

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26860462

研究課題名(和文)成人の頭蓋骨縫合部及び小児の頭蓋骨の強度に関する研究

研究課題名(英文)Statistical analysis of biomechanical properties of the adult sagittal suture and infant skull

研究代表者

鳥光 優 (TORIMITSU, Suguru)

千葉大学・医学(系)研究科(研究院)・特任助教

研究者番号：30725015

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：成人の頭蓋骨を用いて、矢状縫合の強度を調査し、周囲の頭頂骨の強度と比較した。研究の結果から、縫合の強度は有意に小さかった。縫合の中央部では女性のみ強度と有意な正の相関関係を認めた。また、縫合の中央部の強度は男性のほうが有意に大きかった。小児の頭蓋骨の強度に関する調査したところ、年齢とほぼ正比例して大きくなる傾向にあった。しかし、小児の試料は予想より少なく、十分と言える研究はできなかった。

研究成果の概要(英文)：Our study examined the mechanical properties of the adult sagittal suture compared with surrounding parietal bones using bending tests. The results suggest that the bending strength of the adult sagittal suture is significantly lower than that of surrounding parietal bones. In female samples, age had significant positive correlations with bending strength at the middle suture sites. The bending strength is significantly higher in male samples than in female samples at the middle suture sites.

Our study also investigated the mechanical properties of the infant skull. The mechanical properties are likely to increase in almost direct proportion to age. However, the number of infant samples was less than expected; sufficient research could not be conducted.

研究分野：法医学

キーワード：頭蓋骨 強度 日本人 成人 小児

1. 研究開始当初の背景

頭部外傷において頭蓋骨骨折を認める場合は、認めない場合と比較して硬膜外血腫、硬膜下血腫、脳挫傷等致死的な頭蓋内病変を合併する頻度が有意に高いという報告がある。また、頭蓋骨骨折は外力が加わった部位及び成傷器の性状を予想する上で極めて重要な所見となる。従って、頭蓋骨の強度について調査することは法医学領域において非常に有用な情報をもたらすことは明白である。実際の解剖例で見られる頭蓋骨骨折を注意深く観察すると、骨折線は縫合に達した場合、縫合に沿って進み、縫合を離開する形を取ることが多いことが分かった。頭蓋骨における縫合部は言わば『切り込み』であり、縫合がない部位と比較して強度が小さい可能性は十分に考えられる。過去の文献を調査すると、成人の頭蓋骨の縫合部の強度を調査した報告例はこれまでにない。

また、近年では小児虐待による頭部外傷が問題視されている。頭部外傷に起因する頭蓋骨骨折、脳挫傷あるいは硬膜下血腫は死因となり得る上に、救命したとしても出血や浮腫による脳の圧迫(二次性脳損傷)が不可逆的な後遺症(多くは高次脳機能障害)を惹起することが多い。小児の骨は一般に弾性に富んでいるが、小児の骨は成人のものと比較して明らかに小さく薄いので、強い外力が加わった際には容易に骨折する。一方、小児の皮膚は成人のものと比較して柔らかくしなやかであり、外力が加わっても外表から識別可能な所見を残さないことが多い。特に頭部の場合は頭髪が頭皮を守るように生えているので、頭皮に所見が残ることのほうが少ない。従って、小児の頭部外傷及び頭蓋骨骨折の評価は成人以上に正確にかつ厳密にすることが実際に求められている。特に小児の場合は生理的成長があるため、症例数を多くして年齢別に区分することが評価する上で非常に重要である。しかし、小児の頭蓋骨の強度を年齢別に評価した報告はこれまでにない

2. 研究の目的

(1) 成人の頭蓋骨を用いて、縫合部の脆弱性の有無を明らかにし、頭蓋骨骨折を調査する上で加わった外力を予想することにより、犯罪捜査の幅を広げることができるようにする。

(2) 小児の頭蓋骨を用いて、頭蓋骨の生理的発達及び年齢別の強度を明らかにし、頭蓋骨骨折の評価を正確にできるようにすることで、小児虐待の安易な見逃しを減らす。

3. 研究の方法

(1) 司法解剖中に鋸断された 25 歳以上の頭

蓋冠を用いる。骨膜剥離子を用いて、頭蓋冠外板に付着する骨膜及び結合組織を丁寧に剥離する。採取する部位は 1 個の頭蓋冠につき 12 ヶ所である。(図 1)

