

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462294

研究課題名(和文) 腰椎分離症の発生メカニズムの解明

研究課題名(英文) Analysis of pathomechanism of lumbar spondylolysis

研究代表者

酒井 紀典 (SAKAI, Toshinori)

徳島大学・大学院医歯薬学研究部・特任准教授

研究者番号：80403731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間中、主に以下の3点について新たな知見が得られた。(1)小学生以下の低年齢でみられる腰椎分離症は第5腰椎にすでに終末期として見つかる場合が多く、必ずしもスポーツ活動などと関連せず無症候性に発生することもあり、また潜在性二分脊椎と合併していることが多く、このような症例においては遺伝的要因が示唆された。(2)腰椎分離症の好発部位である第5腰椎周辺の後方要素の血管分布は主に4つのパターンに分かれており、これまでの教科書的なパターンは約半数にしかみられないことが判明した。(3)これらのうちの1つの血管分布のパターンが腰椎分離症と関連していることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We had mainly three results during the study period. (1) Lumbar spondylolysis in elementary school age children was frequently identified as a terminal-stage bone defect at L5. The defect was not necessarily related to history of athletic activity and was sometimes asymptomatic. In addition, L5 spondylolysis was frequently concomitant with spina bifida occulta, suggesting a genetic predisposition. (2) From L1 to L4, each segmental artery was identified bilaterally in more than 90% of subjects, but it was identified in less than 10% of patients at L5. Four main patterns of vascular supply to the posterior element of L5 by the two arteries were identified, and approximately 50% of subjects had a regular vascular pattern as described in the textbook. (3) Among of those four patterns above, lumbar spondylolysis were significantly associated with one variation.

研究分野：脊椎外科

キーワード：腰椎分離症 血管支配 腰仙椎移行部 発生原因

## 1. 研究開始当初の背景

腰椎分離症(以下分離症)は椎弓の関節突起間部(以下 pars)の骨性の非連続性を指し、以前我々が行った一般日本人成人 2,000 人における大規模研究によると、5.9%(男性 7.9%、女性 3.9%)の頻度で分離症を有していることが分かった。その発生原因としては、スポーツを愛好する青少年には 10-30%と多発すること、また Finite element model (FEM)を用いた生体力学的検討などから、疲労骨折が主な原因と考えられている。しかしながら、(1)頻度の人種・性差や家系集積性、(2)潜在性二分脊椎や大理石病などの他の病態の合併、また(3)発生段階において全く腰痛を感じず、成人になり偶然発見されることもある、ことなどから、その発生については疲労骨折以外の何らかの要因があると思われる。よって以下2つの我々の研究結果および文献より、「腰椎分離症発生には、椎弓への血流障害が関連している。」という仮説を立てた。

### 着想理由(1)

一般日本人成人の CT を用いた大規模研究による脊椎高位別頻度は、90.3%の分離が第 5 腰椎(L5)に認められ、L3、L4 はあわせて 8.8%であった。またこれらはすべて終末期分離であった。しかしながら、最近の我々の MRI を用いた研究結果において、発生段階(超早期および早期)の分離症患者での脊椎高位別頻度は L5 には 66.3%しか認められず、L3、L4 はあわせて 33.7%と上記 CT での検討と discrepancy が認められた。さらに数ヶ月後の骨癒合率は L3: 100%、L4: 97.1%、L5 84.4%であった。これらのことから「発生段階までの分離症は L5 以外の高位にも多い点から、L5 は分離症を発生しやすいだけでなく、治りにくいのでは? よって L5 に特異な骨修復に関する要因があるのでは?」と推察した。

### 着想理由(2)

Rothman-Simeone らの Textbook には、一般的に aorta から直接分枝する脊椎の segmental artery は T2 から L4 までとされており、L5 への血流は正中仙骨動脈からの分枝が前方要素へ、後方要素は L4 の segmental artery からの分枝および内腸骨動脈からの分枝である iliolumbar artery により支配されていると示されている。また Crock らの解剖学の教科書を参考にすると、分離症の多発部位である pars には血流が少なく、あたかも頭側からの血流と尾側からの血流の分水嶺であるかのように見える。

