

颈椎病患者项韧带钙化与颈椎曲度的相关性分析

邓真^{1,2} 王玉鹏³ 赵璐璐³ 王辉昊^{2,3} 商海滨¹ 廉由之¹ 李国中^{1△} 詹红生^{2,3△}

[摘要] 目的:探讨颈椎病患者中项韧带钙化与颈椎曲度间的相关性。方法:回顾性分析 290 例颈椎病患者临床和影像学资料,根据有无项韧带钙化分为 2 组,测量项韧带钙化的程度,比较 2 组患者性别、年龄、体重指数(BMI)、病程、颈椎曲度、椎间隙高度丢失评分、疼痛数字评分量表(NRS)、伴随症状之间的差异;根据 $C_2 \sim C_7$ Cobb 角将颈椎曲度分为前凸型、直型和后凸型 3 种。分析项韧带钙化及程度与上述因素之间的相关性,找出影响项韧带钙化的危险因素。结果:290 例颈椎病患者中,项韧带钙化发生率为 61.38%,男性发病率为女性的 1.62 倍,共 229 个颈椎节段发生了项韧带钙化,依次为 $C_{5/6}$ (39.3%)、 $C_{4/5}$ (38.0%)、 $C_{3/4}$ (15.3%)、 $C_{6/7}$ (5.7%) 和 $C_{2/3}$ (1.7%)。项韧带钙化组患者的年龄、 $C_2 \sim C_7$ Cobb 角、Jackson 应力曲线、椎间隙高度丢失评分与无项韧带钙化组比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。项韧带钙化与直型颈椎曲度呈强正相关性,与年龄、性别、椎间隙高度丢失评分呈中度正相关性,与疼痛数字评分量表评分呈轻度正相关性,与后凸型颈椎呈轻度负相关性,项韧带钙化程度与各因素间无相关性。直型颈椎曲度是项韧带钙化最重要的危险因素,其次是椎间隙高度丢失,疼痛数字评分量表评分和年龄对项韧带钙化也有影响。结论:项韧带钙化与直型颈椎高度相关,但钙化程度与颈椎曲度类型无关,项韧带钙化的发生可预测患者存在椎间隙高度丢失相关性疾病和较重的疼痛程度。

[关键词] 项韧带钙化;颈椎曲度;颈椎病;颈椎间盘退变

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2023)01-0019-06

Correlation Analysis between the Ossification of Nuchal Ligament and Cervical Curvature in Patients with Cervical Spondylosis

DENG Zhen^{1,2} WANG Yupeng³ ZHAO Lulu³ WANG Huihao^{2,3}
SHANG Haibin¹ LIAN Youzhi¹ LI Guozhong^{1△} ZHAN Hongsheng^{2,3△}

¹ Shanghai Baoshan Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai 201999, China;

² Zhan Hongsheng Studio of Academic Experience of Shanghai Famous Doctors in Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China;

³ Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China.

Abstract Objective: To investigate the correlation between the ossification of nuchal ligament (ONL) and different type of cervical curvature in patients with cervical spondylosis.

Methods: The clinical and imaging data of 290 patients with cervical spondylosis were analyzed retrospectively. They were divided into two groups according to the presence or absence of ONL. The degree of ONL was measured. The differences between the two groups in gender, age, body mass index (BMI), course of disease, cervical curvature, intervertebral space height loss score, numerical rating scale (NRS) scores and accompanying symptoms were compared. The cervical curvature was divided into three types: lordosis types, straight types and kyphosis types according to the C_2 to C_7

基金项目:国家自然科学基金项目(81804114,81973871)

上海市卫健委临床行业面上项目(202240188)

上海市人才发展资金资助项目(2019101)

上海市卫计委詹红生上海市名老中医学术经验研究工作室建设项目(SHGS-2017025, SZYMYGZS4013)

上海市中医诊疗模式创新试点建设项目

(ZY2018-2002-FWTX-6003)

上海中医药大学后备卓越中医人才项目(30)

上海高水平地方高校创新团队(慢性筋骨病损伤研究与转化)

¹ 上海市宝山区中西医结合医院/上海中医药大学附属宝山医院(上海,201999)

² 詹红生上海市名中医工作室

³ 上海中医药大学附属曙光医院

△通信作者 E-mail: shgsyjs@139.com(詹红生)

15000822918@163.com(李国中)

Cobb angle. The correlation between ONL and the above factors was analyzed to find out the risk factors affecting ONL.

