



Title	腰椎椎体間固定術後に生じる椎体骨髄浮腫の臨床的意義に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	長谷川, 裕一
Description	配架番号 : 2846
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第15912号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/92168">https://hdl.handle.net/2115/92168</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	HASEGAWA_Yuichi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



# 学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (医 学) 氏 名 長谷川 裕一

## 学 位 論 文 題 名

腰椎椎体間固定術後に生じる椎体骨髄浮腫の臨床的意義に関する研究

(Studies on clinical significance of vertebral bone marrow edema after lumbar interbody fusion surgery)

【背景と目的】骨髄浮腫は magnetic resonance imaging (MRI)を用いて評価され、脊椎領域に関しては骨髄炎、椎体骨折、椎間板変性、腫瘍、骨癒合不全などの脊椎病変に対する診断的価値を有している。椎体の骨髄浮腫は局所的な炎症反応や海綿骨の微小骨折の結果生じる浸出液や出血を反映すると報告されている。MRIにおける椎体の骨髄浮腫の定義は T1 強調画像における低信号域かつ脂肪抑制 T2 強調画像における高信号域、または T1 強調画像における低信号域かつ short-tau inversion recovery (STIR)画像における高信号域と定義される。

椎体の骨髄浮腫はまた、骨癒合過程を評価する指標でもある。骨粗鬆症性椎体骨折において、骨髄浮腫は受傷 1 ヶ月で最大となり、その後時間経過とともに縮小する。経時的な骨髄浮腫の縮小は骨癒合の進行を反映し、その消失は骨癒合過程の終盤に至ったことを示唆する。

腰椎椎体間固定術は腰椎変性疾患に対して広く行われてきた固定術の一型であるが、椎体間の骨癒合が得られない場合は遺残腰痛や臨床成績不良につながるため、骨癒合不全は臨床克服すべき課題となっている。同手術の術後の骨癒合過程の評価は骨代謝マーカーを用いて行うことができるが、この方法以外にも汎用性のある評価手法の登場が期待されている。また、同手術における深刻な手術関連合併症として手術部位感染や椎体骨折があるが、早期診断には難渋することも多く、診断能に寄与する他覚的所見が求められている。

骨折癒合とは異なり、腰椎椎体間固定術後の正常治癒過程における骨髄浮腫の知見は欠落している。骨癒合過程の評価や腰椎椎体間固定術の術後病変を評価するには、正常患者よりなる基礎データが必要となる。本研究の目的は、腰椎椎体間固定術後の正常治癒過程における骨髄浮腫の特徴を調べることである。

【対象と方法】本研究は函館中央病院における腰椎椎体間固定術後の前向きデータベースを用いた後方視的研究である。2020 年 4 月から 2021 年 12 月までに腰椎変性疾患に対して 1 椎間または 2 椎間の腰椎椎体間固定術を施行され、当院診療プロトコルに沿って術後の定期検査をうけ、かつ術後正常治癒過程を経た患者 225 名(女性 144 名、平均年齢 69.7 歳)を対象とした。

手術手技は腰椎後方椎体間固定術 (posterior lumbar interbody fusion; PLIF) または経椎間孔的腰椎椎体間固定術 (transforaminal lumbar interbody fusion; TLIF) で行った。PLIF は椎体間中央の両側にボックスケージを 1 つずつ、TLIF は椎体間前方にブーメランケージを 1 つ挿入して行った。TLIF を施行された 150 人がシングルケージ群に、PLIF を施行された 75 人がデュアルケージ群に分けられた。

骨髄浮腫は術後 3 週で撮影された MRI 画像をもとに評価された。骨髄浮腫の定義は MRI 画像の椎体正中矢状断像における T1 強調画像低信号域かつ iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation (IDEAL)法を用いた T2 強調画像高信号域とした。IDEAL 法はインプラントア

一チファクト低減に優れた脂肪抑制法である。骨髄浮腫領域を椎体全体の面積で除して骨髄浮腫割合(%)を計算した。骨髄浮腫の出現様式に応じて骨髄浮腫型を分類した。骨髄浮腫割合および骨髄浮腫分布型をシングルケージ群とデュアルケージ群で比較した。