以上の点より、分離症の発生には何らかの血流障害が関与しているのでは、と考えた。

## 2. 研究の目的

スポーツ障害として考えられている腰椎分離症の発生要因を、腰仙椎移行部の血管分布からみた関連性について検討する。

## 3. 研究の方法

- (1) まず、本研究に先立って、低年齢で発生する腰椎分離症患者において、解剖学的・形態学的・遺伝的要因などの特徴についての検討を行うこととした。腰椎分離症と診断した小学生 30 名(平均年齢 9.5 歳: 5-12 歳)を対象とした。脊椎高位・男女差・スポーツ歴・受診原因・分離 stage・潜在性二分脊椎(SBO: Spina Bifida Occulta)の有無・骨年齢などについて検討した。
- (2) 大腸癌術前検査のため腹部骨盤造影 multi-detector CT 検査を受けた 323 名(男性 203 名、女性 120 名)、平均年齢 66.5 歳(15~89 歳)を対象として、分離症の好発部位である最尾側腰椎(L5)の後方要素への血管分布(腰動脈、腸腰動脈など)およびそれらの variation を検討した。
- (3) 上記対象群のうち L5 分離症を認めた 14 例(両側例 13 例、片側例(右)1 例、平均年齢: 66.3 歳、男 11 例、女 3 例)を対象として解析を行った。

## 4. 研究成果

### 研究(1)の結果

30 例中 27 例(90%)が L5(男児 21 人、女児 6 人)、2 例が L4(男児 1 人、女児 1 人)、1 例が L3(男児 1 人)に分離症を認めた。

スポーツ歴のない症例が 2 例、無症候性で偶然指摘された症例が 2 例みられた。すべて L5 分離症例であった。L5 分離 27 例中 17 例(63%)が、初診時に終末期分離であった。

L5 分離 27 例中 25 例(92.6%)に仙骨の SBO がみられ、16 例(59.3%)に罹患椎弓(L5)に SBO がみられた。L3、L4 分離症例では SBO はみられなかった。

L5 分離 27 例中 23 例(85.2%)が Cartilage stage における発症であり、それらのうち 16 例(69.6%)が終末期分離であった。

まとめ: 小学生以下の子供に発症した L5 分離の原因は、潜在性二分脊椎の合併が多く、なんらかの骨形成に関わる先天的要因が示唆された。

### 研究(2)の結果

L1 から L4 の分節動脈は 90%以上(右

91.0% , 左 90.7% ) の症例に存在し、椎弓まで観察できるのに対し、L5 の分節動脈が椎弓まで観察できる例は右 4.6% , 左 8.7% であった。

L5 椎弓への血管分布については、主に頭尾側 2 方向からの血管分布がみられ、L5 上関節突起への血管分布、L5 下関節突起・椎弓への血管分布にわけて検討した。前者は L4 腰動脈由来が右 92.6%・左 92.0% であった。後者は variation に富んでいたが、腸腰動脈由来が最も多く、右 62.9%・左 55.7% であった。造影剤の途絶により血管の評価が困難 (invisible) と判断されたものが後者に約 10% に認められた。結果②の 2 方向からの血管分布の combination は主に 4 つのパターンに分かれ、教科書的な第 4 腰動脈と腸腰動脈の組み合わせは約半数 (52%) しかみられなかった。

まとめ：本研究の結果から、腰仙椎移行部の血管分布は variation に富んでおり、L5 後方要素に至る血管は主に 4 つのパターンが見られること、また第 4 腰動脈と腸腰動脈の (教科書的) 組み合わせは約半数しかないことがわかった。

#### 研究(3)の結果

L5 分離症例 14 例において、第 5 腰動脈は全症例で後方要素まで観察できなかった。

L5 後方要素への血管分布は第 4 腰動脈 + 腸腰動脈 (右 7 例、左 6 例)、第 4 腰動脈からの分布のみ (右 3 例、左 7 例)、その他 (右 4 例) であった。

左側の L5 分離症例で第 4 腰動脈のみしか後方要素への分布がみられなかった pattern が、他と比較し有意に ( $p = 0.018$ ,  $\chi^2$  二乗検定) 多かった。

まとめ：L5 分離症例に限っては、左側については第 4 腰動脈のみが分布している例が多いことがわかった。これらの結果は、L5 に分離症が好発することと何らかの関連があることが示唆された。

