

腰骶移行椎与胸腰移行椎的关系研究

陈武同^{1,2,3}, 谭畅¹, 范毅峰¹, 刘恒志³, 邵炫明¹, 李新志^{3*}

¹三峡大学附属仁和医院, 湖北 宜昌

²三峡大学肿瘤微环境与免疫治疗湖北省重点实验室, 湖北 宜昌

³三峡大学健康医学院, 湖北 宜昌

收稿日期: 2023年10月28日; 录用日期: 2023年11月23日; 发布日期: 2023年12月4日

摘要

目的: 探讨腰骶移行椎与胸腰移行椎的关系。方法: 回顾性分析467例腰骶移行椎患者及450例非腰骶移行椎患者脊柱X线图像, 所有患者均用椎体计数金标准进行编号, 统计合并胸腰移行椎的例数, 分别比较腰骶移行椎组与非腰骶移行椎组患者、腰椎骶化组与骶椎腰化组中胸腰移行椎的发生率; 以椎体计数金标准为标准, 评估第十二肋定位法的诊断准确度。结果: 腰骶移行椎组中胸腰移行椎的发生率为28.6%, 明显高于非腰骶移行椎组12.2%; 腰椎骶化组中胸腰移行椎的发生率为51%, 明显高于骶椎腰化组12.5%; 第十二肋定位法的诊断准确率为89.10%。结论: 腰骶移行椎与胸腰移行椎之间存在明显相关性, 当存在腰骶移行椎时, 应考虑合并胸腰移行椎的可能, 并用全脊柱图像进行椎体编号。

关键词

腰骶移行椎, 胸腰移行椎, 椎体编号

Relationship between Lumbosacral Transitional Vertebrae and Thoracolumbar Transitional Vertebrae

Wutong Chen^{1,2,3}, Chang Tan¹, Yifeng Fan¹, Hengzhi Liu³, Xuanming Shao¹, Xinzhi Li^{3*}

¹Affiliated Renhe Hospital of China Three Gorges University, Yichang Hubei

²Hubei Key Laboratory of Tumor Microenvironment and Immunotherapy, China Three Gorges University, Yichang Hubei

³College of Medical and Health Science, China Three Gorges University, Yichang Hubei

Received: Oct. 28th, 2023; accepted: Nov. 23rd, 2023; published: Dec. 4th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 陈武同, 谭畅, 范毅峰, 刘恒志, 邵炫明, 李新志. 腰骶移行椎与胸腰移行椎的关系研究[J]. 临床医学进展, 2023, 13(12): 18539-18545. DOI: 10.12677/acm.2023.13122605

Abstract

Objective: The aim of this study is to investigate the association between lumbosacral transitional vertebrae and thoracolumbar transitional vertebrae. **Methods:** A retrospective analysis was conducted, involving the examination of spinal X-ray images from 467 patients with lumbosacral transitional vertebrae and 450 patients without lumbosacral transitional vertebrae. Each patient was assigned a numerical identifier based on the vertebral counting gold standard, and the presence of thoracolumbar transitional vertebrae was documented. The study conducted a comparison of the occurrence of thoracolumbar transitional vertebrae in two distinct groups: the lumbosacral transitional vertebra group and the non-lumbosacral transitional vertebra group, as well as in the sacralization group and the lumbarization group. The diagnostic accuracy of the twelfth rib localization method was evaluated using the vertebral counting gold standard. The findings revealed a significantly higher prevalence of thoracolumbar transitional vertebrae in the lumbosacral transitional vertebra group in comparison to the non-lumbosacral transitional vertebra group and the lumbar sacralization group had a significantly higher prevalence of thoracolumbar transitional vertebrae (51%) compared to the sacral lumbarization group (12.5%). The diagnostic accuracy of the twelfth rib localization method was determined to be 89.10%. In conclusion, a significant association exists between lumbosacral transitional vertebrae and thoracolumbar transitional vertebrae. Hence, it is imperative to take into account the potential existence of thoracolumbar transitional vertebrae alongside lumbosacral transitional vertebrae, and utilize full-spinal imaging to ensure precise vertebral numbering.