Results: Among the 290 cases of cervical spondylosis, the incidence of ONL was 61.38%, and the incidence rate of male was 1.62 times higher than that of female. There were 229 ONL segments, which were $C_{5/6}$ (39.3%), $C_{4/5}$ (38%), $C_{3/4}$ (15.3%), $C_{6/7}$ (5.7%) and $C_{2/3}$ (1.7%) respectively. There were significant differences in age, C_2 to C_7 Cobb angle, Jackson stress curve and intervertebral space height loss score between the ONL group and non-ONL group ($P < 0.05$). There was a strong positive correlation between ONL and straight cervical curvature, a moderate positive correlation with age and intervertebral space height loss, a slight positive correlation with NRS and a slight negative correlation with kyphosis curvature. The degree of ONL had no correlation with all factors. Straight cervical curvature was the most important risk factor for ONL, followed by the loss of intervertebral space height. NRS and age are also risk factors for ONL. **Conclusion:** ONL is highly related to straight cervical curvature, but the degree of calcification has no relationship with the type of cervical curvature. The occurrence of ONL can predict that patients have diseases related to intervertebral space height loss and server pain.

Keywords: ossification of nuchal ligament; cervical curvature; cervical spondylosis; cervical disc degeneration

项韧带钙化(Ossification of Nuchal Ligament, ONL)是项韧带退变、损伤后最常见的改变,其具体发生机制不明,可能是慢性过载所致^[1]。有研究认为^[2-3]项韧带钙化是颈椎退变和颈椎失稳的重要因素之一。颈椎生理曲度异常是早期诊断颈椎病的重要指标^[4-5],有研究证实项韧带钙化与颈椎曲度减小存在相关性^[6-7],但未对颈椎曲度类型进行深入研究,且与常见临床症状之间的相关性也缺乏探讨。因此,本研究旨在通过横断面研究,观察颈椎病患者项韧带钙化与不同颈椎曲度类型、影像学参数和常见临床症状之间的相关性,为临床诊治颈椎病及项韧带钙化提供参考。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

纳入上海市宝山区中西医结合医院骨伤科 2020 年 3 月至 2022 年 2 月诊治的 290 例患者。所有患者对实验方案均知情同意,并且得到上海市宝山区中西医结合医院伦理委员会批准,伦理编号为 201812-03。

1.2 纳入标准

1)患者诊断为颈椎病,临床症状包括颈肩部僵硬、疼痛,头晕、头痛,上肢酸痛麻木等。2)患者就诊时接受颈椎 X 线正侧位摄片或自带 1 周内 X 线影像资料。

1.3 排除标准

颈椎外伤、颈椎骨折、感染、肿瘤、畸形、既往有颈椎手术史及孕妇、妊娠期妇女等不能接受放射性检查者。

1.4 方法

根据患者影像资料有无项韧带钙化,分为项韧带钙化组和无项韧带钙化组。

临床资料 所有患者在就诊时记录一般病例资料(性别、年龄、体重指数(BMI),病程),对颈部疼痛程度进行疼痛数字评分量表(NRS)评分测量,询问并记录有无头晕、有无上肢症状(肩臂或上肢酸、胀、麻、木、放射感)。

影像学指标测量 项韧带钙化的定位及程度测量:在 X 线侧位片上,由椎体后缘中点向棘突顶点作直线并延长,钙化灶所处两延长线之间确定为项韧带钙化对应节段,钙化灶头部至尾部的长度为钙化程度,若出现不连续的多个钙化灶,则分别测量和记录其对应的节段,钙化程度由多段长度合并计算(见图 1a)。

椎间隙高度评估 按 Walraevens 提出的方法^[8],对 X 线侧位片椎间隙高度丢失评分进行评估:退变椎间隙中心线高度与相邻椎间隙中心线高度进行差值比率计算,比值小于 25%,记 1 分;25%~50%,记 2 分;50%~75%,记 3 分;大于 75%,记 4 分(见图 1b)。多个椎间盘退变时,记录节段以丢失程度最高者评分为准。

