

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K10570

研究課題名(和文) 揺さぶりの眼所見である出血性網膜ひだは転落による後頭部打撲で生じ得るか？

研究課題名(英文) Experimental investigation of whether perimacular retinal folds occur due to optic nerve traction in severe head trauma

研究代表者

大島 徹 (OSHIMA, TORU)

三重大学・医学系研究科・准教授

研究者番号：70464427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：虐待による重症頭部加速度損傷の所見の一つに出血性網膜ひだがある。本研究は重症頭部加速度損傷で視神経が牽引される際に、眼軸長に影響するかを検討し、出血性網膜ひだの発生機序を再確認するものである。通常時、視神経牽引時の眼軸長の比較を行ったところ、差を認めなかった。次に、牽引による眼軸長の変化について後部硝子体剥離の影響を調べたところ、後部硝子体剥離は影響していなかった。2歳以下の症例について、通常時、牽引時の眼軸長の比較を行ったところ、差を認めなかった。視神経の牽引によって眼軸長が伸張することはなかった。従来通り、出血性網膜ひだは硝子体の振盪によって網膜が牽引されることで生じていると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果から、眼球は眼窩内脂肪組織によって囲まれており、後頭部打撲や揺さぶりによって、眼球の形状変化が生じて出血性網膜ひだができるという成傷機序は考え難いことがわかった。このことから、出血性網膜ひだは従来通り、硝子体の振盪による網膜の前方牽引で生じていると考えられた。児童虐待による頭部外傷は家庭内という密室で起こるため司法判断が難しく、転落事故と明瞭に鑑別できないことが裁判上で大きな問題となっている。出血性網膜ひだは従来通り、重症頭部加速度損傷や揺さぶりに伴う眼損傷と考えられ、虐待に伴う頭部外傷と家庭内事故による低所転落等との成傷機序の鑑別に重要な所見と考えられた。

研究成果の概要(英文)：Severe abusive head trauma causes perimacular retinal fold. It is believed that oscillation of the vitreous body caused by head acceleration leads to retinal traction, which might result in these folds. This study aimed to investigate whether optic nerve traction during severe head injury affects the axial length and elucidate the mechanism underlying perimacular retinal fold formation. A comparison of the axial length during experimental optic nerve traction under normal conditions did not reveal any differences. We also investigated the influence of posterior vitreous detachment on changes in axial length due to traction; however, no effect was observed. In children <2 years of age, a comparison of the axial length under normal and traction conditions revealed no difference. Perimacular retinal folds are believed to be caused by traction on the retina due to oscillation of the vitreous body, as conventionally thought.

研究分野：法医学

キーワード：揺さぶられっ子症候群 網膜分離 眼軸長 眼底出血 法医病理 子どもの虐待 網膜ひだ

1. 研究開始当初の背景

児童虐待の一つである揺さぶられっ子症候群 (SBS: Shaken Baby Syndrome) は家庭内という密室で起こるため司法判断が難しく、転落事故と明瞭に鑑別できないことが裁判上で大きな問題となっている。近年、SBS の診断根拠とされていた「多層・多発性の網膜出血」への厳しい司法判断がなされ¹、SBS を巡る刑事裁判は膠着状態となっている。

我々はこれまで、冤罪を生まない虐待の診断法の確立を目標に、揺さぶられっ子症候群をはじめとした法医解剖症例における眼所見について研究をおこなってきた^{2,3}。揺さぶられっ子症候群に特徴的な眼所見の1つとして出血性網膜ひだ (Perimacular retinal fold, 図 1a) がある。これは、揺さぶりの加速度によって、網膜が硝子体に前方向に牽引されることで (図 1b)、出血を伴う網膜のひだや網膜分離を生じると考えられている⁴。