Keywords

Lumbosacral Transitional Vertebrae, Thoracolumbar Transitional Vertebrae, Vertebral Numeration

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

移行椎又称过渡脊椎,指颈、胸、腰、骶各节段椎体在交界处相互“移行”,即该处椎体可部分或者全部具有其相邻椎体的形态,从而使得各段椎体数量互有增减,但整个脊柱的椎体数量不变[1]。其中以腰骶部移行椎(lumbosacral transitional vertebrae, LSTV)最常见,它包括腰椎骶化、骶椎腰化,发生率在11%~36%之间[2] [3]。腰椎完全骶化、骶椎完全腰化时可出现脊柱椎体数目的变异,导致临床上脊柱节段的识别错误。由于LSTV改变了腰骶部的生物力学特性,有研究认为LSTV与下腰痛以及腰椎退行性病变更有关,但相关研究目前仍然存在一定争议[4] [5] [6] [7]。

以往的研究更多地关注于腰骶部移行椎,很少有关于胸腰部移行椎(thoracolumbar transitional vertebra, TLTV)的研究。TLTV是一种先天性胸腰段脊柱结构发育的异常,可存在于第19或第20椎水平,表现为单侧或双侧的肋骨发育不良或腰肋的形成,同样可导致椎体识别困难[8]。临床上通常将最下位存在肋骨的椎体默认为第12胸椎,忽略了TLTV的存在,且TLTV的患者可能同时合并LSTV,这就使得脊柱椎体的正确识别更加困难[9] [10]。因此,了解TLTV及LSTV等脊柱变异十分重要。目前,关于TLTV与LSTV之间相关性的研究十分缺乏,为此我们统计了临床数据对此进行了研究。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

本研究通过 PACS 回顾性分析了本院 2015 年 1 月至 2023 年 7 月因不同主诉行脊柱 X 线检查的 LSTV 患者 467 人, 非 LSTV 患者 450 人。纳入标准: 行全脊柱正侧位片或腰椎正侧位片并同时含有胸片或胸部 CT 以完整记录肋骨情况的 LSTV 患者。排除标准: (1) 胸部正位片或胸部 CT 无法完整记录胸腰交界处肋骨情况; (2) 影像质量差, 无法清晰辨别肋骨或横突情况。采用倾向性评分匹配法(propensity score matching, PSM)均衡组间年龄、性别因素匹配非 LSTV 组。

2.2. 方法

从 C2 或 T1 开始, 以 7 节颈椎、12 节胸椎、5 节腰椎为标准, 从颅侧开始计算椎体数目, 第 20 和第 25 节椎体分别定义为 L1 和 S1。对所收集的资料进行诊断分类, 并比较脊椎计数金标准与第十二肋定位法之间诊断结果的差异。

2.3. 图像分析与分类

(1) 第十二肋定位法: 腰椎正位片上最后一对肋骨附着处定义为胸 12 椎体, 由此来进行椎体计数。

(2) 肋骨长度测量方法: 在胸部 CT 轴位图像上, 取横断位上肋骨宽度的中点, 由肋骨近端头部到远端顶点做连线。

(3) 胸椎腰化: 参考 Wigh [11]定义标准, 第 12 胸椎任意一侧肋骨长度小于 38 mm 时为胸椎腰化。当双侧第 12 肋骨长度均较第 1 腰椎的横突短者为完全型, 不满足条件则为不完全型。

(4) 腰椎胸化: 参考 Wigh 定义的标准, 第 1 腰椎横突形态与肋骨相似称为腰椎胸化, 主要包括: 第 1 腰椎横突斜向下方走形; 第 1 腰椎横突与椎弓有分节倾向; 第 1 腰椎横突长度大于其余腰椎最长横突(一般为第 3 腰椎横突)。当双侧第 1 腰椎横突长于其余最长横突 3 倍以上为完全型, 不满足条件则为不完全型。

(5) 腰椎骶化: 第 5 腰椎向骶椎移行, 与第 1 骶椎部分甚至完全融合, 形成骶椎样形态。当 L5 横突与骶骨完全融合记为完全型, 反之记为不完全型。

(6) 骶椎腰化: 第 1 骶椎向腰椎移行, 与第 2 骶椎部分甚至完全分离, 形成腰椎样形态。当 S1 横突与 S2 完全分离记为完全型, 反之记为不完全型。

2.4. 统计学方法

使用 SPSS 版本 25.0 统计学软件对数据进行统计学分析。采用卡方检验, 比较不同分组间 TLTV 的发生情况。P < 0.05 为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 一般资料

