小板減少性紫斑病、血栓性微小血管障害)、凝固亢進]や溶血が網膜だけに局所的に起こることはない²⁾³⁾。血栓などが原因となって播種性血管内凝固症候群(disseminated intravascular coagulation: DIC)が起こる可能性についても考慮する必要がない²⁾³⁾。局所の血栓が原因となってDICが起こることはなく、DICは全身に起こるものなので、網膜のみに限局して出血することはない。血液凝固

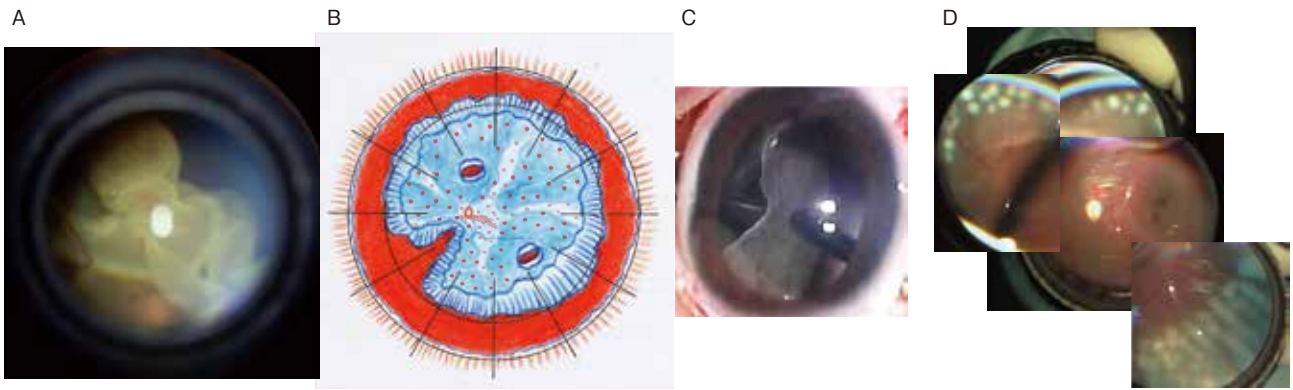


図 20 打撃による網膜剥離.

(6 か月男児の左眼網膜剥離, 右眼鋸状縁断裂, 両眼網膜硝子体出血, 急性硬膜下出血, 頭蓋骨骨折, 頭部・顔面の複数の皮膚損傷と皮下血腫.)

A: 眼底写真.

B: 眼底チャート図.

C: 硝子体手術の術中所見.

D: 術後写真.

頭部と顔面への繰り返し打撃によって, 全周鋸状縁断裂と非定型的裂孔があり, 網膜は全剥離している. 暴力的揺さぶりも行われたと推測され, 網膜全域に(非定型的裂孔の周囲を除く)多数の出血が存在する(A, B). 硝子体手術術中所見では, 鋸状縁断裂とその付近だけでなく後方まで多数の網膜出血がみられる(C). 輪状縮結, 硝子体手術, 眼内光凝固, 液空気置換, シリコンオイル注入によって治療した(D).

異常は出血量増加に関わるが, 多数の血管壁破綻を引き起こすものではない.

7) けいれん

けいれんによって網膜出血は起こらない²⁾³⁾⁶⁾⁵¹⁾⁵²⁾. 呼吸が詰まってValsalva 網膜症が起こることはあるが, 後極部の軽微な静脈出血である. けいれんの弱い振動力が重積しても組織は破壊されない. 眼振や眼球運動, 乗り物の振動, 通常の身体運動のような日常活動, さらに競技のような激しい運動を繰り返しても網膜出血が起こらないことから分かる(参考 44). まして, 眼底の広域にきわめて多数の出血が分布することはあり得ない. 日常で起こる揺れと AHT(揺さぶり)の通常とは異なる頭部の大きな揺れと方向転換とでは, 硝子体の動きと牽引力の強さがまったく違うからである(Q&A 20 を参照).

8) 入院前後の全身状態の影響

ワクチン接種の既往は影響がない²⁾³⁾. 一部は前述したとおりであるが, けいれん, 咳嗽, 嘔吐, 無呼吸によって網膜出血は起こらない²⁾³⁾. 低酸素(頸椎や脳幹損傷による), 貧血, 一過性の循環異常や代謝異常, 凝固異常などは出血への影響は少なく²⁾³⁾⁶⁾, 出血量増大には関わっても血管壁破綻にはなりにくいので, 網膜に局限する広域多数の出血にはならない(参考 31).

13. AHT における打撃, その他の傷害

頭部や顔面を打撃する行為が加われば, その傷害も起こる^{2)3)6)~8)30)31)}(参考 45). 一般に, 顔面皮膚や, 眼瞼, 角結膜など体表の外傷を伴う²⁾³⁾⁶⁾. 虐待として, さらに四肢の骨折, 皮膚傷害(皮下出血や血腫), 時には火傷や皮膚

裂傷, 骨折など, さまざまな全身の傷害を受けていることもある^{1)~7)}.

打撲について眼科として考えるのは, ① 前方からの眼球打撲, ② 眼窩ごと眼球が大きく変形する場合である. 眼窩を含まない後方の頭蓋骨の打撃は, 一般に衝撃力が眼球内まで伝達されず, 網膜は損傷を受けない²⁾³⁾(参考 46). しかし, ①・②でも AHT は通常とは異なる重度や非定型的な打撃を受けることがある, また, 打撃は 1 回と限らず, 繰り返されることもある. 体表や骨の損傷で推認できるが, それぞれに応じて治療が必要となる(Q&A 26 を参照).

1) 前方から直達力による眼外傷

大部分が鈍的眼外傷である. 眼瞼, 角結膜の傷害を伴い, 外力はさらに及んで虹彩や水晶体を損傷し, 前房出血が起こることがある. 眼底では, 打撲側(coup)で硝子体基底部近傍の出血や鋸状縁断裂, 対側(contrecoup)の網膜浮腫(振盪症), 黄斑円孔, 網膜脈絡膜出血が起こる. 極度に激しい打撃や繰り返し打撃の場合, 網膜傷害は広域で重篤, 時には非定型的になり得る(図 20). 尖った物による穿孔, 眼球破裂もあり得る.

2) 眼窩骨外傷を伴う

眼窩骨の変形や骨折が起これば, それに伴って眼球が大きく変形し傷害される場合がある. 前頭骨眼窩上蓋の骨折はまれで, 横方からの圧縮のほうが眼窩骨の変形や骨折が起こりやすい³⁾⁶⁾. 傷害病変は変形の方に応じる. すなわち, 眼球壁の大きな変形によって圧縮される部位や伸展される部位に応じて出血が起こり, AHT(揺さぶり)とは分布が異なる. 網膜分離や網膜ひだは crush

injury のような高度の打撃でないと起こりにくい^{44)~46)} は一般に含まれない²⁾³⁾⁶⁾。
(Q&A 23 を参照)。しかし、AHT の打撃に crush injury 眼窩底骨折や視神経管骨折が起こる可能性もある⁶⁾。

参 考

【参考 13】

欧米では、AHT 全体で網膜出血を伴わないのが 25%，mild および moderate の網膜出血は 1/3 であり、頭蓋骨折は全体の 25～40%で、頭皮傷害単独も含めればそれ以上であり、打撃傷害が重要視されている²⁾³⁾⁶⁾。打撃と揺さぶりを合わせて論ずることが多い²⁾³⁾⁶⁾。日本では網膜出血を伴わないことが欧米に比して少なく¹²⁾¹³⁾、また網膜出血の 15%に頭蓋骨骨折を伴うが、網膜出血の形態や分布には影響はみられない¹³⁾。揺さぶりと一般の打撃は同じ外傷でも別のメカニズムであり(極度の場合は別で第 2 章 13 を参照)、眼所見が大きく異なるので、別個に論ずることができる。本手引きは、日本の現状に即して、眼科医が接する機会が少ない暴力的揺さぶりの解説を中心とし、打撃については最後に述べる。また、AHT の「頭部」が顔部を含むか、すなわち眼やほかの顔部組織(鼻や口腔、下顎)の打撃傷害を含むか否かによって扱いが異なる。頭部と顔部の解剖的区別は、頭蓋骨では頭部頭蓋(前頭骨と後方)と顔面骨(下方)、体表では前額部より後方と眉毛より下方と解釈される。AHT では外眼部、前眼部、網膜剝離などが眼合併症とされることが多い²⁾³⁾。眼科医にとって打撃外傷は顔部が主要であり、乳児が前方から打撃を受ければ頭部と顔部も受傷する可能性がある⁶⁾。したがって、打撃については、① 顔部前方から、② 眼窩傷害を伴う、③ 眼窩を含まない後方の頭部の観点から述べる。

【参考 14】

ここでは典型例を中心に解説する。出血点・斑がきわめて少ない、あるいはない非典型例は頻度が低く¹³⁾、その考え方は、第 1 章 5、第 2 章 4、7 を参照。網膜出血がまったくない場合も、脳に比して小さい眼球に揺さぶり力が及ばないこともあり得るので、AHT(揺さぶり)を否定するものではない。

【参考 15】

基礎疾患をもつ児が虐待を受けることがあり、その場合はその症状を考慮する。ここでは基礎疾患がない AHT(揺さぶり)について、健常な血管から出血が起こることを述べる。

【参考 16】

網膜の垂直方向では、後極部では毛細血管網が 3 層から成り³²⁾³³⁾、多層性出血が多彩となる。どの層に出血が存在するか、細かく検討する必要はない(Q&A 4 を参照)。硝子体牽引による外傷なので、硝子体に近い網膜層が出血しやすい。水平方向では、網膜毛細血管網の分布は、後極部の 3 層は周辺部に向かって網膜が薄くなるとともに中間層、深層の順で消失し、表層(神経節細胞層、神経線維層)だけが残る³²⁾³³⁾(図 3)。硝子体は殊に表層に力を及ぼすので、出血は中間周辺部あるいは周辺部まで広がりやすい。

【参考 17】

出血が網膜全域にきわめて多数である場合、眼底写真計測の概算や小児眼で光凝固を行う数から推測しても、約 1,000 か所あるいはそれ以上である。いちいち数える必要はないが、一般の疾患では考えられないほど多数の出血(血管壁破綻)が起こることを理解する。

【参考 18】

網膜が硝子体牽引によって強く引き上げられる場合、その網膜の領域が白くなることがある。網膜ひだ形成の軽度病変(層構造の乱れや神経軸索傷害)と考えられる。周囲の多数出血に比べて、その領域は出血がきわめて少ないことが特徴である(図 14、第 2 章 5、Q&A 7 を参照)。後極血管アーケードや血管の枝、乳頭周囲、黄斑領域、硝子体基底近傍など、硝子体の接着が強い部位に起こりやすい³²⁾³³⁾。後遺症的に周辺部の毛細血管循環が障害されることもありうるが、限局的である⁶⁾¹¹⁾。

【参考 19】

硝子体牽引が深部まで及べば、脈絡膜にも出血する。乳頭周囲出血は、硝子体が強く接着する乳頭周囲への牽引、揺さぶりの強い動きによる視神経傷害、Terson 症候群など静脈血うっ滞が考えられる。これらは眼底検査で判別できない。眼底全体の出血分布を考えることが重要である。打撃による傷害は第 2 章 13 を参照。