颈椎生理曲度的评估采用以下两种方法 1) $C_2 \sim C_7$ Cobb 角: C_2 下终板及 C_7 下中板延线的垂直线夹角。2)Jackson 生理应力曲线: C_2 和 C_7 椎体后缘延线的夹角(见图 1c)。按 Grob 的方法^[9],以鼻尖方向作为正区间,依据测量的 $C_2 \sim C_7$ Cobb 角,将颈椎分为前凸型($< -4^\circ$)、直型($-4^\circ \sim 4^\circ$)及后凸型($> 4^\circ$),见图 1d。

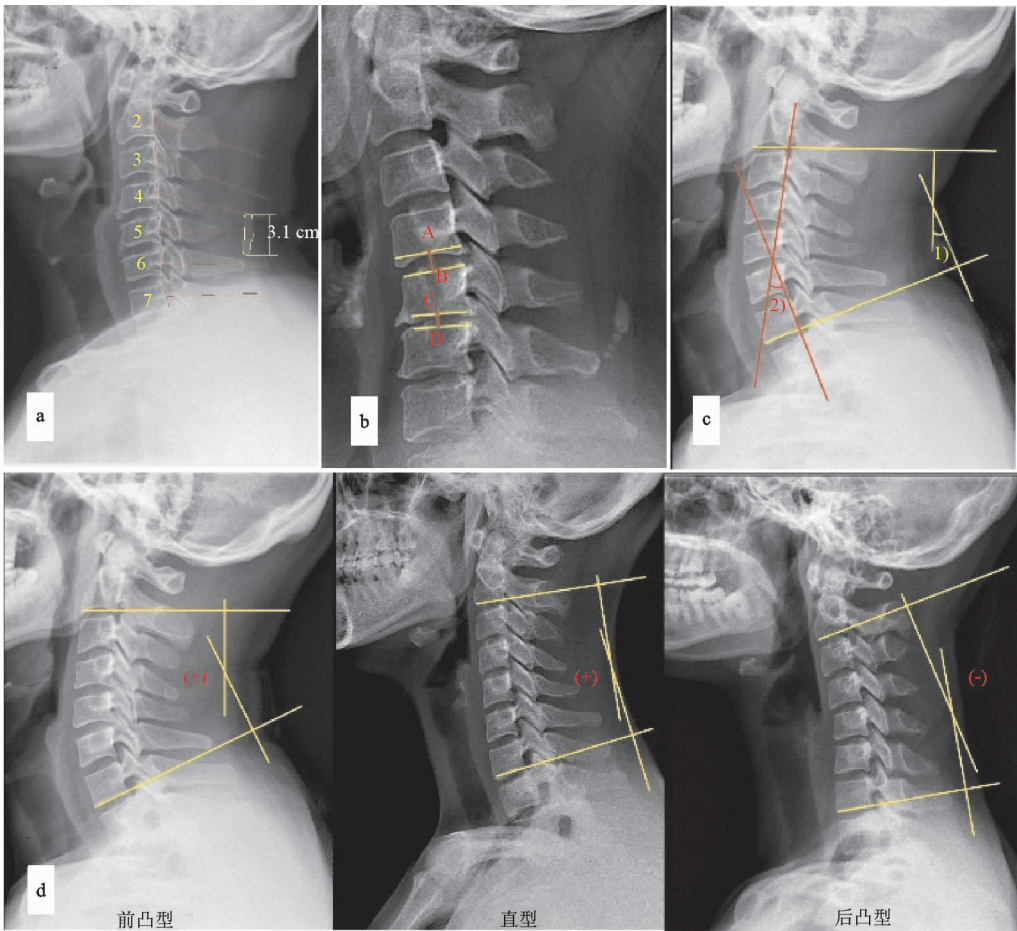
1.5 主要观察指标

颈椎病患者病程以月记录,在组别中常见临床症状以有/无百分比计算,疼痛数字评分量表评估时取整数(0~10,0 为无任何疼痛,10 为难以忍受的疼痛)。

在 PACE 影像学系统中采集测量影像学指标,项韧带钙化对应节段测量项韧带钙化程度,椎间盘高度丢失评分,比较有无项韧带钙化两组之间患者的一般资料,颈椎曲度类型、颈椎曲度数值、常见临床症状等因素之间差异和相关性,并分析项韧带钙化可能的危险因素。