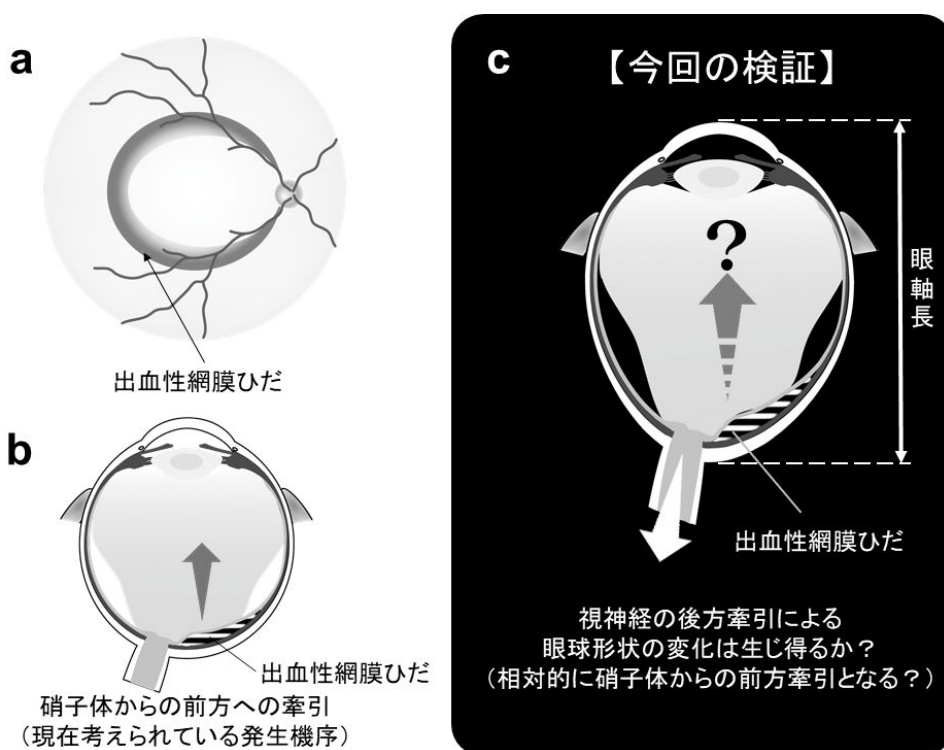


図 1 (a)出血性網膜ひだ (Perimacular retinal fold) の眼底後極部の模式図。 (b)出血性網膜ひだの現在考えられている発生機序。(c)今回検証を行う仮説。

さて、出血性網膜ひだは後方への転倒・転落による頭部打撲で生じ得ないものだろうか。代表者らは先行研究において、後方への転倒・転落による頭部打撲で、視神経と眼球接合部に外力ストレスがかかることを報告した⁵。もし、視神経が後方に牽引される外力によって、眼球外壁が後方に牽引されるならば、眼軸長が伸び、相対的に硝子体による網膜の前方牽引と同じ状況が生じ、出血性網膜ひだを生じる可能性も否定はできない (図 1c)。もし、この仮説が証明されたなら、現在の「出血性網膜ひだは、網膜の前方への加速度損傷」という根拠は大きく揺らぐことになるだろう。

解剖時の眼底所見が重要視された揺さぶられっ子症候群の刑事裁判例の報告もあることから⁶、社会的混乱を避けるためにも、早期に本仮説の検証が行われる必要があると考える。

2. 研究の目的

本研究の目的は法医学解剖例における視神経の後方牽引に基づく眼球形状の変化について眼軸長を用いて非侵襲的に調査し、現在考えられている出血性網膜ひだ（Perimacular retinal fold）の発生機序を再考することにある。

3. 研究の方法

高度腐敗死体や焼死事案頭蓋内出血を除く法医学解剖例について、解剖前に細隙灯検査、倒像鏡による眼底検査、眼超音波検査を行い、眼内異常所見の確認と後部硝子体剥離（PVD：Posterior Vitreous Detachment）の有無の確認を行う。また同時に、眼軸長計測で大きな誤差を生じる恐れのある硝子体出血、強度近視眼（後部ぶどう腫）などを対象から除外する。解剖開始前に眼軸長測定装置 AL-4000（図2）を用いて生理的な眼軸長、前房深度を計測する。



図2 眼軸長測定装置 AL-4000

法医学解剖で開頭する際に、頭蓋骨を円周状に鋸断する。次に硬膜を円周状に切開し、硬膜下に異常がないことを確認し、脳の前端をやや頭頂方向に開き、脳底部及び頭蓋底を観察する。同部に異常がないことを確認しながら、脳神経、小脳テント、脳幹部を順番に切離して、脳を摘出する。これは、法医学解剖における開頭の一般的な方法であり、本研究のための特別な作業ではない。この「脳の前端をやや頭頂方向に開き、脳底部を観察する」状態は視神経を後方に牽引した状態であり、この状態での眼軸長を非侵襲的に AL-4000 を用いて計測する。眼軸長が成人値に達する14歳以上の症例で、眼球虚脱による計測誤差の影響を除外するために前房深度の標準誤差が0.05 mm未滿かつ通常時の眼軸長が20 mm以上の症例について、牽引前後での眼軸長の変化と（検討1）、後部硝子体剥離（PVD）の有無と牽引前後での眼軸長の変化（検討2）について統計解析を行った。また、2歳未滿で前房深度の標準誤差が0.05 mm未滿の症例について牽引前後での眼軸長の変化について統計解析を行った（検討3）。