【参考 20】

網膜血管と主な枝は動脈と静脈ともに神経節細胞層と神経線維層で走行し交叉するので、外傷で動脈か静脈の片方だけから出血することはない。AHT(揺さぶり)の出血の多くは毛細血管の破綻による。毛細血管は広い層に分布するので多層性出血となる(図 3)。AHT の鑑別疾患となる循環傷害では、毛細血管網において動脈由来の出血が静脈域まで、静脈由来の出血が動脈域まで及ぶことはない(第 2 章 4、Q&A 12～14 を参照)。したがって、本手引きでは AHT(揺さぶり)の外傷性出血の特徴として、「両方の領域で毛細血管出血が起こる」ことも含めて「動脈と静脈の両方から出血する」と表現する。

【参考 21】

片眼性や左右差がみられる場合がある(第 2 章 7 を参照)。

【参考 22】

コンピュータシミュレーション研究が行われており²⁾³⁾⁴¹⁾, 2.2 Hz (12.57 rad/s) の振動で 3~16 kilo-Pascal (kPa) の負荷圧に達するとの報告がある⁴¹⁾。1 kPa とは 1 cm² の面積に約 10 g の荷重がかかる圧であるので、換算すると 1 cm² 当たり 30~160 g, 10 cm 四方なら 3~16 kg の負荷となる。

【参考 23】

AHT (揺さぶり) の網膜傷跡は裂傷 (牽引力) である。これに対して、ほかの力の種類による傷跡、すなわち挫滅傷、切傷、刺傷 (圧迫力)、擦過傷 (摩擦力)、ねじれ (捻転)、断層や崩れ (剪断力) はまったくみられない (Q&A 18 を参照)。

【参考 24】

硝子体線維が網膜に接着しているのは、毛髪に似ている。毛髪をどの方向に引っ張っても毛根部で出血するように、硝子体の動きは多くの方向で牽引力となる (Q&A 18, 19 を参照)。

【参考 25】

硝子体腔は液体で満たされているが、我々の周りの空気のように眼内で広い空間を占めている。そのため、牽引力のほうが長い時間さまざまな方向にわたって網膜に効果的に働く (Q&A 18 を参照)。

【参考 26】

出血とは血管壁が破綻することである。血管内皮の隙間から血球細胞が染みだす漏出 (滲出) 性出血については、白血球の細胞外遊走 (diapedesis) と異なり赤血球には遊走能がなく、千~万個単位の赤血球を含む出血点・斑にならない。AHT (揺さぶり) では漏出 (滲出) による浮腫や硬性白斑もみられない。

【参考 27】

出血だけに注目することなく、網膜全体の病態も考える必要がある。AHT (揺さぶり) では広域出血であるのに、血管外漏出 (滲出) (血管原性細胞外浮腫や後の硬性白斑) や神経細胞傷害・細胞死 (細胞膨潤による細胞性浮腫、軟性白斑) やその後遺症 (神経線維欠損、網膜変性、血管白鞘化) がみられない。広域出血が重篤な循環障害によるのであれば、静脈由来であっても急性なので、相当する浮腫や軟性白斑が出現するはずである。AHT (揺さぶり) のきわめて多数の出血は、膨大な毛細血管網の中ではわずかの破綻なので、全体的にみれば循環や神経細胞は影響を受けにくい (参考 18)。

【参考 28】

感染症の眼底では血管炎や網膜脈絡膜炎がみられ、全身検査によっても鑑別できる。

【参考 29】

遺伝病による網膜出血の大部分は、先天異常や代謝疾患などによる血管壁脆弱で、ほかに血液疾患、高血圧などがある。いずれも一部の臓器だけ全域に一斉に、短期間だけで再発しない血管壁破綻の表現型にはならない。遺伝子異常による蛋白質機能不全 (構造、化学反応、シグナル伝達、運動、転写など)、組織の再構築 (リモデリング) の観点からも、左右眼同時に、全域で一斉に、短期間限定に起こる表現型は考えられない。遺伝病で網膜出血が起こるメカニズムも考慮する。例えば、ミトコンドリア病は神経や筋の障害が主体で、血管内皮細胞まで及ぶなら神経細胞は重篤な細胞死に至るはずである。網膜出血は、神経軸索浮腫による静脈血うっ滞によるもので、乳頭近傍出血が大部分である。

【参考 30】

出血の 4 つのメカニズムが複数関与することもある。例えば ii) 血液疾患で血栓ができれば、i) 血管壁の脆弱、iii) 血流のうっ滞が起こる。しかし、各メカニズムは血管壁に個々に働き限定的であるので、広域出血にはならない。局所に凝固異常は起こらない。また、血栓形成や血管壁傷害が両眼の網膜だけに起こり、脳は別として他臓器・組織に何も所見がないことは考えにくい。このように、メカニズムによる血管壁破綻だけでなく、その網膜分布や他組織への影響 (網膜では血管以外の神経細胞、眼球では網膜以外の組織、眼以外の他臓器) への影響の有無を考える。

【参考 31】

入院前後の全身状態の変化、すなわちけいれん、咳嗽、嘔吐、無呼吸、低酸素、貧血、一過性循環異常、虚血再灌流、代謝異常、凝固異常は、網膜に限定するものでなく、網膜出血への影響は考慮する必要はない²⁾³⁾⁶⁾。例えば虚血再灌流は循環障害に伴う細胞傷害であるが、眼疾患 (網膜中心動脈閉塞症、網膜中心静脈・分枝閉塞症の内科的・外科的治療、頭蓋内圧亢進に対する血腫除去や減圧手術) でも、動物実験でも、再灌流による広域網膜出血はみられない⁵³⁾⁵⁴⁾。虚血と再灌流傷害いずれも、まず神経細胞傷害、細胞死が起こり、さらに血管内皮細胞が傷害され出血すれば、微小循環障害も加わって重篤な神経細胞死に至るはずである⁵⁵⁾。AHT (揺さぶり) で広範な神経細胞死の所見 (軟性白斑、後の神経線維欠損、網膜変性、血管白鞘化) は報告されていない。全身状態の一時的変化が網膜だけに、しかも広域出血の原因や影響となることは考えにくい。

【参考 32】

Purtscher 網膜症は、交通事故や胸骨肋骨が折れるような強度の心マッサージなど、胸部の強い圧迫によって、① 動脈血大量流入、② 静脈血うっ滞 (Valsalva 網膜症) による静脈出血、の両方で起こる⁴²⁾。動脈血大量流入による網膜の出血は後極部付近にとどまり、浮腫や白斑を伴う (Q&A 9 を参照)。静脈性出血も広域にならない²⁾³⁾⁶⁾ (参考 33)。

【参考 33】

静脈うっ滞によって、網膜の広域で完全な循環障害は起こり得ない。以下の理由による。

① 出血が広域に動脈近傍に及ぶのは成人の網膜中心静脈閉塞症の虚血型 (完全閉塞) だけである⁵⁶⁾⁵⁷⁾。この場合、毛細血管だけで

なく動脈の血流まで停滞し、虚血による広範な網膜細胞死を来す。AHT(揺さぶり)で網膜広域にわたる急性循環障害(網膜浮腫、軟性白斑)と後の細胞死(神経線維欠損、網膜変性、静脈白鞘化)はみられない。

② 静脈血うっ滞では静脈が拡張あるいは蛇行するが、AHT(揺さぶり)では起こらない²⁾。

③ 静脈血うっ滞(静脈拡張、出血)は、どの網膜疾患でも、後極から周辺部へ、静脈近傍から毛細血管網、動脈へ向かって進行する。周辺部や動脈近傍に優先的にうっ滞・出血することはない(図 18)(Q&A 11 を参照)。

④ 成人の網膜中心静脈閉塞症虚血型(直接圧迫による完全閉塞)と違い、AHT(揺さぶり)の鑑別疾患では網膜中心静脈の重篤な閉塞は起こり得ない。Terson 症候群は髄液圧上昇によって網膜中心静脈が圧迫されるが、完全閉塞を起こすような高い髄液圧であれば、視神経内で網膜中心静脈より細い血管はすべて閉塞し、さらに頭蓋内でも脳の細い血管が広域重篤に閉塞するはずである(図 19)。胸部圧迫による Valsalva 網膜症や深部脳静脈血栓では、後極部付近の軽度な静脈出血は起こるが、網膜全域の循環障害すなわち網膜中心静脈の完全閉塞(血流停止)は起こり得ない。灌流先(脳静脈洞や脳静脈、内頸静脈や胸部静脈)で血流が遮断され続けられない限り起こらず、一部の分枝である網膜中心静脈だけが完全閉塞することもないからである。これらの静脈血うっ滞病態を組み合わせても網膜中心静脈だけの完全閉塞は起こり得ない(Q&A 12~14 を参照)。

⑤ 高髄液圧は網膜中心動脈も圧迫し、網膜への血液流入が減少するので、静脈血うっ滞は進行しない。脳がそのような高圧に耐えられるとも思えない(Q&A 12 を参照)。

【参考 34】

AHT(揺さぶり)において、静脈血うっ滞(Terson 症候群、胸部圧迫による Valsalva 網膜症や深部脳静脈血栓)による網膜出血が後極部で一部併存していることはあり得る。しかし、広域で動脈と静脈両方から出血することを説明できないので、AHT(揺さぶり)の診断に影響はない。

【参考 35】

AHT(揺さぶり)では、① 基礎疾患がない、② 循環障害による動脈出血は考慮する必要がなく、静脈出血が動脈まで達することもない(参考 32, 33)(Q&A 9, 12~14 を参照)。したがって動脈と静脈の両方から出血するのは外傷による場合だけである、という点を理解することが重要である。眼底検査で動脈と静脈の同定困難な状態のときどのように出血分布を判断するかについては、参考 36 を参照。

【参考 36】

網膜の全周で広域に出血を起こすのは硝子体の全体的な牽引しか考えられないが(crush injury との違いは Q&A 23 を参照)、その働きは均等ではない。硝子体接着が強い部分(後極血管アーケード、視神経乳頭周囲、網膜血管上、硝子体基底部付近)に出血が起こりやすい²⁾⁽³⁾⁽⁶⁾⁽³²⁾⁽³³⁾。毛細血管から多数の出血点・斑が起こっているが、大小や幾分の分布不均等がある(図 4)。しかし、眼底全体でみれば、出血は円周方向全周にわたる。動脈と静脈を同定できなくとも両者が走行すると想定される範囲で出血点・斑が分布していれば、動脈と静脈両方からの出血と判断できる。本手引きでは、これを「動脈域と静脈域ではほぼ均一に分布する」と表現する。

【参考 37】

図 18 からは、静脈血うっ滞による出血が動脈付近まで及べば、毛細血管は全域虚血となり、それより後方(視神経側)はさらに重篤となる。網膜静脈が完全閉塞(うっ滞)するのは網膜中心静脈閉塞症の虚血型(完全型)や重篤な静脈分枝閉塞症であり、出血は静脈と動脈の間に広がるとともに、毛細血管網が消失する⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾。一方で、AHT(揺さぶり)と鑑別を要する静脈血うっ滞疾患では、静脈の完全閉塞は起こり得ず、静脈近傍の出血となる。後極部は血管が密に走行するので判別しにくい、末梢側では出血が静脈とその枝に沿い、離れても孤立的に存在する程度である(図 1C, G, 図 5A)。AHT(揺さぶり)での動脈静脈を含んで全体的に広がる形で異なる(図 1B, F, 図 4)。