1.6 统计学方法

运用 SPSS20.0 统计软件进行数据的统计学分析。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,计量资料之间比较采用独立样本 t 检验,组间比较采用 χ^2 检验,计数资



(a) 项韧带钙化的定位和测量。(b) 椎间隙高度丢失评分 $=[(AB-CD)/AB]\times 100\%$ ；(c) 颈椎生理曲度测量法；(d) 颈椎曲度类型

图 1 影像学测量方法

料采用率来表示。对各因素进行 Pearson 相关性分析,相关因素 $r<0.25$ 为弱相关, $0.25<r<0.50$ 为轻度相关, $0.50<r<0.75$ 为中度相关, $r>0.75$ 为强相关。采用二元 Logistic 回归分析项韧带钙化的危险因素,显著水平为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

本研究共纳入颈椎病患者 290 例,其中男 179 例,女 111 例;年龄为 16~78 岁,平均为 (42.25 ± 11.34) 岁。根据 X 线影像中有无项韧带钙化分为 2 组,其中项韧带钙化组 178 例,无项韧带钙化组 112 例,项韧带钙化的发病率为 61.38%,男性发病率是女性发病率的 1.62 倍。对主要影响因素进行两组间比较,结果显示:项韧带钙化组患者年龄、疼痛数字评分量表、 $C_2\sim C_7$ Cobb 角、Jackson 应力曲线、椎间隙高度丢失评分与无项韧带钙化组比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),而性别、体重指数、病程、有无头晕、有无上肢症状在两组中差异无统计学意义(见表 1 和表 2)。

2.2 项韧带钙化及程度与各因素间的相关性分析

本研究所有项韧带钙化平均钙化程度为 (14.86 ± 9.74) mm,以钙化程度对各因素进行 Pearson 相关性

表 1 290 例患者一般资料情况

项目	结果
年龄/岁($\bar{x}\pm s$)	42.25±11.34
性别(男/女)/例	179/111
病程/月($\bar{x}\pm s$)	5.27±1.22
颈椎曲度类型	前凸型/例
	103(58.3%)
	直型/例
项韧带钙化节段/例	94(81.9%)
	后凸型/例
	93(44.1%)
$C_{1/2}$ /例	229
$C_{2/3}$ /例	0
$C_{3/4}$ /例	4
$C_{4/5}$ /例	35
$C_{5/6}$ /例	87
$C_{6/7}$ /例	90
	13

分析,结果显示钙化程度与颈椎曲度及其他因素间均无相关性。项韧带钙化的发生与各因素之间的相关性分析结果显示:项韧带钙化与直型颈椎曲度呈强正相关性,与椎间隙高度丢失评分、年龄呈中度正相关性,与疼痛数字评分量表评分呈轻度正相关性,与后凸型颈椎呈轻度负相关性,其余因素与项韧带钙化不存在相关性(见表 3)。结果提示直型颈椎曲度更趋向于发

表 2 两组患者基线资料、影像参数及临床症状对比($\bar{x}\pm s$)

项目	ONL 组($n=178$)	无 ONL 组($n=112$)	χ^2/t	P
年龄/岁	47.12 \pm 12.31	40.35 \pm 11.27	3.279	0.007
性别(男/女)/例	110/68	69/43	2.397	0.977
体重指数/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	24.22 \pm 3.82	24.43 \pm 4.28	0.260	0.835
病程/月	5.12 \pm 1.27	5.67 \pm 1.42	0.338	0.717
疼痛数字评分量表评分/分	6.15 \pm 3.34	5.47 \pm 2.14	1.721	0.046
头晕(有/无)/例	62/116	45/67	2.245	0.982
上肢症状(有/无)/例	81/97	49/63	0.475	0.553
颈椎曲度类型	前凸型/例	43	3.751	0.004
	直型/例	17	2.433	<0.001
	后凸型/例	52	1.517	0.037
	C ₂ ~C ₇ Cobb 角/($^{\circ}$)	17.43 \pm 7.44	2.853	0.003
	Jackson 应力曲线/($^{\circ}$)	23.42 \pm 10.17	2.724	0.005
	椎间隙高度丢失评分/分	1.68 \pm 0.74	3.576	0.002