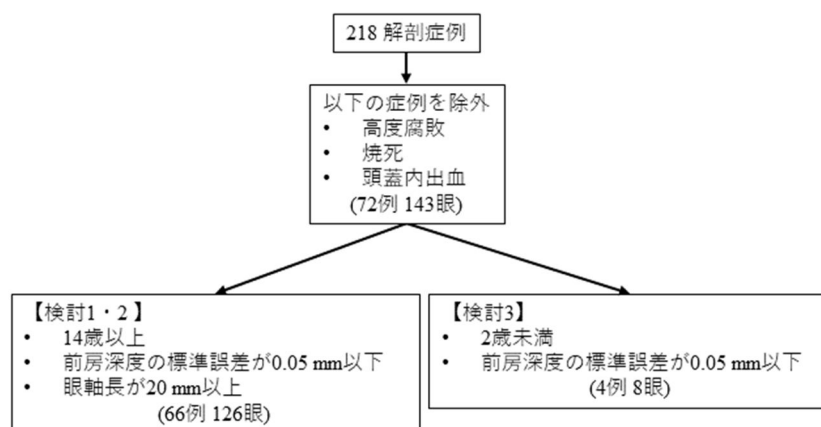
なお、本研究は三重大学 医学系研究倫理審査の承認を得て行った（承認番号 U2021-035）。

4. 研究成果

【対象症例】

研究期間中に218例の解剖があり、72例、143眼で眼軸長計測ができた。

表1. 対象症例の内訳



検討1・2の対象は66例(17~92歳,中央値63歳,男性41例,女性25例),126眼。死後経過時間は8~83時間(中央値36時間)であった。なお,後部硝子体未剥離眼(PVD(-))は64例,後部硝子体剥離眼(PVD(+))62例であった。

また,検討3については,4例(月齢6~16,中央値6.5,男児2例,女児2例),8眼。死後経過時間は17~33時間(中央値21時間)であった。

【検討1】視神経からの牽引による眼軸長の変化について

眼軸長について通常時,牽引時の比較を行ったところ,二群間に統計的有意差を認めなかった(図3a, Wilcoxonの順位検定 $P=0.8371$)。また,眼軸2回測定の間眼軸虚脱の影響がないかを調べるため,前房深度についても同様に通常時,牽引時の比較を行ったところ,二群間に統計的有意差を認めなかった(図3b, Wilcoxonの順位検定 $P=0.8902$)。

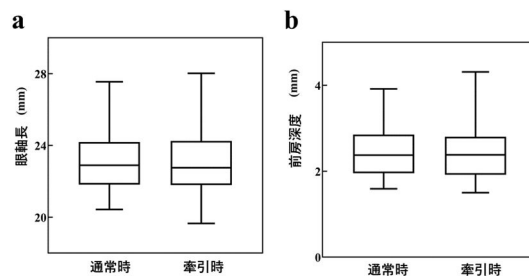


図3 視神経からの牽引による眼軸長の変化について

【検討2】視神経からの牽引による眼軸長の変化についての後部硝子体剥離(PVD)の影響

牽引による眼軸長の変化について後部硝子体剥離(PVD)の影響を調べるため,通常時と牽引時の眼軸長差と後部硝子体剥離(PVD)の有無について比較を行った。後部硝子体剥離(PVD)の有無は眼軸長差に影響していなかった(図4, Mann-Whitney U検定 $P=0.9835$)。

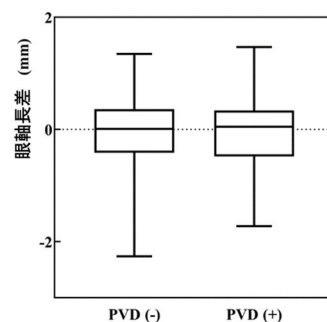


図4 視神経からの牽引による眼軸長の変化についての後部硝子体剥離(PVD)の影響

【検討3】小児眼における視神経からの牽引による眼軸長の変化について

最後に2歳以下の症例の眼軸長について,通常時,牽引時の比較を行ったところ,二群間に統計的有意差を認めなかった(Wilcoxonの順位検定 $P=0.6406$)。

【まとめと考察】

本研究では,視神経からの牽引によって眼軸長の伸張に寄与するかどうかについて検討を行った。何れの検討でも,生理的範囲を超える視神経からの牽引に関わらず,眼軸長に影響を及ぼすことはなかった。小児については症例数が少ないが,B-modeエコーでも確認したところ,何れの症例でも眼球外壁の形状変化を生じるようなこともなかった。本研究の結果から,眼球は眼窩内脂肪組織によって囲まれており,後頭部打撲や揺さぶりによって,眼球の形状変化が生じて出血性網膜ひだができるという成傷機序は考え難いことがわかった。

過去には多量の網膜前出血によって内境界膜が牽引され,出血性網膜ひだが生じたのではないかという仮説もあったが⁸,多量の網膜前出血がなくても,出血性網膜ひだを生じている症例は多数あり,この成傷機転はあったとしても症例に限定的と考えられる。なお,出血性網膜ひだは交通外傷等の重症頭部加速度損傷の際にも生じることが知られており⁹,揺さぶり特異的な所見

ではない。即ち、従来通り、出血性網膜ひだは重症頭部加速度損傷によって硝子体が振盪され、網膜が前方に牽引されることで生じている所見と考えられた。

[参考文献]

- 1 川上博之. 多層・多発性眼底出血を根拠とする揺さぶり行為を否定し無罪となった事例. 季刊 刑事弁護 2021; **108**:170-174.
- 2 Oshima, T., Yoshikawa, H., Ohtani, M., Mimasaka, S. Examination of postmortem retinal folds: A non-invasive study. Journal of Forensic and Legal Medicine 2015; **30**:16-20.
- 3 大島徹, 大谷真紀, 美作宗太郎. スマートフォンを用いた死後眼底撮影法. 法医学の実際と研究 (0289-0755) 2014; **57**:149-153.
- 4 Lantz, P.E., Sinal, S.H., Stanton, C.A., Jr, R.G.W., Weaver, R.G. Perimacular retinal folds from childhood head trauma. BMJ (Clinical research ed.) 2004; **328**:754-756.
- 5 Oshima, T., Yoshikawa, H., Koda, Y., Ohtani, M., Tsukamoto, S., Mimasaka, S. Four intracranial injury cases with peripapillary scleral hemorrhage—Reconsidering the mechanism of hemorrhage. Legal Medicine 2017; **27**:5-9.
- 6 西村明儒, 南部さおり, 那須亜矢子, 小出浩平, 西村繁, 青柳多恵子, 藤原敏. 両側性網膜出血を検出しShaken baby syndromeと剖検診断した1例. 日本法医学雑誌 2008; **62**:55-55.
- 7 救急と眼外傷 眼窩出血. 丸尾敏夫, 本田孔士, 臼井正彦, 田野保雄. 眼科学.東京: 文光堂, 2002: 1359
- 8 Sturm, V., Landau, K., Menke, M.N. Optical Coherence Tomography Findings in Shaken Baby Syndrome. American Journal of Ophthalmology 2008; **146**:363-368.
- 9 Keithahn, M.A.Z., Bennett, S.R., Cameron, D., Mieler, W.F. Retinal Folds in Terson Syndrome. Ophthalmology 1993; **100**:1187-1190.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大島徹, 大谷真紀, 小谷泰一, 美作宗太郎	4. 巻 65
2. 論文標題 タブレット型パソコンを用いた法医解剖所見入力システムの開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 法医学の実際と研究	6. 最初と最後の頁 220-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toru Oshima, Ako Sasao, Hidehisa Sekijima, Hirokazu Kotani	4. 巻 60
2. 論文標題 A case of carbon monoxide poisoning before a vehicle fire: Availability of volatile hydrocarbons analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Legal medicine	6. 最初と最後の頁 102174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.legalmed.2022.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大島徹, 大谷真紀, 大津由紀, 小谷泰一, 美作宗太郎	4. 巻 69
2. 論文標題 司法分野のデジタル化に向けた法医解剖データベースの構築	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 法医学の実際と研究	6. 最初と最後の頁 199-205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toru Oshima, Maki Ohtani, Sohtaro Mimasaka	4. 巻 42(2)
2. 論文標題 Muscular Hemorrhages Around the Scapula Provide Insight on the Manner of Asphyxia A Preliminary Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The American Journal of Forensic Medicine and Pathology	6. 最初と最後の頁 130-134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/paf.0000000000000655	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大島徹
2. 発表標題 「AHTを多角的に診る・考える」SBS/AHTの眼所見
3. 学会等名 第44回 日本法医学会学術中部地方集会・第69回 日本法医学会学術近畿地方集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------