【参考 38】

Crush injury(交通事故や高所落下、重い物に眼窩ごと押しつぶされる事故など)では、① 眼球壁変形、② 内境界膜下大量出血、③ 硝子体牽引(眼球壁の大きな変形に伴う相対的牽引)の 3 つのメカニズムが起こりうる^{44)~46)}(Q&A 23 を参照)。強い衝撃によって皮膚損傷、頭蓋・眼窩骨の変形・骨折、前眼部などの眼球損傷を伴う。

【参考 39】

ひだの形は布に皺を作る方法、① 布の下に段差ができる、② 布を横方向に押す、③ 布を持ち上げると考えれば、分かりやすい。

【参考 40】

司法などの社会的にはカルテの眼底図と眼底写真が重視される。AHT を診察すれば、患児の児童相談所への通告や送致、裁判(刑事、民事)の相談に関わる可能性がある、カルテの眼底図を記載することが重要である。

【参考 41】

AHT のほとんどは頭蓋内出血や打撲などの全身症状(Q&A 1 を参照)によって救急外来や小児科、脳外科を受診した際に発見され、頭蓋内出血や脳障害が見つかって眼科に依頼され、特徴的な眼底所見が見出されている^{1)~6)}。AHT(揺さぶり)では、特徴的な広域網膜出血、網膜分離、網膜ひだは、頭蓋内出血や脳実質傷害と合併しており、特に強い硝子体牽引が働いた重症眼症状が頭蓋内病変なく単独で起こることは考えにくい³⁾。網膜出血は消退するが、網膜分離や網膜ひだは軽微なものを除き瘢痕を残す。過去に脳症状の既往がない原因不明の網膜ひだや多発性網膜分離の瘢痕は報告されていない。そのような瘢痕は生涯消えることはない、3 歳児健診や学校健診(視力検査がきっかけ)さらに後の成人健診(眼底検査)などで見逃されるはずがない。一方で、外傷があったと分かっていたら、その瘢痕についてはその後の議論にならない。以上は、網膜ひだや多発性網膜分離が脳傷害と同時に起

こり、最初の受診で脳症状とともに発見されたことを意味している。

【参考 42】

眼球は大部分が頭蓋・眼窩骨、筋肉と脂肪で保護されているので、一般に前方からの打撲で打撲部と後極部付近に傷害が起こる。全方向から打撃が繰り返されたとしても、骨や軟部組織で保護されているので広域の網膜出血にならない。また、硝子体腔は水分で占められている。網膜の外傷には、硝子体の水分の急速な動きが大きく関わる。眼球打撲においても(図 17)、揺さぶりにおいても、硝子体の水分とそれに伴って硝子体線維がどのように動くかを考えることが重要である(Q&A 20, 22 を参照)。

【参考 43】

圧迫力では隕石クレーターのような網膜振盪症(浮腫)になり、その中に出血する⁷⁾³¹⁾。ほかの力、例えば剪断力が働いた痕跡(断層や全体の崩れ)もない(Q&A 18 を参照)。Crush injury(交通事故や高所落下、重い物に押しつぶされる事故など)で眼窩骨ごと眼球が大きく変形すれば、出血や傷害が起こり得るが、体表傷害や骨折を伴い、眼底所見も AHT(揺さぶり)と異なる(Q&A 23 を参照)。AHT における重篤な打撃については、体表傷害や骨折が参考になるが、第 2 章 13 を参照。

【参考 44】

成人の後部硝子体剥離に伴う出血は小児で起こらない。年長児で激しい振動によって乳頭周囲が牽引され軽微な出血が起こることはあり得る。

【参考 45】

欧米では、打撃のみで網膜出血がない AHT は 25%、mild および moderate の網膜出血は 1/3 とされている。AHT の頭蓋骨折合併は 25~40%、頭皮傷害単独も含めればそれ以上で、打撃傷害の割合が多く重要視されている²⁾³⁾⁶⁾。一方、日本では網膜出血を伴わないことが欧米に比べて少なく¹²⁾¹³⁾、また網膜出血の 15%に頭蓋骨骨折を伴うが、網膜出血の形態や分布には影響はみられない¹³⁾。頭部打撃単独では、crush injury のような極端な場合を除き、眼窩を含まない後部であれば、AHT のような眼底病変を起さないと考えられている²⁾³⁾。揺さぶりと一般的な打撃ではメカニズムと眼所見が異なるので、本手引きのようにまず両者を分けてそれぞれの特徴を理解することが適切である。極度や繰り返しの眼球打撲や眼窩骨折を伴う場合は眼底像が複雑になるが(図 20)、このような例外的ともいえる外傷は比較的まれである。体表傷害や骨折を含めて受傷の程度と状況を判断する。全眼球的な治療を要することもある(Q&A 26 を参照)。

【参考 46】

視神経傷害、頭蓋内出血に伴う Terson 症候群などが関わることもある。

第3章 Q&A—さらに詳しい理解のために—

Q1 AHTの初診時の主訴や症状はどのようなものがあるのでしょうか？

A 救急外来への受診時の訴えは、元気がない、ぐったりした、意識がない、哺乳力が弱い、泣き方が弱い、ソファやベッドあるいはテーブルから落下した、つかまり立ちなどで転倒したなどです。初診時の臨床症状は、意識障害、嘔吐、けいれん発作、呼吸困難、心機能障害、皮膚の痣(あざ)、大泉門膨隆、瞳孔異常などがあります。打撲を伴えば、皮膚裂傷、皮下血腫、骨折もみられます。各診療科が直ちに精査を始め、全身管理や頭蓋内出血の処置が行われる中で、眼科医が呼ばれることとなります。眼の視診症状は瞳孔異常くらいで、顔面打撲を伴えば外傷痕がありますが、ほかはありません。本手引きに沿って眼底を診察してください。

Q2 眼科医がAHTの診断をすることがあるのでしょうか？

A AHTを眼科医だけで診断することはありません。AHTは病院の関連するすべての診療科が一緒になって診断します。AHTの患児が眼科を最初に受診することはきわめてまれと思いますが、もし顔面打撲などでAHTを疑う眼底出血をみた場合は、すぐにAHTの診断ができるチームがある総合病院へ送るべきです。その病院でさまざまな診療科が診察して総合的に診断し、眼科は眼科所見を述べることになります。眼底所見はその診断においてきわめて重要な根拠となります。AHTと診断されれば、児童相談所や警察への通告を病院が行いますが、眼科医が児童相談所や警察を含めた司法関係者から説明を求められることが多々あります。診断だけでなくこれら対応の点から、眼底を確実に観察し、記録し、AHTをよく理解することが重要です。

Q3 小児の網膜所見を確認できるか不安です。どのようにすればよいのでしょうか？

A AHTの症例をみたことがある眼科医は少なく、初めてみた場合は不安に思うのは当然です。院内に網膜の専門家がいたら一緒に診てください。打撃を受けた網膜傷害との違いはすぐに分かるでしょう。揺さぶりによる所見は、この手引きにあるポイントを確認していただきたいのですが、簡単な内容ばかりです。出血分布の均一性は、成人の網膜中心静脈閉塞症の非虚血型(不完全型)の初期と異なると思えばよく分かります(小児で網膜中心静脈閉塞症は起こりませんが)。出血分布の概形も

鑑別疾患とまったく違います(図1)。眼底写真を撮って後でみれば、出血の動脈・静脈由来がかなり分かりますが、中間周辺部、周辺部では上記の均一性で十分です。写真はむしろ出血が少ない非典型例で有用です。眼底の判断が分からない場合は、小児眼科や網膜の専門家に問い合わせればよいでしょう。眼底チャート図に病変を記載し、可能なら眼底写真を撮っておけば、相談の際にも有用です。

Q4 AHTの網膜出血は「多層性多発性」と言われますが、どのような意味でしょうか？

A まず「網膜出血」だけではまったく意味がありません。「網膜に血が出ている」と言っているだけで、形状や分布が何も分からないからです。「多層性多発性出血」という言葉は、ある程度は要領を得た表現ですが不十分です。「多層性」は、網膜のさまざまな層内(網膜層の縦方向)と層外に出血していることです。網膜毛細血管の広がりに応じてさまざまな深さで出血が起こりますが、AHT(揺さぶり)は外傷として層内分布が普通より広めで、さらに層外(網膜上、網膜下)にまで及ぶという意味です(図2、図3)。ただ、毛細血管網は網膜のかかなりの層に分布しており(図3)、他疾患でも網膜出血は層内のさまざまな部位に出血し、時に網膜上や網膜下に及び、打撃外傷なら脈絡膜出血も起こり得るので、「多層性」にあまり捉われる必要はありません。出血の深さや形態(線状、斑状、火炎状など)を細かく評価する必要もありません。それでも、AHT(揺さぶり)は硝子体牽引による外傷で、毛細血管は周辺部まで網膜表層に分布するので、網膜表層の点状・線状出血が起こりやすいこと、牽引が強ければ網膜深層や脈絡膜まで傷害が及ぶことを理解することは大切です。

「多発性」は平面分布でたくさんの出血点があるという意味ですが、その範囲を示さなければ意味がありません。図1をみれば分かりますが、直像眼底鏡で後極部だけをみればすべて多発性となって違いが分かりません²⁾。眼底は地球儀のごとく緯度(前後方向：後極部、中間周辺部、周辺部)と経度(円周方向)で病変の位置を示すのが鉄則で、倒像眼底鏡によって出血分布を観察すれば鑑別疾患との違いは一目瞭然です。分布なくして眼底疾患はまったく語れません。ですから、眼底チャート図で表現することが何より重要です。AHT(揺さぶり)典型例では、円周方向は全周に、前後方向は後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで出血点・斑が多数分布します。密に分布した場合、周辺部まで及べば、眼底写真計測の概算や光凝固斑を行う数から考えても、約1,000か所あるい

はそれ以上であり、AHT(揺さぶり)の出血がほかと比べていかに異常かが分かります。これを示すために、出血を数えたり正確なスケッチする必要はありませんが、簡単でも眼底チャート図で出血の分布を記録することが重要です(図7)。

Q5 小児で網膜出血が起こる疾患をあまりみたことがないのですが、鑑別できるでしょうか？

A 誰もが初めてみたときは「こんなに眼底に広がる多くの出血はみたことがない」と驚愕します²⁾³⁾⁶⁾。まず頭に浮かぶのは血液疾患、あとは代謝疾患、感染症でしょうが、後方に密、周辺で疎の網膜毛細血管分布のもとではこれほどの広域多数の出血は起こしません。網膜毛細血管は表層だけが周辺部まで存在しており、硝子体の近くが傷害されやすいので、出血は周辺部まで広がるのです。基礎疾患が否定されていれば、AHT(揺さぶり)典型例のような網膜出血は、小児でほかに例がないと認識することが大切です。その異常さをまとめると、「眼底のきわめて広域に、きわめて多数の出血が、動脈と静脈の両方から、両眼に、急性に、一過性に起こる」になります。言い換えれば、「後極部から中間周辺部あるいは周辺部に至るまで、数えきれないほど多数で(周辺部まで及べば約1,000を超える)、血管壁が壊れる」となります。それが「きわめて短期間で一斉に起こり、その後再発しない(同じ暴力行為が繰り返されなければ)」ような鑑別候補はまずありません。そして、「基礎疾患がない状態で動脈と静脈の両方から出血する」のは外傷であり、これらを総合するとAHT(揺さぶり)しかあり得ないのです。AHT(揺さぶり)全例で網膜出血が眼底周辺部や中間周辺部に及んでいるわけではなく、時には後極部に限ることもあります。左右差があり、片眼が正常の場合もあります。それでも第2章4にある出血の形態と分布の特徴を理解すれば診かたが明確となり、上記文章を頭にとどめて眼底を観察してください。不安であれば、院内の網膜専門家や院外の専門家に相談すればよいのです。眼底写真を広範囲に撮っておけば、後での検討や相談にとっても有用です。

Q6 手引きやチェックリストをみても、内容が多過ぎて覚えきれません。

A まず第1章の簡易版を読んでください。AHT(揺さぶり)典型例は「全身や眼に基礎疾患がない状態で、きわめて多数の網膜出血が、中間周辺部あるいは周辺部に至るまで、円周方向に全周に、動脈と静脈の両方から、急性に、一過性に、両眼に同時に、起こる」ですべてを言い表すことができます。ほかに類例がなく、これで十分です。AHTをみたことがなくても、「眼の基礎疾患がな

い」、「きわめて多数の網膜出血」、「眼底後極部より広い範囲に」を把握するだけで、かなりの鑑別疾患を除外できます(注)。次に、「中間周辺部あるいは周辺部に至るまで」、「円周方向に全周」、「動脈と静脈の両方から(ほぼ均一分布)」、「両眼に同時に(左右差、片眼性もある)」が加わればAHT(揺さぶり)の特徴になるので、アンダーライン3つだけ注目して眼底をみればよいので簡単です。

あとは出血の新旧、網膜分離と網膜ひだの特徴に注意しましょう。出血、網膜分離、網膜ひだは、ほかの疾患でも起こりますが、AHT(揺さぶり)のメカニズム「硝子体の牽引」に合致する特徴を見出すことが大切です。各所見のメカニズムは第2章4、5に書いてあるので、AHTを理解し説明する場合に役立ててください。

注：出血が後極部だけの場合には、鑑別疾患との区別が難しいことがあります。AHT(揺さぶり)の後極部の出血に鑑別疾患によるものが一部関与している可能性もあります。しかし、AHT(揺さぶり)の広域出血を説明することはできません。後極部に接する中間周辺部後方では判断が紛らわしいこともあり、写真判定や、専門家に相談してください。

Q7 網膜出血に漏出・滲出の要素はないのでしょうか？

A 急性の外傷なので、考える必要はありません。これほどの多数の部位で血管壁から血漿が漏れ出せば、網膜は滲出性(細胞外)浮腫となり、やがて滲出斑(硬性白斑)で溢れるはずですが(AHT(揺さぶり)はこれほどの出血で大量出血も伴えば少しの残渣はあるかもしれませんが)。200 μm 径の出血点であれば、厚さにもよりますが、数千個もの赤血球が含まれます。網膜血管径は50 μm 程度、毛細血管径は5~10 μm で、赤血球の大きさは8 $\times$ 2 μm 、白血球は10~15 μm なので、血管壁が大きく壊れなければ血管外に出ることはありません。ですから、出血点・斑のすべてで網膜血管壁が破綻しています。ただし、硝子体の牽引が特に強く網膜が引き上げられるような状態(網膜ひだや隆起)の場合は、その領域の網膜が白くなることがあるので、滲出性浮腫と間違えないよう注意しましょう(図14)。

Q8 網膜出血の由来が重要とのことですが、眼底検査で動脈と静脈を見分けるのは難しいと思います。

A 小児は眼球が動きやすく、多くの出血が分布していれば、分かりにくいのは当然です。周辺部あるいは中間周辺部の赤道寄りなら、動脈と静脈は交互に放射状に走行していますが、それでも判別は難しいでしょう。動脈と静脈が走行していると想定される領域で、大小や幾分

の不均衡はあっても出血点・斑がほぼ均一に分布していれば AHT(揺さぶり)と考えることができるのです。静脈血うっ滞による静脈出血は動脈付近までは及びません。酸素が70%欠乏すれば神経は細胞死に至るので、静脈血うっ滞では網膜毛細血管網の完全閉塞どころか約70%閉塞も考えなくてよいのです。眼球外打撲では打撲部位(coup)と対側(contrecoup)の1方向しか出血しません。ですから、「出血がほぼ均一」で鑑別できることになります。「完全な均一」を潔癖に気にすることはありません。硝子体が網膜全域に均等に力を加えるとは限りませんし、出血は血管など硝子体の接着が強い部分に起こりやすく、大小や幾分の不均等もありますが、毛細血管域にも起こるので、「ほぼ均一」であれば十分です。網膜静脈閉塞症の非虚血型(不完全型)の初期とは違うと思ってみるのがコツです。まず「異常に多い出血がある」、次に「広くほぼ均一に分布」をみてください。

Q9 なぜ AHT(揺さぶり)で網膜動脈からの出血を重視するのでしょうか？

A 出血のメカニズムで述べたように、動脈出血は基礎疾患、循環障害の動脈血栓と動脈血大量流入(胸部圧迫による Purtscher 網膜症の一部)、外傷で起こります。しかし、動脈血栓はすぐに分かります。

Purtscher 網膜症の出血は後極部付近に限局します。後極部は血管の数が多く血流と血圧上昇に対する負担が大きい一方で、末梢では血流・血圧が徐々に減少し、急な変化も減殺されるからです。動脈がある場所で出血すれば、その下流は血流が停止ないし低下するので、1つの血管の枝に複数の出血点・斑は存在しません。下流の支配領域は虚血のため網膜浮腫(神経細胞膨隆)や軟性白斑(神経細胞死)が生じます。基礎疾患がない状態で動脈から(静脈とともに)広域に多数出血するのは、外傷しかありません。

出血が多い場合、いちいち動脈を同定する必要はありませんが、出血が少ない非典型例では後極部で動脈出血に沿った出血が参考になります。その場合は、同じ枝に複数の出血があること、網膜浮腫や軟性白斑を伴わないこと、胸部圧迫の既往の有無で Purtscher 網膜症と鑑別できます。

Q10 AHT(揺さぶり)では必ず動脈と静脈の両方から出血しているのでしょうか？

A 網膜では動脈と静脈が表層の同一平面にあるので(表層毛細血管網を含む)、硝子体牽引によって両方から出血が起こります。出血がきわめて多い典型例の話になりますが、必ず「基礎疾患がない」、「後極部から中間周辺部あるいは周辺部に及ぶ」を考慮してください。出血

分布が何より重要です。ただし、出血点・斑が数個のようなくわすかしかない非典型例(図 6B)は判断できず、この限りではありません。基礎疾患は一般に十分な検討が行われており、鑑別疾患は第1章8、第2章12にあるとおりに除外されます。出血だけに注目すべきでないことはいうまでもありません。漏出(滲出)(細胞外浮腫、硬性白斑)、神経細胞障害・細胞死(細胞膨隆による浮腫、軟性白斑、神経線維欠損、変性、網膜血管白鞘化)の有無を考える必要があります。AHT(揺さぶり)の出血点・斑はきわめて多数とはいえ、膨大な毛細血管網のごくわずかが破綻するので、これらはほとんど起こりません(参考18)。

Q11 網膜静脈からの出血は動脈出血と違って、後極部から周辺部へ、毛細血管から動脈付近まで広がるのでしょうか。その場合、AHT(揺さぶり)と鑑別できますか？

A 静脈からの出血は動脈とメカニズムがまったく異なります。静脈が閉塞して血流が障害され、そのすぐ上流から血液が溜まっていき(静脈血うっ滞)、血管壁が内側から圧迫されて破綻し出血します。閉塞部位は、網膜中心静脈あるいは灌流先の脳静脈、頸部や胸の静脈、心臓が考えられます。静脈血うっ滞は上流に向かって進行するので、出血は後極部から周辺部へ、静脈から毛細血管網を経て動脈近傍へ順に広がることになりますが、容易には進みません。後極部は閉塞部位に近く、血管が多く、動脈・静脈間の距離が短く、血流量が多いので、出血が起こりやすいのです。しかし、中間周辺部から周辺部へ向かうにつれ動脈・静脈間は離れ、血流量も少なくなり、うっ滞と出血部位が広がりにくくなります。そのような場所で出血が静脈から動脈まで及べば、網膜全域の循環障害を意味します。このような網膜全虚血が起こるのは網膜中心静脈の完全閉塞(成人の網膜中心静脈閉塞症の虚血型)だけです。Terson 症候群、胸部圧迫、深部脳静脈血栓ではこのような完全閉塞は起こりません。静脈血うっ滞のメカニズムが違い、網膜中心静脈が単独に完全閉塞することはあり得ないからです(図 1C, G, 図 18, 図 19)(Q&A 12を参照)。

Q12 なぜ静脈うっ滞によって網膜動脈近傍までの出血、網膜中心静脈の完全閉塞が起こらないのでしょうか？

A 網膜で静脈由来の出血が毛細血管網を遡って動脈近傍まで及ぶのは、成人の網膜中心静脈閉塞症虚血型(完全閉塞)、重篤な網膜分枝閉塞症だけです。この場合、網膜中心静脈は動脈硬化による直接圧迫や血管炎で完全閉塞し、網膜動脈の血流まで停止します。AHT(揺さぶ

り)と鑑別する静脈うっ滞疾患は網膜中心静脈の直接圧迫ではないので、完全閉塞(血流停止)しません。

Terson 症候群は、視神経周囲の髄液圧上昇が網膜中心静脈を視神経ごと圧迫します。視神経内では、網膜中心静脈は最大の血管なので、もし髄液の圧迫で完全閉塞すれば、それより細い血管はすべて圧迫閉塞されるはずです(図 19)。もともとは頭蓋内圧上昇なので、脳内も血管の重篤な圧迫閉塞は免れ得ず、それだけでなく脳ヘルニアも起こって生命を維持できません。胸部圧迫では、胸部大静脈や心臓の灌流を完全停止させ続けられない限り、上流の一部の分枝である網膜中心静脈血流が完全停止しません。しかも大静脈に灌流する全身の血管で血流障害があるはずで。

眼球(網膜)内で考えれば、pooling vessel に乳頭側から順に血液が溜まって血管壁が壊れていくので、血管密度に従う基礎疾患の出血分布に比べ、さらに周辺へ向かって広がりにくいのです。髄液圧が高くなれば、網膜中心動脈から網膜内への血液供給が減少します。出血部位はせいぜい中間周辺部まで、そこでも静脈の枝に沿って、あるいは近傍に出血が少数散在する程度です(図 1C, G, 図 5A)。眼底全体の圧迫ではありますが、網膜中心静脈と動脈、その第一分枝部の閉塞状況は目で見ることができます。緑内障によってきわめて高眼圧になっても、視神経乳頭の網膜中心静脈の血流は途絶えませんが、網膜中心動脈には拍動が出現します。さらに高圧になれば静脈閉塞が重篤になる一方で、動脈からの血液流入は減少するので、静脈血うっ滞は進行しにくくなります。網膜硝子体の検査や手術で眼球圧迫や眼圧を上昇させると、動脈とそれに比べて容積比が大きい静脈の両方ではほぼ等しく血柱が減弱するので、網膜中心静脈だけが完全閉塞することはないでしょう。頭蓋内圧の正常値は 5~15 mmHg であり、脳がこのような高圧に耐えられるとは思えません。Terson 症候群は、網膜中心動脈が大きく閉塞しない状態で、軟らかい網膜中心静脈が圧迫されてうっ滞するので、出血分布は後極部近辺に限局して広がらないのです。