表 3 项韧带钙化与各因素间的相关性分析

参数	性别	年龄	体重指数	前凸型	直型	后凸型	椎间隙高度丢失评分	病程	疼痛数字评分量表评分	头晕	上肢症状
项韧带钙化	0.053	0.542	0.131	0.141	0.769	-0.451	0.617	-0.174	0.434	0.021	0.032
P	0.021	0.027	0.632	0.744	<0.001	0.039	<0.001	0.698	0.014	0.877	0.861

生项韧带钙化,而后凸型颈椎曲度却更不趋向于发生项韧带钙化。

2.4 项韧带钙化的危险因素分析

将所有 290 例患者作为整体,以项韧带钙化的发生作为因变量,纳入年龄、颈椎曲度类型、椎间隙高度丢失评分、疼痛数字评分量表评分等因素进行 Logistic 回归

分析,结果显示:直型颈椎曲度是项韧带钙化最重要的危险因素,其次是椎间隙高度丢失评分,疼痛数字评分量表和年龄也是项韧带钙化的危险因素,而后凸型颈椎曲度对避免项韧带钙化的发生有利,其余因素均无相关性(见表 4)。

3 讨论

表 4 项韧带钙化危险因素的 Logistic 回归分析

变量	β	SE	OR	95%CI	P
年龄	0.074	0.012	1.077	1.025,1.138	0.037
前凸型	0.382	0.378	1.465	0.704,3.046	0.318
直型	0.791	0.377	2.206	1.078,4.511	0.016
后凸型	-0.329	0.392	0.719	0.576,0.898	0.025
椎间隙高度丢失评分	0.734	0.682	2.083	1.525,2.846	0.006
疼痛数字评分量表评分	0.172	0.091	1.187	1.091,2.241	0.041

注: β 为回归系数;SE 为标准差;OR 为比值比;95%CI 为 95%置信区间。

项韧带钙化是项韧带损伤或过度负载后产生的局限性纤维软骨化改变,是导致颈椎失稳和颈椎曲度异常的重要因素之一。据报道^[10-12]亚洲人项韧带钙化的发病率为 27.6%~49.7%,本研究中发病率高达 61.8%,而通常认为项韧带钙化不致临床症状,所以项韧带钙化存在发病率高而重视程度低的现状,但两者是否存在因果关系或相关性尚待更多研究的证实。颈椎生理曲度的异常是早期颈椎病的诊断依据之一^[5,13],颈椎曲度与临床症状间存在相关性^[14-16],且已有研究证实项韧带钙化与颈椎曲度减小、颈椎不稳密切相关^[10,17-18]。颈椎力学失稳后导致曲度减小逐渐发展为变直甚至后凸,项韧带钙化的发生是否随之增加,目前鲜有研究对此进行探讨。因此,深入分析项韧带钙化与不同颈椎曲度类型及常见临床症状之间的相关性,不仅可以完善相关研究,更可为颈椎病和项韧带钙

化的临床诊治和预后评估提供参考。

3.1 项韧带钙化最易发生在颈椎退变节段,且与年龄呈正相关,与性别及体重指数无相关性

颈椎正常的生理曲度是前凸型,C₄~C₆颈椎节段承受较大的前屈扭矩,是整个颈椎中容易发生退变的节段^[19]。在本研究中,项韧带钙化最多的节段是 C_{5/6}(39.3%)和 C_{4/5}(38.0%),C_{3/4}和 C_{6/7}节段钙化相对较少(见表 1),这与现有研究结果一致^[20-21]。椎间隙高度丢失是颈椎退行性改变的重要评判指标,多由椎间盘突出、椎间盘退变导致^[8,22-23]。本研究所有发生椎间隙高度丢失的节段中,最多的节段是 C_{4/5}(48.6%),其次是 C_{5/6}(36.1%)和 C_{3/4}(11.2%),项韧带钙化组椎间隙高度丢失评分明显高于无钙化组(2.24 \pm 1.03 vs 1.68 \pm 0.74, $P<0.05$),椎间隙高度丢失评分与项韧带钙化呈中度正相关($r=0.617$, $P<0.05$),并且是

项韧带钙化的第二大危险因素($OR = 2.083, P < 0.05$)。因此,两者结合可以说明颈椎退变节段对应的项韧带更容易发生钙化改变。有研究表明^[24]项韧带钙化易发于 50~59 岁,年龄较大的患者中发病率更高,笔者的结果显示项韧带钙化组平均年龄(47.12 ± 12.31 岁)明显大于无项韧带钙化组(40.35 ± 11.27 岁),差异有统计学意义($P < 0.05$);Pearson 相关性分析显示,项韧带钙化与年龄呈中度正相关($r = 0.542, P < 0.05$)。这可能是由于年龄增长,颈椎退变的发生增多、程度加重导致的。本研究结果显示,性别和体重指数与项韧带钙化无相关性(见表 2 和表 3),也不是影响项韧带钙化的危险因素(见表 3 和表 4)。

3.2 项韧带钙化与颈痛程度呈正相关,但钙化程度与临床症状及影像学改变之间均无相关性

由项韧带钙化直接引起的临床症状通常表现为钙化灶局部疼痛,颈椎前屈时症状加重,后伸时可缓解,严重者可有钙化灶局部肌肉肿胀和挛缩^[25]。通常,单纯项韧带钙化几乎是无症状的,目前有一些针对颈椎项韧带钙化的治疗研究^[26-28],但治疗对象均为各型颈椎病伴项韧带钙化者,其临床症状以颈椎病典型症状为主,治疗方式也以治疗颈椎病为主结合项韧带部位的局部封闭、针刀松解等,没有研究证实项韧带钙化经过非手术治疗后会消失,因此项韧带钙化与临床症状之间的相关性依然不能确定。本研究结果显示,项韧带钙化与颈痛程度呈轻度正相关($r = 0.434, P < 0.05$),项韧带钙化组疼痛数字评分量表评分明显高于无项韧带钙化组(6.15 ± 3.34 vs $5.47 \pm 2.14, P < 0.05$),且疼痛数字评分量表评分是项韧带钙化的危险因素之一($OR = 1.187, P < 0.05$)。说明疼痛程度越重,患者发生项韧带钙化的概率越高,但其他临床症状(头晕、上肢症状)既与项韧带钙化无相关性,也不是项韧带钙化的危险因素(见表 3 和表 4)。在钙化程度方面,陆炜强等^[17]将项韧带钙化程度与颈椎曲度数值、节段水平位移及性别、年龄等因素进行分析,未发现相关性。Tsai 等^[29]研究结果表明项韧带钙化的程度与颈椎曲度、椎间盘突出、棘突对位不良均无相关性。在本研究中,项韧带钙化平均长度为(14.86 ± 9.74)mm,经相关性分析和 Logistic 回归分析,可见项韧带钙化的程度与各影响因素之间无关。因此,有项韧带钙化通常预示有更重的疼痛程度,但项韧带钙化的程度不能作为评判临床症状严重程度的依据。

3.3 颈椎曲度变直是项韧带钙化最重要的危险因素,曲度后凸与项韧带钙化呈负相关,项韧带钙化的发生并不因颈椎曲度由前凸逐渐变为后凸而增多或加重

颈椎曲度的测量有多种方法, $C_2 \sim C_7$ Cobb 角方法操作简单,是目前运用最广泛的方法,而 Jackson 应

力曲线数值准确,两者结合可以保证对颈椎曲度测量和评估的准确性。本研究结果显示,在项韧带钙化组中 $C_2 \sim C_7$ Cobb 角和 Jackson 应力曲线数值对比无项韧带钙化组,数值更小且差异有统计学意义(见表 2),这与已有的研究结果一致,即项韧带钙化与颈椎曲度减小密切相关。但不同的是,本研究进一步将颈椎分为前凸型、直型和后凸型三类,项韧带钙化在这三个类型曲度中发病率分别为 58.3%、81.9%和 44.1%,直型颈椎项韧带钙化的发病率最高,并且与项韧带钙化呈强正相关性($r = 0.769, P < 0.05$),也是项韧带钙化最危险因素($OR = 2.206, P < 0.05$)。结果还显示曲度后凸与项韧带钙化呈轻度负相关,在 Logistic 回归分析结果中,后凸型颈椎对不形成项韧带钙化有利($\beta = -0.329, OR = 0.719, P < 0.05$)。从生物力学角度分析,后凸型颈椎也形成了类似前凸型颈椎的弧度,是颈椎曲度异常改变最严重的类型,有研究认为^[30-31]当颈椎退变加剧时,椎体活动度下降,容易形成其他骨性增生性病理改变,如椎体骨质增生、前纵韧带钙化、后纵韧带钙化等,以增强颈椎的稳定性。这种病理稳定性的增强可能是后凸型颈椎与项韧带钙化呈负相关、项韧带钙化发生较少的主要原因。本研究结果显示,项韧带钙化的发生并非随着颈椎曲度由前凸到变直至后凸而逐渐增多的,项韧带钙化与不同类型颈椎曲度之间深层次的规律和生物力学机制值得进一步深入探索。

综上所述,项韧带钙化与年龄、颈椎曲度变直、椎间隙高度丢失、颈椎疼痛程度密切相关,是颈椎病发展过程中的重要因素且早期易被 X 线检查发现,因此,临床医生在影像检查结果中发现项韧带钙化时,可以初步判断诊治对象存在颈部疼痛程度高、对应椎间隙丢失等情况,但不能根据项韧带钙化程度武断判定患者临床症状或影像学的严重程度,在治疗方案选择时应注意缓解疼痛程度,针对性选择合适的干预方式。

本研究也存在一定的局限性:本研究只纳入了单中心的颈椎病患者,没有设立健康组进行项韧带钙化有无的观察和测量;其次,由于样本量的限制,本研究未能针对对后凸型颈椎曲度与项韧带钙化的关系进行更深入的分析,例如后凸型椎体曲度稳定性评估和更全面的颈椎退变评估,本研究现有的发现并不能确定后凸型颈椎曲度一定有利于无项韧带钙化的发生,但这也为进一步深入研究指明了方向;最后,项韧带钙化的发生及对颈椎乃至脊柱生物力学特性的影响依然难以明确,需要更多流行病学系统性和更深入的生物力学机制探索。

参考文献

- [1] 罗杰,魏戎,李家金.项韧带钙化的临床意义及生物力学探讨[J].中国骨伤,2010,4(23):305-307.

- [2] SHINGYOUCHI Y, NAGAHAMA A, NIIDA M. Ligamentous ossification of the cervical spine in the late middle-aged Japanese men. Its relation to body mass index and glucose metabolism[J]. *Spine*, 1996, 21(21): 2474-2478.
- [3] SCAPINELLI R. Sesamoid bones in the ligamentum nuchae of man[J]. *J Anat*, 1963, 97(Pt3): 417-422.
- [4] YU M, ZHAO WK, LI M, et al. Analysis of cervical and global spine alignment under Roussouly sagittal classification in Chinese cervical spondylotic patients and asymptomatic subjects[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(6): 1265-1273.
- [5] YOON S Y, MOON H I, LEE S C, et al. Association between cervical lordotic curvature and cervical muscle cross-sectional area in patients with loss of cervical lordosis[J]. *Clin Anat*, 2018, 31(5): 710-715.
- [6] KIM M S, PARK H J, LEE S Y, et al. Association between ossification of the posterior longitudinal ligament and ossification of the nuchal ligament in the cervical spine[J]. *PLoS ONE*, 2019, 14(11): 1-9.
- [7] ZHANG B, CHEN G, GAO X, et al. Potential link between ossification of nuchal ligament and the risk of cervical ossification of posterior longitudinal ligament: evidence and clinical implication from a meta-analysis of 8429 participants[J]. *Orthopaedic Surgery*, 2021, 13(3): 1055-1066.
- [8] WALRAEVEN J, LIU B, SLOTEN J V, et al. Qualitative and quantitative assessment of degeneration of cervical intervertebral discs and facet joints [J]. *European Spine Journal*, 2009, 18(3): 358-369.
- [9] GROB D, FRAUENFELDER H, MANNION A F. The association between cervical spine curvature and neck pain[J]. *European Spine Journal*, 2007, 16(10): 1741-1743.
- [10] WANG H, ZOU F, JIANG J, et al. Analysis of radiography findings of ossification of nuchal ligament of cervical spine in patients with cervical spondylosis [J]. *Spine*, 2014, 39(1): 7-11.
- [11] IZAWA K. Comparative roentgenographical study on the incidence of ossification of the posterior longitudinal ligament and other degenerative changes of the cervical spine among Japanese, Koreans, Americans and Germans (author's transl) [J]. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi*, 1980, 54(5): 461-474.
- [12] KATAYAMA H, NANJO T, SAITO M, et al. Radiological analysis of the ossifications of the nuchal ligaments[J]. *Rinsho Hoshasen*, 1982, 27(1): 91-95.
- [13] SEONG H Y, LEE M K, JEON S R, et al. Prognostic factor analysis for management of chronic neck pain: can we predict the severity of neck pain with lateral cervical curvature? [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2017, 60(4): 456-464.
- [14] GORE D R. Roentgenographic findings in the cervical spine in asymptomatic persons; a ten-year follow-up[J]. *Spine*, 2001, 26(22): 2463-2466.
- [15] MARCHIORI D M, HENDERSON C N. A cross-sectional study correlating cervical radiographic degenerative findings to pain and disability[J]. *Spine*, 1996, 21(23): 2747-275.
- [16] 任龙喜, 何玉宝, 郭函, 等. 颈部疼痛程度与颈椎曲度相关性的临床观察[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(9): 750-753.
- [17] 陆炜强, 袁峰, 陈加成. 项韧带骨化与颈椎曲度及节段稳定的影像学分析[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(12): 1923-1928.
- [18] TAKESHITA K, PETERSON E T, BYLSKI-AUSTROW D, et al. The nuchal ligament restrains cervical spine flexion[J]. *Spine*, 2004, 29(18): 388-393.
- [19] SHEDID D, BENZEL E C. Cervical spondylosis anatomy: Pathophysiology and biomechanics [J]. *Neurosurgery*, 2007, 60(1): 7-13.
- [20] LIU B, LIU Z, VANHOOF T, et al. Kinematic study of the relation between the instantaneous center of rotation and degenerative changes in the cervical intervertebral disc[J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(11): 2307-2313.
- [21] BO Y, ZHIWEI W, YIN Z, et al. Radiographic features and correlation analysis of location of ossification in patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament combined with ossification of the nuchal ligament[J]. *World Neurosurg*, 2018, 116: 929-933.
- [22] 戴力扬. 颈椎间盘退行性改变与颈椎不稳[J]. *中华外科杂志*, 1999, 37(3): 180-182.
- [23] ROBINSON R A, AFEICHE N, DUNN E J, et al. Cervical spondylotic myelopathy: etiology and treatment concepts[J]. *Spine*, 1977, 2(2): 831-837.
- [24] KIM K W, OH Y M. Increased prevalence of ossification of posterior longitudinal ligament and increased bone mineral density in patients with ossification of nuchal ligament[J]. *Korean J Spine*, 2016, 13(3): 139-143.
- [25] 张黎, 李德光, 索上喻, 等. 项韧带钙化的中医治疗现状[J]. *云南中医中药杂志*, 2018, 12(39): 81-83.
- [26] 金生飞. 锋勾针治疗项韧带损伤 87 例[J]. *中医外治杂志*, 2009, 18(3): 27.
- [27] 韩安, 杨英昕. 小针刀治疗项韧带钙化的临床效果观察[J]. *按摩与康复医学*, 2018, 9(4): 29-30.
- [28] 张秉贤, 林孙枝, 黄林升, 等. 药物局部注射配合小针刀治疗项韧带钙化 80 例[J]. *国医论坛*, 2011, 26(3): 27.
- [29] TSAI Y L, WENG M C, CHEN T W, et al. Correlation between the ossification of nuchal ligament and clinical cervical disorders[J]. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 2012, 28(10): 538-544.
- [30] SHEDID D, BENZEL E C. Cervical spondylosis anatomy: pathophysiology and biomechanics [J]. *Neurosurgery*, 2007, 60(S1): 7-13.
- [31] FERGUSON R J, CAPLAN L R. Cervical spondylitic myelopathy[J]. *Neurologic Clinics*, 1985, 3(2): 373-382.