【結果】450 椎体のうち 389 椎体 (86.4%) に骨髄浮腫が認められた。骨髄浮腫はすべて椎体終板と接して現れた。骨髄浮腫割合は  $32.7 \pm 1.0\%$  であった。骨髄浮腫分布は以下 4 つの分布様式に分類された。浮腫なし型 (13.6%), 前方隅角型 (36.6%), ケージ周囲限局型 (48.0%), びまん型 (1.8%)。すべての骨髄浮腫は椎体の中央部から前方部に位置し、後方に限局した骨髄浮腫は観察されなかった。デュアルケージ群よりもシングルケージ群で骨髄浮腫の出現率は有意に高かった ( $92.0\%$  対  $75.3\%$ ,  $P < 0.0001$ , Fisher の正確確率検定)。シングルケージ群では、浮腫なしが 8.0%, 前方隅角型が 42.6%, ケージ周囲限局型が 47.7%, びまん型が 1.7% の頻度で出現した。デュアルケージ群では、浮腫なしが 24.7%, 前方隅角型が 24.7%, ケージ周囲限局型が 48.7%, びまん型が 2.0% の頻度であった。浮腫なし型はデュアルケージ群でシングルケージ群より有意に出現頻度が高かった ( $24.7\%$  対  $8.0\%$ ,  $P < 0.0001$ , Fisher の正確確率検定)。前方隅角型は、デュアルケージ群よりもシングルケージ群で有意に頻度が高かった ( $42.6\%$  対  $24.7\%$ ,  $P = 0.0002$ , Fisher の正確確率検定)。骨髄浮腫割合は、シングルケージ群の方がデュアルケージ群よりも有意に大きかった ( $36.9 \pm 1.2\%$  対  $24.2 \pm 1.8\%$ ,  $P < 0.0001$ , Student の  $t$  検定)。

【考察】本研究は腰椎椎体間固定術後の正常な治癒過程における骨髄浮腫の出現率、分布型および割合に関する骨髄浮腫プロフィールを明らかにした初めての研究である。腰椎椎体間固定術後の正常な治癒過程においても、86.4%の患者に骨髄浮腫が認められた。骨髄浮腫の分布型は、前方隅角型が 36.6%, ケージ周囲限局型が 48.0% の頻度で出現した。これら限局性の骨髄浮腫は、ケージ周囲の応力分布を反映していると考えられた。びまん型の出現頻度は 1.8% と低く、正常治癒過程においてはまれであった。前方隅角型の骨髄浮腫の出現頻度はシングルケージ群で有意に高かった。この結果はシングルケージ群とデュアルケージ群のケージ設置位置の違いに起因していると考えられた。限局性の骨髄浮腫はすべて椎体の前方から中央にかけて出現した。過去の生体力学研究における椎体応力分布は前方に集中しており、本研究における椎体の骨髄浮腫分布が前方に集中する傾向があるという点で類似性がある。骨髄浮腫の出現率および割合は、シングルケージ群よりもデュアルケージ群で有意に低かった。これはデュアルケージが終板との接地面積が広く応力分散能が高いことによるものと思われる。また、本研究において、浮腫なし型はデュアルケージ群に有意に高頻度で出現した。骨髄浮腫がケージからの応力に影響されることを考えると、骨髄浮腫がないことは、椎体が術後にケージからの過度の応力を回避できていることを表している可能性がある。この結果は応力分散においてデュアルケージがシングルケージより有利であることを示唆している。

【結論】本研究は腰椎椎体間固定術後の正常治癒過程における骨髄浮腫のベースラインデータを初めて明らかにした。骨髄浮腫は 4 型に分類することができ、それぞれの型の出現頻度は、浮腫なし型は 13.6%, 前方隅角型は 36.6%, ケージ周囲限局型は 48.0%, びまん型は 1.8% であった。正常な治癒過程では前方隅角型とケージ周囲限局型が多く、びまん型はまれであった。前方隅角型の骨髄浮腫の出現頻度はシングルケージ群で有意に高かった。この結果はシングルケージ群とデュアルケージ群の手術手技の違いに由来している可能性がある。骨髄浮腫の出現率はシングルケージ群よりデュアルケージ群で有意に低く、骨髄浮腫割合はデュアルケージ群でシングルケージ群より有意に低かった。これらの結果は、デュアルケージの荷重分散能が高いことによるものと思われる。これらの知見は腰椎椎体間固定術の術後病変をより良く判別できる可能性を示唆する。