深部脳静脈血栓(海綿静脈洞、内大脳静脈)も同様で、網膜中心静脈血流が完全停止するならば、灌流先の深部脳静脈で血流が完全停止し続け、脳静脈洞に灌流する視神経、脈絡膜、眼窩組織、脳のすべてで血流が停止するはずです(一部の静脈迂回はあるにせよ)。胸部圧迫では、網膜中心静脈は完全閉塞せず、圧迫し続けることはなく、繰り返してもうっ滞血は容易に広がりにくいです。

ですから、AHT(揺さぶり)で網膜中心静脈の完全閉塞による網膜の広域出血を考える必要はないのです。よほどの極端な場合(頭蓋内巨大動脈瘤破裂による高度頭蓋内圧亢進、縊死、交通事故による胸部重度圧迫など)ならある程度の網膜静脈出血が起こり得ますが、静脈血うっ滞であることは変わりなく、網膜中心静脈だけが完

全閉塞することはありません。通常の静脈血うっ滞では後極部付近の静脈が主体です。

Q13 静脈血うっ滞の原因がいくつか組み合わさって、網膜中心静脈の完全閉塞が起こることはないのでしょうか。また、静脈血うっ滞とそれ以外の原因が組み合わさったらどうでしょうか？

A AHT(揺さぶり)と鑑別する静脈血のうっ滞(Terson 症候群、深部脳静脈血栓、胸部圧迫)で、いずれでも網膜中心静脈の完全閉塞が起こらない理由は Q&A 12 に述べましたが、これらを組み合わせても完全閉塞が起こることは考えられません。どのように組み合わせても、網膜中心静脈に完全閉塞が起こるなら、視神経や脳の一部なども重篤な循環障害を免れないからです。例えば、頭蓋内圧亢進が 50%、静脈洞血栓閉塞が 50% 影響するとしたら、網膜中心静脈と網膜への影響は合計で 100% になりますが、視神経や静脈洞に灌流する脳の部位も 100% になってしまいます。

複数の原因が組み合わさった場合、例えば静脈血うっ滞と眼球打撲が合わさった場合は、打撲部位(coup)と対側(contrecoup)に出血が加わりますが、それで全周広域の出血にはなりません。各々の原因がどこの出血分布に結びつくかを考えれば分かります。異なる原因の足し算で分布が広がることはなく、原因に相当する領域の出血数が増えるのが普通です。一般に、毛細血管網を含む血管は後極部にきわめて密に存在するので、後極部の出血点・斑の数が増えるだけで、血管が疎な中間周辺部から周辺部までは容易に広がりにくいです。一方で、硝子体牽引によって起こる AHT(揺さぶり)の出血は硝子体に近い網膜表層(神経節細胞層と神経線維層)に起こりやすく、毛細血管網は周辺部まで表層が存在するので、出血が周辺部まで多数分布するのです。

Q14 網膜の中で、毛細血管は 3 層になって分布しています⁵⁸⁾。静脈血うっ滞による出血の分布において、これを考慮する必要があるのでしょうか？

A 考慮する必要はありません。図 21 のように後極部では網膜が厚く、毛細血管は表層、中間層、深層の 3 つが分布していますが、周辺に向かって網膜が薄くなるにつれ、赤道部付近で中間層血管網がなくなり、周辺部で深層血管網がなくなり、表層血管網のみになります³²⁾³³⁾。図 21 は高解像度光干渉断層計(OCT)から想定した後極部の 3 層の動脈血(赤)、静脈血(青)の分布を示しています⁵⁸⁾。静脈血うっ滞が起こればその程度は層別に青のような分布差になると考えられます。この図(後極部)で静脈出血が動脈付近まで及んでいけば、少なくとも深層あるいはその他も血流うっ滞が動脈直下に達し

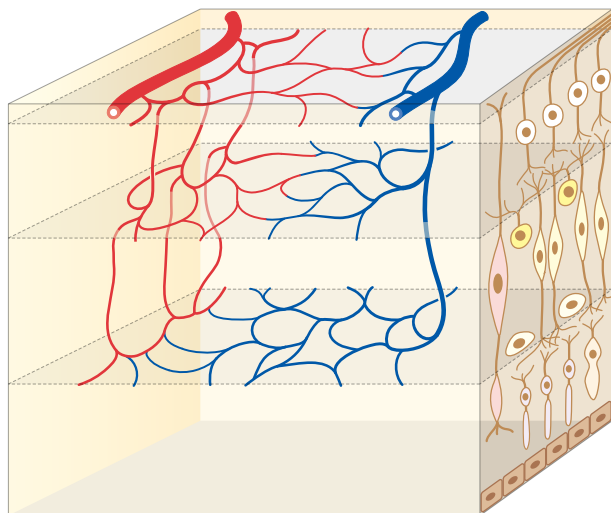


図 21 網膜後極部の毛細血管の模式図。

ていることになり、その層の網膜細胞は細胞死に陥ります。これは毛細血管網が周辺に向かって2層になる場合、1層になる場合も同じで、眼底観察で上からみて動脈近傍にまで出血が及んでいれば、少なくとも1層の完全虚血と細胞死によって、網膜層間の信号伝達は遮断されるはずで、さらに神経は酸素を要し、動脈血酸素濃度が70%失われれば死に至るとされているので、完全虚血でなくても網膜の機能は失われます。ですから、静脈血が動脈まで及んでいるかだけを議論すればよいだけで、層別の血流は考える必要がありません。

Q15 網膜出血は一過性なのでしょうか。出血の新旧にはどのような意味があるのでしょうか？

A 外傷なので一過性であり、慢性疾患の出血とは異なります。このような多数の出血が慢性に続いていれば、滲出斑(硬性白斑)や網膜変性があるはずで、受傷後は長期間にわたって経過観察しても、二度と出血しません。ただし、初診までに機会を逸えて暴力的揺さぶりが繰り返されていれば、新旧混合の出血となります。CTやMRIによる頭蓋内出血や外表の傷、骨折などの新旧とともに重要なので、出血の新旧を確認してください。

Q16 網膜出血はどのくらいで消退するのでしょうか。また、ほかの病変を含めて後遺症はないのでしょうか？

A 数個程度の小さい出血点は1~2日で消退して同定できないことがあります。多数の出血がある典型例では、小さな出血点は2~3週ほどで、程度によりますが大きな出血も1~2か月ほどで消退します。出血が軽度であれば自然消退して瘢痕を残しませんが、きわめて多数の出血、内境界膜剥離を伴う大量出血、多数の網膜分離、網

膜ひだがあれば、網膜は変性、瘢痕化し視力に影響を及ぼします。殊に黄斑部が傷害されれば、視力予後は不良です³⁾⁶⁾³⁶⁾。網膜の瘢痕や視力予後の経過観察が必要です。硝子体出血や後極の大きな網膜前出血、内境界膜分離下出血が遷延する場合には、硝子体手術を検討することがあります³⁶⁾。

Q17 出血が時間とともに広がることはあるでしょうか？

A 出血が広がるのはよくあることですが、出血の量が増えるのか、部位が増えるのか、メカニズムを考慮する必要があります。出血塊が硝子体内で融解する、いったん止血した場所から再出血するのが大部分です。見えなかった小さい出血点が拡大したり、破損していた血管壁から新たに出血すれば、ある程度出血点・斑の数が増加することもあります。これらはよくあることで、眼底写真撮影を繰り返し行えば比較できるでしょう。しかし、出血点・斑の数が倍になるなど顕著に増加すれば、同じような暴力的揺さぶり行為が繰り返されたことも考えるべきです。

Q18 なぜ硝子体の牽引力が働いたといえるのでしょうか。硝子体がさまざまな方向に動いた場合、牽引力以外の力は働かないのでしょうか？

A AHT(揺さぶり)は外傷です。一般に、外傷では力の種類によって傷の形が異なるので、それを考えれば分かります。外傷患者が受診した場合、我々は傷の形でどのような力が働いたかを判断します。働く力と傷の形の種類は、牽引力(裂傷)、圧迫力(鋭的:切傷、刺傷、鈍的:挫滅傷)、摩擦力(擦過傷)、ねじれ(捻転、渦巻状)、剪断力(一撃なら縦断層や層の横ずれ、繰り返し揺さぶれば全体の崩れ)になります。網膜の傷跡がどれかを考えればよいことで、AHT(揺さぶり)では網膜分離、網膜ひだのような裂傷であるので、牽引力が働いたことが明らかです(注1)。網膜全域にほぼ均一に点状・斑状の出血を起こすことも、全域に接着する硝子体線維の牽引によるとしか考えられません。

ほかの傷の形は一切ありません。圧迫力(眼球打撲、落下)の傷は隕石のクレーターようになって、その中心に出血するのでまったく異なります(図1D, H, 図5B)。剪断力は互い違いの力によって断層ができ、一撃なら地震の崖崩れ、繰り返せばゼリーを揺さぶって硬さの差がある所に小断層ができ全体が崩れるようなものです。軟らかい網膜で起こりそうなのですが、AHT(揺さぶり)では関係ないと思います。崖やゼリーが崩れれば、その模様(崖斜面の木々、ゼリーのデコレーション)が大きく乱れますが、網膜の模様(葉脈のような血管網構造)が

まったく乱れていないからです。遠心力(実際は向心力)は、大部分が牽引力で一部に圧迫力が働きますが、回転速度の2乗に比例するので、揺さぶりの往復運動では考える必要がないでしょう(注2)。

AHT(揺さぶり)における硝子体牽引力の働き方は、硝子体線維と網膜の接着が毛髪に似ていると考えれば分かりやすいでしょう。毛髪をどの方向に引っ張っても毛根部で出血するのと同じことです。硝子体が網膜全域で接着しているので、前後・左右・上下回転どの方向に動いても網膜全域に点状・斑状出血が起こり得るのです。

硝子体は揺さぶられて往復運動するので、網膜を牽引するだけでなく圧迫もしています。しかし、牽引力のほうが破壊効果はるかに大きいのです。我々の周りの空気の大きな空間で、牽引のほうが長い時間さまざまな方向に働きやすいことを考えれば分かります。糸や紐、布や紙は押すより引くほうが切れやすく、破れやすいですし、手術で臓器・組織を鉤や器具で圧迫するより牽引するほうがはるかに危険なのは誰もが承知しています³⁴⁾³⁵⁾。硝子体腔は空気ではなく水で満たされていますが、網膜に接する大きな空間なので、牽引力が効果的に働くのです。