本研究共纳入 467 例 LSTV 患者, 包括 196 例腰椎骶化、271 例骶椎腰化。LSTV 包括 230 名男性与 237 名女性, 性别比例无统计学差异; 年龄 14~85 岁, 平均年龄 56.8 岁, 年龄分布无统计学差异。非 LSTV 组 450 例, 包括 218 名男性, 232 名女性; 年龄 15~83 岁, 平均年龄 55 岁。

3.2. 移行椎分布情况

LSTV 组共 467 例, 合并 TLTV 者 134 例, 占 28.69%。腰椎骶化患者 196 例, 同时合并 TLTV 者 100 例, 占 51.02%; 其中完全型骶椎腰化合并完全型 TLTV 者 9 例, 占 9.00%; 完全型骶椎腰化合并不完全

型 TLTV 者 15 例, 占 15.00%; 不完全型腰椎骶化合并完全型 TLTV 者 31 例, 占 31.00%; 不完全型腰椎骶化合并不完全型 TLTV 者 49 例, 占 49.00%。骶椎腰化患者 271 例, 同时合并 TLTV 者 34 例, 占 12.55%; 完全型骶椎腰化合并完全型 TLTV 者 2 例, 占 5.88%。完全型骶椎腰化合并不完全型 TLTV 者 5 例, 占 14.71%; 不完全型骶椎腰化合并完全型 TLTV 者 2 例, 占 5.88%; 不完全型骶椎腰化合并不完全型 TLTV, 占 73.53%。

非 LSTV 组 450 例, 合并 TLTV 者 55 例, 占 12.22%, 其中完全型胸椎腰化者 25 例, 占 45.45%; 不完全型胸椎腰化 29 例, 占 52.73%; 不完全型腰椎胸化 1 例, 占 1.82%。见表 1。

3.3. LSTV 与 TLTV 的关系

LSTV 组中合并 TLTV 的患者占 28.69% (134/467), 而非 LSTV 组合并 TLTV 的患者占 12.22% (55/450), 二组之间差异具有统计学意义($\chi^2 = 37.99, P < 0.001$)。腰椎骶化患者中合并 TLTV 占 51.02% (100/196), 骶椎腰化患者中合并 TLTV 占 12.55% (34/271), 二组之间差异具有统计学意义($\chi^2 = 82.29, P < 0.001$)。

Table 1. Distribution of transitional vertebrae and normal lumbar vertebrae

表 1. 移行椎及正常腰椎分布情况

组别		例数	P ^a	P ^b	
LSTV 组	腰椎骶化组	腰椎骶化合并胸椎腰化	99	P < 0.001	P < 0.001
		腰椎骶化合并腰椎胸化	1		
	腰椎骶化	96			
	骶椎腰化组	骶椎腰化合并腰椎胸化	34		
		骶椎腰化	237		
非 LSTV 组	非 LSTV 组	胸椎腰化	54		
		腰椎胸化	1		
		正常腰椎	395		

注: P^a 值为腰椎骶化组与骶椎腰化组之间的结果比较。P^b 值为 LSTV 组与非 LSTV 组之间的结果比较。

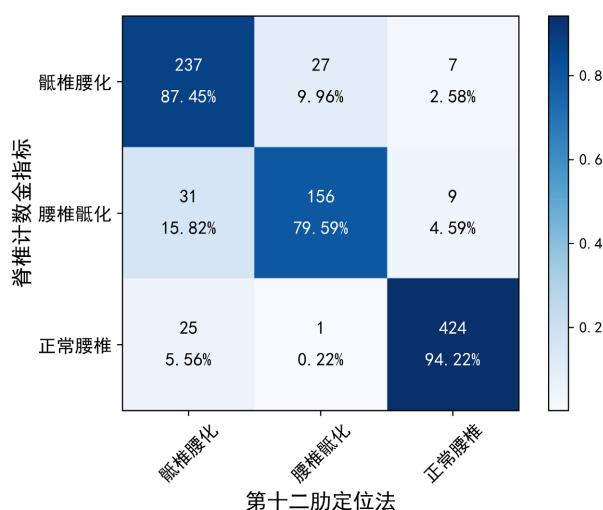


Figure 1. Confusion matrix results of the gold standard for spine counting and the 12th rib positioning method