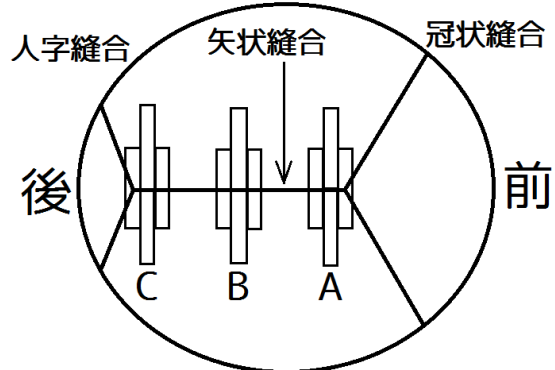


図 1. 成人の頭蓋骨の骨片採取部位

採取した検体は日立製マルチスライス CT(16 列、コリメーション幅 0.63mm、管電圧 120kV、管電流 200mA)にて撮影する。その後、0.63mm の厚さで画像を再構築し、富士フィルム製ワークステーション(Vincent)に送る。ワークステーションにて骨片の中心部の厚さを 0.1mm 単位で正確に測定する。続いて JISC 製デジタル力計(HF-100)を取り付けた JISC 製 3 点曲げ装置(JSV-H1000)を用いて、骨片に対し 3 点曲げ試験を行う。骨片が割れたときの力(N)をコンピューター上のエクセルファイルに自動的に記録されるように設定しておく。データ分析に関しては、まず骨片が割れたときの力を各グループ内で比較する。分析はマンホイットニー-U 検定で行う。さらに、骨片検体の中心部(3 点曲げ試験で実際に外力を加える部位)の厚さがパイアスとなって結果に影響を及ぼしている可能性も考慮して、力を厚さで割った値を計算し、その値を用いた分析も同時に行うことにする。

続いて、矢状縫合上の部の強度を縫合のない部の強度で割り、比率を求める。さらにその比率と年齢との間に相関関係があるか、ピアソンの相関係数を計算する。以上の統計学的分析は全て、P 値が 0.01 未満のときに有意であるとす。また、これらの分析を性別に分けた場合でも行い、分析結果に性差がないかを調査する。

(2) 司法解剖中に鋸断された 25 歳未満の頭蓋冠を用いる。骨膜剥離子を用いて、頭蓋冠外板に付着する骨膜及び結合組織を丁寧に剥離する。成人のものに比べて骨自体が脆い可能性が非常に高いため、注意して剥離する。採取は頭蓋冠 1 個につき 5 ヶ所行う。(図 2)

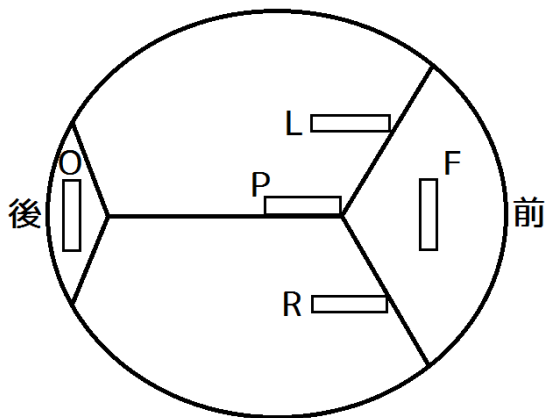


図 2. 小児の頭蓋骨の骨片採取部位

採取した検体は日立製マルチスライス CT(16 列、コリメーション幅 0.63mm、管電圧 120kV、管電流 200mA)にて撮影する。その後、0.63mm の厚さで画像を再構築し、富士フィルム製ワークステーション (Vincent) に送る。ワークステーション上で骨片の中心部の厚さを 0.1mm 単位で正確に測定する。続いて JISC 製デジタル力計 (HF-100) を取り付け JISC 製 3 点曲げ装置 (JSV-H1000) を用いて、骨片に対し 3 点曲げ試験を行う。骨片が割れたときの力を最小単位 0.1N でコンピュータ上のエクセルファイルに自動的に記録されるように設定しておく。データ分析に関しては、まず骨片が割れたときの力を各部位間で比較する。分析は各々でマンホイットニー U 検定を用いて行う。続いて、各部位の強度と年齢との間に相関関係があるか、Pearson の相関係数を計算する。さらに、骨片検体の中心部の厚さと年齢あるいは強度との間に相関関係があるのか、ピアソンの相関係数を計算する。以上の統計学的分析は全て、P 値が 0.01 未満のときに有意であるとする。また、これらの分析を男女別に分けた場合でも行い、分析結果に性差がないかを調査する。