注1：網膜分離、網膜ひだは他のメカニズムでも起こりますが、硝子体牽引との鑑別は第2章5で解説してあります。

注2：方向転換時は速度=0、ほかでも速度は速くありません。

Q19 硝子体線維が網膜を牽引することは分かりますが、線維が細いのでスケールが違いすぎませんか？

A 硝子体線維の直径は10~25 nm、毛細血管の直径5~20 μm なので1,000倍、それより太い100 μm 径血管では10,000倍スケールの違いになります。ただ、硝子体線維1本1本が網膜壁を傷害するわけではありません。電子顕微鏡でみると、血管が太いほど、硝子体線維は多数が束になって接着しています。したがって、血管の太さに応じて強い牽引がかかることになります。硝子体線維が網膜を牽引することは「毛髪をどの方向に引っ張っても毛根部で出血するようなもの」と例えましたが、太い毛が引っ張られて大きな出血が、細い毛が引っ張られて小さな出血が起こるようなものです。AHT(揺さぶり)の小さな点状出血の多くは血管の枝から離れた位置にあり、毛細血管破綻によるものでしょう。比較的大きな血管が破れれば点状出血では済みません。ですから、「硝子体線維の牽引によって、網膜血管の壁が破綻して出血する」と表現して構いません。

Q20 どのように揺さぶられれば網膜出血が起こるのでしょうか？

A 第1章3、第2章3で硝子体が動くと書きましたが、閉鎖腔である硝子体腔の中で硝子体全体が一側に移動するわけではありません。そうであれば、反対側は真空になってしまいます。水の流れができるのであり、飛蚊症における硝子体の動きを考えればよく分かります。硝子体線維の網膜硝子体界面での動きは、水流で水草がなびくようなものです。網膜を含む眼球壁と硝子体の動きの相対的な差も影響します。小児では成人の液化硝子体と違って、硝子体の粘性は高く、硝子体と網膜の接着は強固なので、網膜全体に働く力の影響が大きいのです。網膜全域に力が及ぶのは硝子体を全体的に掻きまわすではなく、暴力的にきわめて強く揺さぶる行為だけが可能です。

物理的には頭部の動きを介して硝子体の動く力(力積、エネルギー)が網膜に傷害を与えるかを検討することになります。難しいことは考えず、まずは日常の運動とは違う異常な動きや力の加わり方が硝子体に起こったと考えるべきです。しかし、足をねじるような、通常と異なる方向や種類の力が働くとは思えません。

一般に繰り返し力を加えて物体を壊す場合、一撃で壊す力(限界値)に近い相当に強い力で繰り返さないと壊れません。弱い力を繰り返して壊れるのであれば、揺り籠で揺する、眼振や眼球運動、乗り物の振動、通常の身体運動、さらには競技のような激しい運動を繰り返せば網膜出血が起こることになりますが、そんなことはありません。喘息発作やけいれんで起こらないのはこの理由です(Valsalva網膜症でごく軽度の静脈出血が起こる可能性はあります)。そうなると、極端に激しい力を一撃で加えるか、一撃で壊れる限界値の80%くらいの力を繰り返すか、そこまで力を増幅する方法でなければなりません。

増幅する方法の一つは振動です。振動によって揺れ幅(振幅)が次第に大きくなれば、高波のようにエネルギーが増大します。しかし、揺れが増大しやすい固有振動数は組織や部位によって異なりますし、頭部が揺れる方向は前後だけでなく左右、回転もあり、波の合成や干渉が一律にならないので、波の増大は難しいと思います。

もう一つの増幅方法は、頭が大きく動く最中に、体幹を逆方向に急速に動かすことです。頭が向こう側に動いている最中に体幹を強く手前に引けば、双方で引きちぎられるようになります。頭が向こう側へ動く運動エネルギーが保存されており、そこに反対方向の力が加われば、双方の運動エネルギーの和になるからです。この運動エネルギーの和が一発で壊れる限界値に近ければ、繰り返し加算が可能となります。例えば、頭の動き(前もって向こうに押す力)が限界値の40%、体幹を逆方向に引く力が40%なら、合計80%となって十分に繰り返し加算で壊

すことが可能となるでしょう。速度は変化するものの、例えば頭部が5 km/hで動き、逆方向に体幹が5 km/hで動くときは合計10 km/hで引きちぎられ、1回の振動でこれが往復2回起こるので、5回の揺さぶりなら10回、10回の揺さぶりなら20回繰り返えされて網膜に働きます。頭部と体幹がそれぞれ10 km/hなら合計20 km/hの引きちぎりの繰り返しで、速度が大きくなるにつれて傷害に関わる運動エネルギーは大きくなります。頭と体幹が逆方向に動く運動エネルギー和を大きくするには、頭が大きく振り切れて鞭打ち様になるとともに、体幹を逆方向に強く速く動かすことが効果的で、体幹を幅広く揺さぶることになるでしょう。座らせれば体重を支える必要もありません。このような暴力的で強い揺さぶりは、あやすとか遊ぶ、介抱や救命からは大きくかけ離れた行為です。これによって頸部に負担がかかりますが、それ以上に液体である硝子体と液体(髄液)の中の脳は頭部の中で大きく動かされます。特に頭部が傾いた状態での回転運動の往復(角速度転換)は、網膜の接線方向に強い牽引力を生じさせると考えられています^{3)(6)(13)(37)~(41)}。硝子体の能動的動きだけでなく、眼球壁と硝子体の動きの差(湯呑を回転して中の液体が動かないような慣性)も影響します。頭がぐらついている状態で揺さぶるのが危険といわれる所以です。

硝子体や脳の揺れ方について分かりやすく解説した動画がこども家庭庁から発表されているので参考にしてください⁵⁹⁾。コンピュータやモデルを用いた脳や眼のシミュレーション研究が行われていますが^{2)(3)(41)(60)~(62)}、2.2 Hz (12.57 rad/s)の振さぶりで網膜に3~16 kilo-Pascal (kPa)の負荷圧に達するとの報告があります⁴¹⁾。1 kPaは1 cm²の面積に約10 gの荷重がかかる圧なので、換算すると1 cm²当たり30~160 g、10 cm四方なら3~16 kgもの大きな負荷になります。動物実験は仔猪を強く揺さぶって軽度な網膜前出血、大量の脈絡膜出血が起こった研究もありますが、ヒトのようにはなりません⁶³⁾。動物は頭頸部や眼球の構造、組織の硬度、網膜血管構築がヒトとは大きく異なっており、動物愛護の点からも、このような実験は適切ではありません²⁾⁽³⁾。

Q21 網膜出血、網膜分離、網膜ひだで硝子体の牽引力の働きや強さが違うのでしょうか？

A 網膜出血、網膜分離、網膜ひだはいずれも硝子体牽引によって起こります(網膜分離と網膜ひだは網膜内大量出血でも起こりますが、判別法は第2章5を読んでください)。Q&A 18, 19で述べたように、硝子体線維は束となって網膜表面に接着し、網膜血管、黄斑部に強く、視神経乳頭周囲と硝子体基底部にはきわめて強く(線維の数が多く密に)接着しています。硝子体によって網膜が牽引されれば、まず網膜血管壁が破れて出血が起こり

ます。牽引力が強まれば、次に網膜の層が割れ(網膜分離)、最後に網膜全層が持ち上げられます(網膜ひだ)。網膜ひだが起こっているようなら、網膜出血の程度も重篤になります。このように病変によって加わった牽引力の大きさが分かるのです。

Q22 ソファやベッドから落ちたり、つかまり立ちで転倒した場合に網膜出血が起こるのでしょうか？

A 頭蓋内に出血し Terson 症候群が起こるのであれば別ですが、頭部に加わった外力が眼球内に伝達して出血が起こることは考えられません。屋内の落下事故、例えばテーブルや抱いている程度の高さから落ちてても、頭蓋骨折を伴っても起こらないとされています²⁾⁽³⁾⁽¹³⁾。眼球は眼窩骨に囲まれ、さらに脂肪組織や外眼筋に覆われており、最も保護されている臓器です。眼球後方、側方からその程度の力が網膜に及ぶことは考えられません。後ろに転倒して打撲力が網膜に伝達し出血するなら、顔面の皮膚や口腔、鼻腔粘膜にも出血するはずですが、外からの衝撃力は、網膜より外側の脈絡膜にまず働いて出血を起こすはずですが、それもあります。網膜に剪断力が働くことは、網膜内の模様である血管網の構造が乱れておらず、傷の形として断層や崩れもないことから否定されます。硝子体の動きを考える必要もありません。硝子体腔は脳のような髄液で囲まれた実質臓器と違って水分で占められており、硝子体線維は海中の海草のように水の流れによって動きます。眼球打撲では、眼球の変形とともに大きな水の動きが起こり、硝子体線維はこれに従います(図17)。しかし、低位落下や転倒程度の力は、骨や脂肪、筋肉の保護によって減衰し、眼球内に大きく強い水の動きを作ることができません。Q&A 23のように極度の力が働いて眼球が大きく変形すれば別ですが。

前方からの打撲なら防備が弱いので、眼球の変形と硝子体の後方へ向かう動きを作ることができ(図17)、打撲部位(coup)と対側(contrecoup)に傷害を起こすことがあります。その場合、眼瞼や角結膜の外傷、時には虹彩や水晶体の傷害を伴うでしょう。また、鼻が邪魔するので、両眼同時の打撲は考えにくいです。

Q23 交通事故や高い所からの落下による打撲の出血とどう違うのでしょうか？

A 通常の打撲では眼球変形は軽度で、coup-contrecoupで議論できますが(図1D, H, 図5B, 図17)、crush injuryでは眼球が大きく変形します。Crush injuryとは、交通事故や高所からの落下(10 mのような高さや2階から)、重い物で頭部を眼窩ごと押し潰されるような場合であり、これらは通常と異なって眼球が大

大きく変形します^{44)~46)}。これらの場合も、前方からの打撲で眼球変形が起こりやすく、眼瞼、角結膜、水晶体、虹彩が傷害されます。また、側方からの打撃や圧迫で眼窩骨が変形、骨折し、眼窩内組織ごと眼球が圧縮されます。このように眼球が大きく変形すれば、さまざまな種類の力が働く可能性があります。眼球壁に大きな段差ができれば、網膜断裂や出血、網膜ひだが起こることがあります。硝子体が網膜を強く押し付ける圧迫力、眼球壁が変形し大きく外方偏位するときに硝子体の動きが遅れば相対的な牽引力が生じます。そのような出血や病変は、眼球壁の変形や硝子体の動きの方向に応じて、偏在や分布の不均一がみられます^{44)~46)}。これは、AHT(揺さぶり)の「後極部から中間周辺部あるいは周辺部まで全周でほぼ均一に出血が起こる」とは異なります。

Q24 AHT(揺さぶり)で網膜ひだの発症率は高くないのに、なぜ特徴的として重視されるのでしょうか？ 高い所からの落下や交通事故による網膜ひだが起こったという文献もあります。

A 網膜ひだは網膜出血と同じ疾患における「症状」です。診断では「症状」の発生メカニズムが疾患概念に合致することに意義があります。網膜ひだのメカニズムは3つあると第2章に述べましたが、その中から硝子体牽引を証明することが重要です。ほかのメカニズム(大量出血)が混在していても構わず、牽引の所見が見出せばよいのです。網膜ひだはさまざまな疾患でも起こるのですが、それは気にせずともよく、AHT(揺さぶり)で硝子体牽引の所見があれば「特徴的」となるのです。

Crush injury(交通事故、高所からの落下、重い物に眼窩ごと押しつぶされるなど)では、Q&A 23で述べたように、眼球が大きく変形して壁に段差ができたり、壁の偏位に対して硝子体の動きが遅れて相対的牽引が生じ、網膜ひだが起こることがあります。この場合はほかの外傷所見を伴います^{44)~46)}。