图 1. 脊椎计数金标准与第十二肋定位法的混淆矩阵结果

3.4. 第十二肋定位法与脊椎计数金标准诊断结果比较

通过第十二肋骨定位法, 金标准诊断为骶椎腰化的 271 例患者中, 27 例被误诊为腰椎骶化, 7 例被误诊为正常腰椎; 金标准诊断为腰椎骶化的 196 例患者中, 31 例被误诊为骶椎腰化, 9 例被误诊为正常腰椎; 金标准诊断为正常腰椎(非 LSTV)的 441 例患者中, 25 例被误诊为骶椎腰化, 1 例为腰椎骶化。骶椎腰化组的误诊率为 12.54% (34/271); 腰椎骶化组的误诊率为 20.41% (40/196); 正常腰椎组(非 LSTV)的误诊率为 5.78% (26/450); 在 917 例患者中, 整体误诊率为 10.91% (100/917)。见图 1。

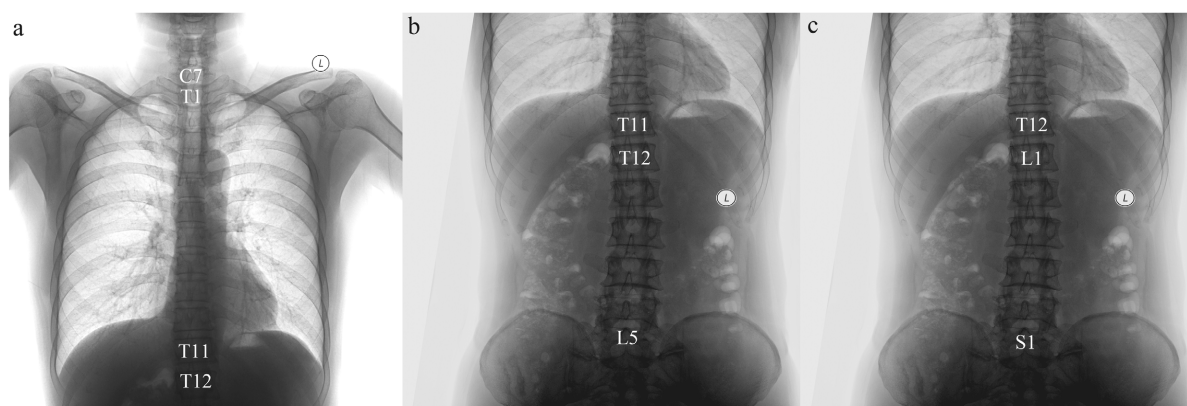
4. 讨论

移行椎属于常见的先天性脊柱发育异常, 目前病因不明。有研究表明 Hox 基因对于椎体的有序分节发育具有重要意义, 其中 Hox-10、Hox-11 基因突变与 LSTV 的变异具有一定相关性[12] [13]。在人体的脊柱结构中, 颈椎的数量通常稳定为 7 个, 极少情况下会有颈肋的出现, 胸椎的数量在 11 到 13 个, 而腰椎的数量在 4 到 6 个不等。胸腰段的变异有可能促进腰骶段的形态变化, 因为胸椎、腰椎、骶椎在胎儿阶段由颅侧向尾侧发育。如果肋骨形成在 L1 (第 20 节椎体), 那么 S1 (第 25 节椎体)就可能与 S2 分离, 导致骶椎腰化[14] [15]。

我们的研究表明 LSTV 与 TLTV 之间存在着显著的相关性, 特别是在腰椎骶化患者组中 TLTV 的发生率高达 51%。尽管脊柱容易发生椎体节段变异, 但仍然存在保持 5 节腰椎的趋势。这提示我们在临床工作中在面对脊柱编号问题时, 不仅要考虑 LSTV 的存在, 也需考虑 TLTV 存在的可能。类似的研究中, Doo 等人使用全脊柱三维 CT 统计了 1340 例患者, 其中 TLTV 患病率为 11.2% (150/1340), LSTV 患病率为 8.3% (111/1340), TLTV 组 LSTV 发病率为 34.0% (51/150), 非 TLTV 组 LSTV 发病率为 5.0% (60/1190), 两组之间 LSTV 的发病率有着明显的统计学差异[16]。而我们的研究对象基于 LSTV 患者, 这样做虽不能统计出移行椎的一般发病情况, 但使我们获得了更多的移行椎患者资料。在对移行椎进一步分型后我们发现, 在腰椎骶化患者中 TLTV 的患者比例显著高于骶椎腰化患者, 分别占 51.02% (100/196) 和 12.55% (34/271), 且两组患者均以不完全型 LSTV 合并不完全型 TLTV 最为常见。

LSTV 在临床上被认为是脊椎计数的错误主要根源, 该问题最严重可导致腰椎手术时对错误的椎体水平进行干预。在一项约 130 万例的脊柱手术统计调查中, 共有 418 例患者的脊柱手术水平错误, 发生率为 1/3110。大多数手术水平错误发生在腰部(71%), 其次是颈部(21%)和胸部(8%) [17]。对此, 研究者们提出许多解剖标志对其进行辅助判断, 例如第十二肋骨、腰大肌起点、腰 3 横突、以及髂腰韧带等[18] [19] [20] [21]。然而, 大部分解剖标志在存在 LSTV 时其准确度、重复性仍存在争议, 有待大样本数据进行进一步验证, 目前只能作为在没有全脊柱影像检查情况下的辅助手段[22]。我们将临床最常用的第十二肋骨定位法与脊椎计数金标准进行对比, 结果显示腰椎骶化患者的准确率为 79.59%, 骶椎腰化患者的准确率为 87.45%, 非 LSTV 患者的准确率为 94.22%。定位错误原因在于部分患者第十二肋骨的发育不良以及 L1 横突过长。例如, 仅依靠腰椎 X 线检查, 在不完全型腰椎骶化合并完全型胸椎腰化的病例中, 患者极有可能被诊断为骶椎腰化(图 2)。

与 LSTV 相比, TLTV 的相关研究十分少见, 目前尚无针对该病的大规模流行病学调查数据, 且有关 TLTV 的分类目前也存在争议。最早分类标准由 Wigh 等人提出, 该分类标准基于肋骨的形态。Anneli 等人提出根据胸腰椎交界处椎体的重叠特征, 对移行椎体进行定性识别, 具体表现为横突或肋骨的发育不良, 上关节突方向的不规则以及乳突的不典型[23]。Park 等人提出根据肋骨的长度和形态、肋椎关节的存在或缺失将 TLTV 分为五种类型[24]。后两者虽对 TLTV 做出了更加详细的分型, 但分型需要能完整显示胸腰段椎体与肋骨之间关系的轴位图像, 其临床实用性不强。在椎体识别问题上, 无论 LSTV 或者 TLTV, 依靠全脊柱图像从上往下的计数方式仍然是临床上最实用且公认的方法。



a: 胸部正位片, 由 T1 往下计数, 最后一个椎体计数为 T12, T12 双侧无肋骨形成。b: 腰椎正位片, 将图 b 与图 a 进行匹配, 由上往下计数, L5 发生腰骶化。c: 腰椎正位片: 采用第十二肋定位法, 双侧存在肋骨的椎体记为 T12, 由上往下计数, S1 发生骶椎化。

Figure 2. Diagnostic schematic of the gold standard for spine counting and the 12th rib positioning method

图 2. 脊椎计数金标准与第十二肋骨定位法诊断示意图

5. 结论

综上所述, 本研究发现 LSTV 与 TLTV 之间存在显著的相关性, 当患者存在腰骶移行椎时, 应考虑合并胸腰移行椎的可能, 仅凭局部的腰椎影像学检查容易误诊。因此推荐在需要进行手术的患者中, 使用包含完整肋骨情况的胸部检查甚至是全脊柱影像检查来对椎体编号, 以区分发育不良的肋骨和腰椎横突, 从而避免在错误的水平进行手术干预。

本研究也存在以下局限性。(1) 考虑到通过腰椎正位图像对 LSTV 对进行 Castellvi 分型[25]存在一定误差, 我们对分型进行了简化, 将其定义中 IIIb 型归类为完全型, 其余分型均定义为不完全型, 导致无法进一步分析 LSTV 与 TLTV 具体分型之间的关系。(2) 我们基于 LSTV 患者资料采用倾向性评分匹配法随机匹配非 LSTV 患者, 这样做可能存在一定的数据偏倚。(3) 由于肋骨沿斜向下方向走行, 在 CT 轴位图像上对肋骨的长度测量往往涉及多个扫描层面, 将导致一定的测量误差。(4) 由于部分图像从 T1 开始计数, 这部分病人并没有考虑颈胸段椎体变异的情况。(5) 本研究数据样本来源单一, 可能会影响研究结果的可靠性。未来可扩大样本量, 进一步深入研究。

参考文献

- [1] Hanhivaara, J., Maatta, J.H., Niinimäki, J. and Nevalainen, M.T. (2020) Lumbosacral Transitional Vertebrae Are Associated with Lumbar Degeneration: Retrospective Evaluation of 3855 Consecutive Abdominal CT Scans. *European Radiology*, **30**, 3409-3416. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06691-2>
- [2] Apazidis, A., Ricart, P.A., Diefenbach, C.M. and Spivak, J.M. (2011) The Prevalence of Transitional Vertebrae in the Lumbar Spine. *The Spine Journal*, **11**, 858-862. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.08.005>
- [3] Sugiura, K., Morimoto, M., Higashino, K., et al. (2021) Transitional Vertebrae and Numerical Variants of the Spine: Prevalence and Relationship to Low Back Pain or Degenerative Spondylolisthesis. *The Bone & Joint Journal*, **103-B**, 1301-1308. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.103B7.BJJ-2020-1760.R1>
- [4] Desai, A., McGrath, K., Rao, E.M., et al. (2023) Examining Degenerative Disease Adjacent to Lumbosacral Transitional Vertebrae: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Neurosurgery: Spine*, **38**, 688-695. <https://doi.org/10.3171/2023.2.SPINE221071>
- [5] Vinha, A., Bártolo, J., Lemos, C., Cordeiro, F. and Rodrigues-Pinto, R. (2022) Lumbosacral Transitional Vertebrae: Prevalence in a Southern European Population and Its Association with Low Back Pain. *European Spine Journal*, **31**, 3647-3653. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07415-4>

- [6] Hanhivaara, J., Maatta, J.H., Karppinen, J., *et al.* (2022) The Association of Lumbosacral Transitional Vertebrae with Low Back Pain and Lumbar Degenerative Findings in MRI: A Large Cohort Study. *Spine*, **47**, 153-162. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000004244>
- [7] Fidan, F., Balaban, M., Hatipoglu, S.C. and Veizi, E. (2022) Is Lumbosacral Transitional Vertebra Associated with Lumbar Disc Herniation in Patients with Low Back Pain? *European Spine Journal*, **31**, 2907-2912. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07372-y>
- [8] Yun, S., Park, S., Park, J.G., *et al.* (2018) Spinal Enumeration by Morphologic Analysis of Spinal Variants: Comparison to Counting in a Cranial-to-Caudal Manner. *Korean Journal of Radiology*, **19**, 1140-1146. <https://doi.org/10.3348/kjr.2018.19.6.1140>
- [9] Tataru, Y., Niimura, T., Sekiya, T. and Mihara, H. (2021) Changes in Lumbosacral Anatomy and Vertebral Numbering in Patients with Thoracolumbar and/or Lumbosacral Transitional Vertebrae. *JBJS Open Access*, **6**, e20.00167. <https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.20.00167>
- [10] Poolman, A.M., Wessels, Q., Schoor, A.-V., *et al.* (2023) Thoracolumbar Transitional Vertebrae: Quantitative Differentiation and Associated Numeric Variation in the Vertebral Column Using Skeletal Remains. *Journal of Anatomy*, **243**, 311-318. <https://doi.org/10.1111/joa.13865>
- [11] Wigh, R.E. (1980) The Thoracolumbar and Lumbosacral Transitional Junctions. *Spine*, **5**, 215-222. <https://doi.org/10.1097/00007632-198005000-00003>
- [12] Carapuco, M., Novoa, A., Bobola, N. and Mallo, M. (2005) Hox Genes Specify Vertebral Types in the *Presomitic* Mesoderm. *Genes & Development*, **19**, 2116-2121. <https://doi.org/10.1101/gad.338705>
- [13] Wellik, D.M. and Capecchi, M.R. (2003) Hox10 and Hox11 Genes Are Required to Globally Pattern the Mammalian Skeleton. *Science*, **301**, 363-367. <https://doi.org/10.1126/science.1085672>
- [14] Nakajima, A., Usui, A., Hosokai, Y., *et al.* (2014) The Prevalence of Morphological Changes in the Thoracolumbar Spine on Whole-Spine Computed Tomographic Images. *Insights Imaging*, **5**, 77-83. <https://doi.org/10.1007/s13244-013-0286-0>
- [15] Hughes, R.J. and Saifuddin, A. (2004) Imaging of Lumbosacral Transitional Vertebrae. *Clinical Radiology*, **59**, 984-991. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2004.02.019>
- [16] Doo, A.R., Lee, J., Yeo, G.E., *et al.* (2020) The Prevalence and Clinical Significance of Transitional Vertebrae: A Radiologic Investigation Using Whole Spine Spiral Three-Dimensional Computed Tomographic Images. *Anesthesia and Pain Medicine*, **15**, 103-110. <https://doi.org/10.17085/apm.2020.15.1.103>
- [17] Mody, M.G., Nourbakhsh, A., Stahl, D.L., *et al.* (2008) The Prevalence of Wrong Level Surgery among Spine Surgeons. *Spine*, **33**, 194-198. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31816043d1>
- [18] Lee, C.H., Park, C.M., Kim, K.A., *et al.* (2007) Identification and Prediction of Transitional Vertebrae on Imaging Studies: Anatomical Significance of Paraspinal Structures. *Clinical Anatomy*, **20**, 905-914. <https://doi.org/10.1002/ca.20540>
- [19] Thawait, G.K., Chhabra, A. and Carrino, J.A. (2012) Spine Segmentation and Enumeration and Normal Variants. *Radiologic Clinics*, **50**, 587-598. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2012.04.003>
- [20] Farshad-Amacker, N.A., Aichmair, A., Herzog, R.J. and Farshad, M. (2015) Merits of Different Anatomical Landmarks for Correct Numbering of the Lumbar Vertebrae in Lumbosacral Transitional Anomalies. *European Spine Journal*, **24**, 600-608. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3573-7>
- [21] Hughes, R.J. and Saifuddin, A. (2006) Numbering of Lumbosacral Transitional Vertebrae on MRI: Role of the Iliolumbar Ligaments. *American Journal of Roentgenology*, **187**, W59-W65. <https://doi.org/10.2214/AJR.05.0415>
- [22] Zhou, S., Du, L., Liu, X., *et al.* (2022) Quantitative Measurements at the Lumbosacral Junction Are More Reliable Parameters for Identifying and Numbering Lumbosacral Transitional Vertebrae. *European Radiology*, **32**, 5650-5658. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08613-w>
- [23] Du Plessis, A.M., Greyling, L.M. and Page, B.J. (2018) Differentiation and Classification of Thoracolumbar Transitional Vertebrae. *Journal of Anatomy*, **232**, 850-856. <https://doi.org/10.1111/joa.12781>
- [24] Park, S.K., Park, J.G., Kim, B.S., Huh, J.D. and Kang, H. (2016) Thoracolumbar Junction: Morphologic Characteristics, Various Variants and Significance. *The British Journal of Radiology*, **89**, Article ID: 20150784. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150784>
- [25] Castellvi, A.E., Goldstein, L.A. and Chan, D.P. (1984) Lumbosacral Transitional Vertebrae and Their Relationship with Lumbar Extradural Defects. *Spine*, **9**, 493-495. <https://doi.org/10.1097/00007632-198407000-00014>