今後の研究としては、遺伝的要因が強いと考えられる低年齢発症の分離症患者における腰椎血管分布の解析および解析方法の確立が必要である。また予定していた基礎的研究については様々な limitation があり、未だ期待される成果は得られておらず、今後引き続き

研究を進行していく予定である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. Toshinori Sakai, Yuichiro Goda, Fumitake Tezuka, Yoichiro Takata, Kosaku Higashino, Masahiro Sato, Yasuyoshi Mase, Akihiro Nagamachi, Koichi Sairyo. Characteristics of lumbar spondylolysis in elementary school age children. Eur Spine J. 2016 Feb;25(2):602-606. 査読有
2. Fumitake Tezuka, Toshinori Sakai, Toshihiko Nishisho, Yoichiro Takata, Kosaku Higashino, Shoichiro Takao, Masafumi Harada, Koichi Sairyo. Variation in arterial supply to the lower lumbar spine. Eur Spine J. 2016 Feb 9. [Epub ahead of print] 査読有

〔学会発表〕(計 7 件)

1. 酒井紀典, 手束文威, 西庄俊彦, 高田洋一郎, 東野恒作, 西良浩一. 腰椎分離症の発生要因の検討 -腰仙椎移行部の血管分布と L5 分離症との関連性について-. ウェスティン都ホテル京都. 京都府京都市. 第 41 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会, September 11-12, 2015.
2. 手束文威, 酒井紀典, 西庄俊彦, 高田洋一郎, 東野恒作, 西良浩一. L5 分離症と下位腰椎血管分布の関連. ANA クラウンプラザホテル金沢. 石川県金沢市. 第 124 回中部日本整形外科災害外科学会. April 10-11, 2015.
3. Toshinori Sakai, Fumitake Tezuka, Toshihiko Nishisho, Yoichiro Takata, Kosaku Higashino, Shoichiro Takao, Masafumi Harada, Koichi Sairyo. Variation in arterial supply to the lower lumbar spine. Anatomical Analysis of Artery Variations for the Lower Lumbar Spine. Las Vegas (USA), 2015 Annual meeting of the Orthopaedic Research Society, March 28-31, 2015.
4. Toshinori Sakai, Fumitake Tezuka, Toshihiko Nishisho, Yoichiro Takata, Kosaku Higashino, Shoichiro Takao, Masafumi Harada, Koichi Sairyo. Analysis of vascular patterns for the posterior elements of the lower lumbar spine. Lyon (France), EUROSPINE 2014, October 1-3, 2014.
5. Fumitake Tezuka, Toshinori Sakai, Toshihiko Nishisho, Yoichiro Takata, Kosaku Higashino, Shoichiro Takao, Masafumi Harada, Koichi Sairyo. Analysis of vascular patterns for the

- posterior elements of the lower lumbar spine. Seoul (Korea), Annual meeting of ISSLS, June 3-7, 2014.
6. 手束文威, 酒井紀典, 西庄俊彦, 高田洋一郎, 東野恒作, 西良浩一. 下位腰椎後方要素の血管分布の解析. 神戸ポートピア (兵庫県神戸市). 第 87 回日本整形外科学会学術集会. May 22-25, 2014.
  7. Toshinori Sakai, Fumitake Tezuka, Toshihiko Nishisho, Yoichiro Takata, Kosaku Higashino, Shinsuke Katoh, Shoichiro Takao, Masafumi Harada, Koichi Sairyō. Analysis of vascular patterns for the posterior elements of the lower lumbar spine. 京都国際会館. 京都府京都市. 第 43 回日本脊椎脊髄病学会, April 17-19, 2014.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

酒井 紀典 (SAKAI, Toshinori)  
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・特任准教授  
研究者番号：80403731

### (2)研究分担者

高田 洋一郎 (TAKATA, Yoichiro)  
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・特任講師  
研究者番号：20420549

加藤 真介 (KATOH, Shinsuke)  
徳島大学・病院・教授  
研究者番号：30243687

西庄 俊彦 (NISHISHO, Toshihiko)  
徳島大学・大学院医歯薬学研究部・講師  
研究者番号：40444723

東野 恒作 (HIGASHINO, Kosaku)  
徳島大学・病院・特任准教授  
研究者番号：80380129