網膜ひだは小児のさまざまな網膜硝子体疾患で起こるのですが、ほかの病態でも起こり得ることは、AHT(揺さぶり)における網膜ひだの重要性に何ら関係がありません。硝子体牽引が働いたこと、しかも暴力的揺さぶりによって最大級の牽引力が働いたことを示すので、発生頻度が低くとも、「AHT 重症の特徴」といえるのです。

Q25 なぜ眼と脳に傷害が起こるのでしょうか？

A AHTの特異な点は、両方の眼と脳の3つの臓器が特異的に同時に傷害されることです(他に脊椎が傷害されることもあります)。頭部の中で硝子体と脳は揺さぶりに対して動きやすいので傷害を受けるのですが、第2章に述べたように眼と脳では組織の構造や血管構築が

異なり、出血のメカニズムも異なります。眼では、加わる力が強い順で、網膜出血、網膜分離、網膜ひだが起こり、網膜ひだは最大限の力が働いた証拠になります。この傷害が強くなり、殊に黄斑に及べば視力障害も甚大になります。しかし、視力未発達の乳幼児で視力低下は症状として現れず、ほかに外から分かる症状もなければ、眼の異常に気づかれることはまずありません。AHTのほとんどが頭蓋内出血や脳障害の症状によって発見されます。

眼に網膜ひだを起こすような最大限の力が頭部に働いた場合、眼は小さいので第2章7で述べたように、左右眼のうち動きの少ない片眼で傷害が軽い場合があります。また、きわめてまれですが、両眼球とも力が及ばず、出血がとても少ない、あるいはない場合もあります。しかし、脳は大きいので強い力から免れることはできないでしょう。脳が無傷で眼だけが単独に強く傷害されることは考えられず、過去の例からも明らかです²⁾³⁾。眼が単独で傷害されれば症状が現れず、すぐに発見されることはないので、網膜ひだや網膜分離は、軽微なものを除けば癥痕化するでしょう。それは生涯消えることがなく、将来必ず発見されます。意識障害や寝たきりになった児は別として、3歳児健診や学校健診で視力異常があれば眼科で精査されるでしょうし、通常の眼科受診、さらに後の人間ドックでも見つかるはずですが、それなのに、原因不明の網膜ひだ癥痕や多発性網膜分離癥痕などは聞いたことがありません。ことごとくが初期に頭蓋内出血や脳障害の症状によって発見されているからでしょう。きわめて多数の網膜出血も痕跡を残す可能性があります。しかし、特に多発性網膜分離、網膜ひだがあれば、頭部全体に極度の力が働き、同時に頭蓋内にも出血や脳傷害が起こったこと示唆するのです。

Q26 打撃について、どのように考え対応すればよいのでしょうか。

A 本手引きでは、眼科医が接することが少ないAHT(揺さぶり)による眼底所見を中心に解説しました。欧米では打撃が重視され、揺さぶりと一緒に議論されています²⁾³⁾⁶⁾。日本はそこまで多くないと思われていますが、決して軽視はできません。打撃があれば外表傷害や骨折を伴い、外眼部、前眼部、水晶体などの眼球傷害があることも多いので判断しやすく、その症状に応じて対応することになります。第2章の序文に述べたように、打撃は、①前方の眼球打撲、②眼窩骨外傷とともに眼球が大きく変形、③眼窩(前頭骨)を除く頭部頭蓋骨の外傷があり、③では眼傷害は起こらないと考えられています²⁾³⁾。したがって、第2章13に述べたように、①、②に応じて考えてください。時には、通常では考えにくいほどの暴力を受けたり、穿孔外傷や眼球破裂もあり得ます。

眼底所見もさまざまに修飾されます。それでも、揺さぶりと打撃が別の機会に行われることは少なく、それぞれメカニズムと眼所見が異なるので、考察することは必要です。例えば図20の症例は、全周鋸状縁断裂と非定型的裂孔があり、頭蓋骨骨折、頭部・顔面の複数の皮膚損傷・皮下血腫があって、激しい打撲が繰り返し加えられたと考えられます。眼底には点状・斑状出血が後極から鋸状縁まで全周にほぼ均一に分布しています。一方で、非定型的裂孔の周囲には出血がみられないので、殊にこの付近にきわめて強い硝子体牽引力が働き、網膜ひだ形成を超えて網膜が裂けたと推測されます。繰り返し打撲は、慢性ではアトピー性皮膚炎に伴う裂孔原性網膜剥離がありますが、急に硝子体が全体に激しく動けばどのように網膜を傷害するかを考えることになります。体表傷害や骨折の部位や程度が参考になるでしょう。

眼科医としての治療は、眼底の血腫や二次的網膜上膜の除去など、特殊な場合を除けば、ほとんど打撃外傷が対象になります。いずれも救急外来に来院した外傷を診察し治療するのと同じです。脳傷害やほかの全身異常も

あるので、他診療科と相談しながら、眼外傷の基本的考え方に沿って対応してください。

Q27 死亡例を診察することがあるのでしょうか？

A まれながら、あります。散瞳薬は効きませんが瞳孔はやや拡大しているので、角膜混濁があっても眼底をある程度観察できます²⁾³⁾⁶⁾。死後時間があまり経っていなければ、第1章7、チェックリスト、第2章6に述べた観察ポイントが通用します。眼底出血の前後方向と円周方向の分布をみてください。ただし、血柱が途切れ、血液が黒くなっているので、動脈と静脈の区別は困難で、出血点・斑が均一に分布しているかを確認してください。網膜ひだの形態の診かたも有効です。眼底写真を撮影できればきわめて有効です。死後かなりの時間が経っている場合(約半日～1日以上)では病理解剖や司法解剖によって診断されます。出血量拡大や網膜ひだが生後変化やartifactで起こることもあります^{64)～66)}。

AHT の初回眼底検査のチェックリスト

最初の確認事項

- ☐ 顔面，外眼部，前眼部に異常があるか
- ☐ 瞳孔反応に異常があるか

散瞳後の確認事項

網膜出血について

- ☐ きわめて多数の出血点が存在する
- ☐ 眼球前後方向の分布：後極部だけ，あるいは中間部，周辺部まで分布する。
- ☐ 眼球円周方向の分布：円周方向 360 度全周に分布する。
- ☐ 円周方向で，動静脈にかかわらずほぼ均一に分布する。
- ☐ 網膜上，表層（線状），深層（斑状），網膜下に多層性に出血する。
- ☐ 脈絡膜出血を伴う。
- ☐ 硝子体出血を伴う。

網膜分離について

- ☐ 小さな網膜分離（1 乳頭径大やそれ以下）が多数存在する。
- ☐ 中心に白色の点を伴う出血がある。
- ☐ 内境界膜分離がある。中に出血を伴わないあるいは軽度。
- ☐ 内境界膜分離がある。中は出血で充満している。
- ☐ 後極全体に広がる大きな内境界膜分離（中に出血を伴う）がある。
- ☐ 分離縁の形が不整で，円形・楕円形でない。
- ☐ 網膜の層が一部断裂した所見がある。

網膜ひだについて

- ☐ 後極に輪状の網膜ひだがある。
- ☐ 輪状ひだから直角あるいは放射状に副次的なひだが伸びている。
- ☐ 視神経乳頭を囲んで放射状に小さいひだがある。
- ☐ 網膜血管の枝に沿ったひだ，隆起，白色病変がある。
- ☐ 血管アーケード内，黄斑領域にひだや不整形の隆起がある。

カルテの記載

- ☐ 眼底のチャート図に病変部位を記載する。
- ☐ 出血の多層性，眼底における分布（前後方向，円周方向）を記載する。
- ☐ 出血点の分布がほぼ均一（動脈静脈両方からの出血）である。
- ☐ 出血の新旧について（すべて新鮮血か，黒色血や黄色血が混ざっているか）。
- ☐ 網膜分離，網膜ひだが認められれば記載する。

眼底写真撮影

- ☐ 後極部だけでなく，中間周辺部，周辺部を上下左右方向にわたって撮影する。

文 献

- 1) 日本小児科学会：「虐待による乳幼児頭部外傷(Abusive Head Trauma in Infants and Children)に対する日本小児科学会の見解」．http://www.jpeds.or.jp/modules/guidelines/index.php?content_id=121 (Accessed 2025年7月27日)．
- 2) Narang SK, Haney S, Duhaime AC, Martin J, Binenbaum G, de Alba Campomanes AG, et al : Abusive head trauma in infants and children : Technical Report. *Pediatrics* 155 : e2024070457, 2025.
- 3) The Royal College of Ophthalmologists : 「Clinical Guideline : Abusive Head Trauma and the Eye, January 2024」, https://www.rcophth.ac.uk/wp-content/uploads/2023/12/Abusive-Head-Trauma-and-the-Eye_Exec_Summary_2024.pdf (Accessed 2025年7月27日)．
- 4) Choudhary AK, Servaes S, Slovis TL, Palusci VJ, Hedlund GL, Narang SK, et al : Consensus statement on abusive head trauma in infants and young children. *Pediatr Radiol* 48 : 1048-1065, 2018.
- 5) 厚生労働科学研究費補助金政策科学総合研究事業「児童虐待対策における行政・医療・刑事司法の連携推進のための協同面接・系統的全身診察の実態調査及び虐待による乳幼児頭部外傷の立証に関する研究」研究班：「AHT 診断アルゴリズム(診断の手引き)」．<https://jamscan.jp/dL/download.cgi?name=AHTdiagonalgorithm.pdf> (Accessed 2025年7月27日)．
- 6) Council on Child Abuse and Neglect, Section on Ophthalmology ; American Association of Certified Orthoptists ; American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus ; and American Academy of Ophthalmology : 「The Eye Examination in the Evaluation of Child Abuse-2023」．<https://www.aao.org/Assets/26e53391-40f6-4f48-afea-9d870bc611f1/638767096041430000/the-eye-examination-in-the-evaluation-of-child-abuse-reaffirmed-2023.pdf> (Accessed 2025年7月27日)．
- 7) 東 範行(編) : 小児眼科学．三輪書店, 東京, 2018.
- 8) Reynolds JD, Olitsky SE (Eds) : *Pediatric Retina*. Springer-Verlag, Heidelberg, 2021.
- 9) Levin A : Ocular complications of head trauma in children. *Ped Emerg Care* 7 : 129-130, 1991.
- 10) Morad Y, Wagnansky-Jaffe T, Levin AV : Retinal haemorrhage in abusive head trauma. *Clin Exp Ophthalmol* 38 : 514-520, 2010.
- 11) Thanos A, Yonekawa Y, Yomogida K, Bloom DA, Trese MT, Drenser KA : 「Retinal findings in abusive head trauma : knowing what to look for could help to identify child abuse」．*RETINA TODAY*, 2016. https://assets.bmctoday.net/retinatoday/pdfs/0316RT_Mini_Drenser.pdf (Accessed 2025年7月27日)．
- 12) Kobayashi Y, Yamada K, Ohba S, Nishina S, Okuyama M, Azuma N : Ocular manifestations and prognosis of shaken baby syndrome in two Japanese children's hospitals. *Jpn J Ophthalmol* 53 : 384-388, 2009.
- 13) Azuma N, Yoshida T, Yokoi T, Nishina S, Uematsu S, Miyasaka M : Retinal hemorrhages and damages from tractional forces associated with infantile abusive head trauma evaluated by wide-field fundus photography. *Sci Rep* 14 : 5246, 2024.
- 14) Kang KB, Wessel MM, Tong J, D'Amico DJ, Chan RV : Ultra-widefield imaging for the management of pediatric retinal diseases. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 50 : 282-288, 2013.
- 15) Temkar S, Azad SV, Chawla R, Damodaran S, Garg G, Regani H, et al : Ultra-widefield fundus fluorescein angiography in pediatric retinal vascular diseases. *Indian J Ophthalmol* 67 : 788-794, 2019.
- 16) Patel SN, Shi A, Wibbelsman TD, Klufas MA : Ultra-widefield retinal imaging : an update on recent advances. *Ther Adv Ophthalmol* 12 : 2515841419899495, 2020.
- 17) Choudhry N, Duker JS, Freund KB, Kiss S, Querques G, Rosen R, et al : Classification and guidelines for widefield imaging : recommendations from the International Widefield Imaging Study Group. *Ophthalmol Retina* 3 : 843-849, 2019.
- 18) Choudhry N : 「Clearing up the language of retinal imaging. A review of the International Widefield Imaging Study Group recommendations for a terminology to describe image captures from various modalities」*Retina Specialis*, 2019. <https://www.retina-specialist.com/article/clearing-up-the-language-of-retinal-imaging> (Accessed 2025年7月27日)．
- 19) Albert DM, et al (Eds) : Terson syndrome. In : Albert and Jakobiec's Principles and Practice of Ophthalmology (3rd Edition). Elsevier/Saunders, Ontario, 3973-3973, 2008.
- 20) Shiao T, Levin AV : Retinal hemorrhages in children. The role of intracranial pressure. *Arch Pediatr Adolesc Med* 166 : 623-628, 2012.
- 21) Ryan SJ, et al (Eds) : Terson syndrome. In : *Retina* (5th Edition). Elsevier/Saunders, London, 1941-1942, 2013.
- 22) Shi A, Kulkarni A, Feldman KW, Weiss A, McCourt EA, Schloff S, et al : Retinal findings in young children with increased intracranial pressure from nontraumatic causes. *Pediatrics* 143 : e20181182, 2019.
- 23) Ko F, Knox DL : The ocular pathology of Terson's syndrome. *Ophthalmology* 117 : 1423-1429, 2010.
- 24) Odom A, Christ E, Kerr N, Byrd K, Cochran J, Barr F, et al : Prevalence of retinal hemorrhages in pediatric patients after in-hospital cardiopulmonary resuscitation : a prospective study. *Pediatrics* 99 : E3, 1997.
- 25) Albert DM, et al (Eds) : Valsalva retinopathy. In : Albert and Jakobiec's Principles and Practice of

- Ophthalmology(3rd Edition). Elsevier/Saunders, Ontario, 2569-2569, 2008.
- 26) **Maxeiner H, Jekat R** : Resuscitation and conjunctival petechial hemorrhages. *J Forensic Leg Med* 17 : 87-91, 2010.
 - 27) **Ryan SJ, et al(Eds)** : Valsalva retinopathy. In : *Retina*(5th Edition). Elsevier/Saunders, London, 2569, 2013.
 - 28) **Albert DM, et al(Eds)** : Cavernous sinus thrombosis. In : *Albert and Jakobiec's Principles and Practice of Ophthalmology*(3rd Edition). Elsevier/Saunders, Ontario, 3968-3971, 2008.
 - 29) **Wolter JR** : Coup-contrecoup mechanism of ocular injuries. *Am J Ophthalmol* 56 : 785-796, 1963.
 - 30) **Albert DM, et al(Eds)** : Evaluation and initial management of patients with ocular and adnexal trauma. In : *Albert and Jakobiec's Principles and Practice of Ophthalmology*(3rd Edition). Elsevier/Saunders, Ontario, 5071-5092, 2008.
 - 31) **Albert DM, et al(Eds)** : Traumatic retinopathy. In : *Albert and Jakobiec's Principles and Practice of Ophthalmology*(3rd Edition). Saunders Elsevier, Ontario, 2187-2193, 2008.
 - 32) **Oyster CW** : The lens and the vitreous. In : *The Human Eye. Structure and Function*. Sianuer Associates, Sunderland, 491-544, 1999.
 - 33) **Kincaid MC, Green WR** : Anatomy of the vitreous, retina, and choroid. In : *Scott IU, et al(Eds)* : *Vitreoretinal Disease*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 11-24, 1999.
 - 34) **Gan NY, Lam WC** : Special considerations for pediatric vitreoretinal surgery. *Taiwan J Ophthalmol* 8 : 237-242, 2018.
 - 35) **東 範行(編)** : 未熟児網膜症. 三輪書店, 東京, 2018.
 - 36) **Ho MC, Wu AL, Wang NK, Chen KJ, Hwang YS, Lai CC, et al** : Surgical outcome and prognostic factors after ophthalmic surgery in abusive head trauma. *Retina* 42 : 967-972, 2022.
 - 37) **Breazzano MP, Unkrich KH, Barker-Griffith AE** : Clinicopathological findings in abusive head trauma : analysis of 110 infant autopsy eyes. *Am J Ophthalmol* 158 : 1146-1154, 2014.
 - 38) **Levin AV, Alnabi WA, Tang GJ, Thau A, Eagle Jr RC, Gulino S** : Pathology of macular retinoschisis due to vitreoretinal traction in abusive head trauma. *J AAPOS* 22 : E35, 2018.
 - 39) **Abed Alnabi W, Tang GJ, Eagle RC Jr, Gulino S, Thau A, Levin AV** : Pathology of perimacular folds due to vitreoretinal traction in abusive head trauma. *Retina* 39 : 2141-2148, 2019.
 - 40) **Sturm V, Landau K, Menke MN** : Optical coherence tomography findings in shaken baby syndrome. *Am J Ophthalmol* 146 : 363-368, 2008.
 - 41) **Suh DW, Song HH, Mozafari H, Thoreson WB** : Determining the tractional forces on vitreoretinal interface using computer simulation model in abusive head trauma. *Am J Ophthalmol* 223 : 396-404, 2021.
 - 42) **Tripathy K, Patel BC** : Purtscher Retinopathy. StatPearls, 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542167/> (Accessed 2025 年 7 月 27 日).
 - 43) **Ling R, James B** : White-centred retinal haemorrhages(Roth spots). *Postgrad Med J* 74 : 581-582, 1998.
 - 44) **Kivlin JD, Currie ML, Greenbaum VJ, Simons KB, Jentzen J** : Retinal hemorrhages in children following fatal motor vehicle crashes : a case series. *Arch Ophthalmol* 126 : 800-804, 2008.
 - 45) **Lueder GT, Turner JW, Paschall R** : Perimacular retinal folds simulating nonaccidental injury in an infant. *Arch Ophthalmol* 124 : 1782-1783, 2006.
 - 46) **Watts P, Obi E** : Retinal folds and retinoschisis in accidental and non-accidental head injury. *Eye (Lond)* 22 : 1514-1516, 2008.
 - 47) **De Maeyer K, Van Ginderdeuren R, Postelmans L, Stalmans P, Van Calster J** : Sub-inner limiting membrane haemorrhage : causes and treatment with vitrectomy. *Br J Ophthalmol* 91 : 869-872, 2007.
 - 48) **Friedman SM, Margo CE** : Bilateral subinternal limiting membrane hemorrhage with Terson syndrome. *Am J Ophthalmol* 124 : 850-851, 1997.
 - 49) **Bhatnagar A, Wilkinson LB, Tyagi AK, Willshaw HE** : Subinternal limiting membrane hemorrhage with perimacular fold in leukemia. *Arch Ophthalmol* 127 : 1548-1550, 2009.
 - 50) **Gunda D, Cornwell BO, Dahmouh HM, Jazbeh S, Alleman AM** : Pediatric central nervous system imaging of nonaccidental trauma : beyond subdural hematomas. *Radiographics* 39 : 213-228, 2019.
 - 51) **Tyagi AK, Scotcher S, Kozeis N, Willshaw HE** : Can convulsions alone cause retinal haemorrhages in infants? *Br J Ophthalmol* 82 : 659-660, 1998.
 - 52) **Mei-Zahav M, Uziel Y, Raz J, Ginot N, Wolach B, Fainmesser P** : Convulsions and retinal haemorrhage : should we look further? *Arch Dis Child* 86 : 334-335, 2002.
 - 53) **Hartsock MJ, Cho H, Wu L, Chen WJ, Gong J, Duh EJ** : A mouse model of retinal ischemia-reperfusion injury through elevation of intraocular pressure. *J Vis Exp* 14 : 54065, 2016.
 - 54) **Szabo ME, Droy-Lefaix MT, Doly M, Carré C, Braquet P** : Ischemia and reperfusion-induced histologic changes in the rat retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 32 : 1471-1477, 1991.
 - 55) **片山卓志, 安 隆則, 木下 望, 梯 彰弘, 上羽洋人, 橋本重正** : 他 : 急性心筋梗塞再灌流後の一過性網膜症 : その臨床背景と特徴. *J Cardiol* 42 : 23-28, 2003.
 - 56) **Au A, Hilely A, Scharf J, Gunnemann F, Wang D, Chehaibou I, et al** : Relationship between nerve fiber layer hemorrhages and outcomes in central retinal vein occlusion. *Invest Ophthalmol Vis Sci*

- 61 : 54, 2020.
- 57) **Campbell FP** : Retinal vein occlusion. An experimental study. *Arch Ophthalmol* 3 : 26-34, 1961.
- 58) **Estawro R, Voichanski S, Sarraf D** : 「Coincident PAMM and AMN : Finding the Missing Link」 *Retina Today*, 2023. <https://retinatoday.com/articles/2023-sept/coincident-pamm-and-amn-finding-the-missing-link> (Accessed 2025年7月27日)
- 59) **こども家庭庁** : 「赤ちゃんが泣きやまない～泣きへの対処と対処のために～」 <https://www.cfa.go.jp/policies/jidouguyakutai/nakiyamanai> (Accessed 2025年7月27日)
- 60) **辻内伸好, 小泉孝之, 原 圭佑** : 振動入力に対する幼児頭蓋内の動的応答と損傷評価. *日本機械学会論文集* 80 : 1-14, 2014.
- 61) **宮崎祐介** : 頭蓋内挙動に基づく乳幼児揺さぶられ症候群のメカニズム. *脳外誌* 24 : 468-476, 2015.
- 62) **Yamazaki J, Yoshida M, Mizunuma H** : Experimental analyses of the retinal and subretinal haemorrhages accompanied by shaken baby syndrome/abusive head trauma using a dummy doll. *Injury* 45 : 1196-1206, 2014.
- 63) **Coats B, Binenbaum G, Peiffer RL, Forbes BJ, Margulies SS** : Ocular hemorrhages in neonatal porcine eyes from single, rapid rotational events. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 51 : 4792-4797, 2010.
- 64) **Lantz PE, Sinal SH, Stanton CA, Weaver RG Jr** : Perimacular retinal folds from childhood head trauma. *BMJ* 328 : 754-756, 2004.
- 65) **Lange O** : Zur Anatomie des Auges des Neugeborenen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 39 : 202-213, 1901.
- 66) **Herwig MC, Münstermann KM, Müller AM, Loeffler KU** : Observations in the developing human eye regarding Lange's fold. *Acta Ophthalmol* 91 : e586-587, 2013.
-