4. 研究成果

(1) 全ての縫合部の強度は縫合を含まない頭頂骨の強度と比較して有意に小さいという結果となった。男性の場合、年齢と縫合の強度に有意な相関関係を認めなかった。一方、女性の場合、縫合の中央部では年齢と強度に有意な正の相関関係を認めた。(図 3) しかし縫合の端部では年齢と強度に有意な相関関係を認めなかった。年齢と矢状縫合の癒合に関しては、女性のほうが男性より強い相関関係があることが報告されており、癒合が強度に影響を及ぼしている可能性が考えられる。また、縫合の中央部の強度は男性のほうが女性よりも有意に大きかった。これらの結果から、頭蓋骨の矢状縫合の癒合は小児の段階ですでに性差がある可能性が示唆される。今後小児や若年者の試料を増やして更なる研究が求められる。

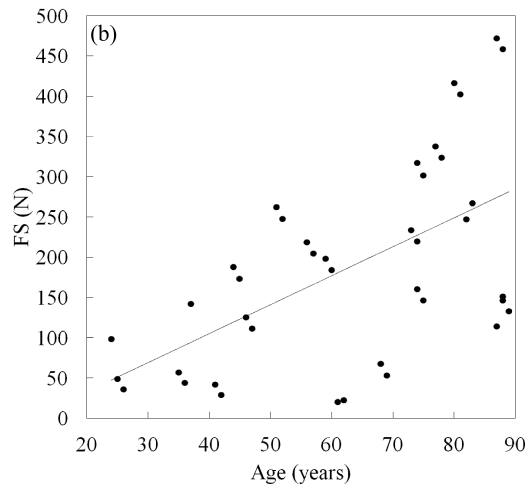
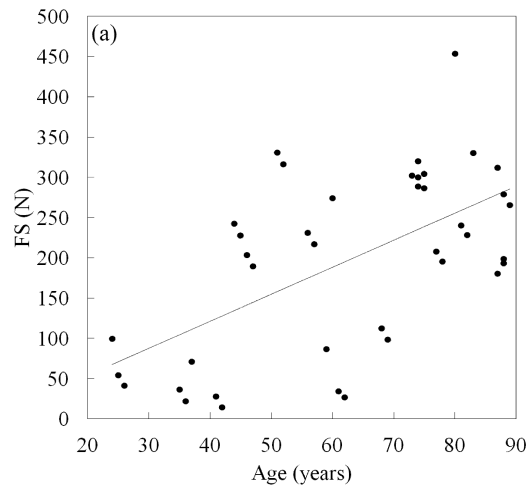


図 3. 年齢と縫合(中央部)の散布図(女性)

この研究は学会で発表をした後、英語論文を執筆し、国際誌(査読あり)に受理された。

(2) 小児の頭蓋骨の強度と年齢との間には、1 歳までで正比例に近い関係を認めている。1 歳を超えても、強度と年齢との間には正の相関関係を認めている。しかし、試料の数が予想より収集できておらず、統計学的解析まで至っていないのが現状である。今後更に試料の数を増やし、十分な数が集まった後に解析を行い、学会発表や論文執筆をしていく予定である。

<引用文献>

Franco Servadei, Gabriele Ciucci, Francesco Pagano (他 4 名) Skull fracture as a risk factor of intracranial complications in minor head injuries: a prospective CT study in a series of 98 adult patients, *Journal of Neurology, Neurosurgery, & Psychiatry*, 51, 1988, 526-528

Fumiko Chiba, Yohsuke Makino, Ayumi Motomura (他 11 名), Age estimation by multidetector CT images of the sagittal suture, *International Journal of Legal Medicine*, 127, 2013, 1005-1011

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Suguru Torimitsu, Yoshifumi Nishida, Tachio Takano (他8名), Statistical analysis of biomechanical properties of the adult sagittal suture using a bending method in a Japanese forensic sample, Forensic Science International, 査読有, 249, 2015, 101-106
DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.01.030.

Suguru Torimitsu, Yoshifumi Nishida, Tachio Takano (他9名), Differences in biomechanical properties and thickness among frontal and parietal bones in a Japanese sample, Forensic Science International, 査読有, 252, 2015, 190.e1-190.e6
DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.04.029.

〔学会発表〕(計2件)

Suguru Torimitsu, Yoshifumi Nishida, Tachio Takano (他7名), Morphological and biomechanical differences between cranial bones sites in a Japanese sample, 第99次日本法医学会学術全国集会, 2015年6月11日, 高知市文化プラザかるぽーと(高知県高知市)

Suguru Torimitsu, Yoshifumi Nishida, Tachio Takano (他7名), Statistical analysis of biomechanical properties of adult cranial suture using a bending method in a Japanese forensic sample, 第98次日本法医学会学術全国集会, 2014年6月20日, 福岡国際会議場(福岡県福岡市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

鳥光 優 (TORIMITSU, Suguru)

千葉大学・大学院医学研究院・特任助教

研究者番号: 30725015

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし