

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2021.12.1374

· 论 著 ·

基于聚类分析的部队中青年人群慢性非特异性颈痛的 Pavlov 比值特征

罗 溪^{1△}, 季承龙^{1△}, 孙凯强¹, 孙璟川¹, 袁 媛², 史建刚^{1*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)长征医院骨科, 上海 200003

2. 华东理工大学材料科学与工程学院, 上海 200237

[摘要] **目的** 探讨颈椎 Pavlov 比值对部队中青年人群颈椎退变和颈椎相关临床表现的影响。**方法** 收集 2021 年 1 月至 8 月间以“颈痛”为主诉且症状持续时间>3 个月的 18~40 岁军人患者的人口学、影像学及临床资料。根据 X 线片测量数据, 采用系统聚类分析对样本进行分组, 对比分析各组的骨性退变、椎间盘退变和颈椎功能障碍指数量表(NDI)评分。**结果** 共纳入 129 名病例, 均为男性。系统聚类将样本分为 3 个群组: 高 Pavlov 比值组, 21 例, Pavlov 比值为 1.12~1.23 (1.18±0.04); 中 Pavlov 比值组, 84 例, Pavlov 比值为 0.83~1.11 (0.96±0.06); 低 Pavlov 比值组, 24 例, Pavlov 比值为 0.69~0.82 (0.77±0.04)。3 组间椎体矢状径、椎管矢状径、侧块宽度、椎板宽度、Pavlov 比值、侧块宽度/椎板宽度比值、骨性退变、Pfirrmann 分级和 Kang 分级差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。高 Pavlov 比值组主要表现为低椎体矢状径、高椎管矢状径和高椎板宽度, 骨性退变最严重; 中 Pavlov 比值组表现为高侧块宽度、高侧块宽度/椎板宽度比值, 骨性退变最轻; 低 Pavlov 比值组表现为高椎体矢状径、低椎管矢状径和低椎板宽度, Pfirrmann 分级和 Kang 分级最高。3 组间年龄、颈椎曲度和 NDI 评分差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。总体 Pavlov 比值与 NDI 评分无明显相关性 ($r = -0.035$, $P = 0.691$), 高 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分呈正相关 ($r = 0.541$, $P = 0.011$), 中 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分无明显相关 ($r = -0.057$, $P = 0.604$), 低 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分呈负相关 ($r = -0.642$, $P = 0.001$)。**结论** 与颈椎 Pavlov 比值居中的患者相比, 比值偏高或偏低的患者存在椎体和椎弓的发育不均衡, 骨性退变及椎间盘退变更加明显; 患者临床症状的严重程度随 Pavlov 比值的离中趋势增加而增加。Pavlov 比值可作为颈痛及颈椎退变高危解剖因素, 或可成为衡量部队特定岗位胜任力的参考选拔指标。

[关键词] Pavlov 比值; 慢性非特异性颈痛; 聚类分析; 职业胜任**[中图分类号]** R 681.531**[文献标志码]** A**[文章编号]** 0258-879X(2021)12-1374-08

Pavlov ratio characteristics of non-specific chronic neck pain in young and middle-aged military population based on cluster analysis

LUO Xi^{1△}, JI Cheng-long^{1△}, SUN Kai-qiang¹, SUN Jing-chuan¹, YUAN Yuan², SHI Jian-gang^{1*}

1. Department of Orthopaedics, Changzheng Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

2. School of Material Science and Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China

[Abstract] **Objective** To investigate the effect of cervical Pavlov ratio on cervical degeneration and cervical-related clinical manifestations in young and middle-aged military population. **Methods** The demographic, imaging and clinical data of 18-40 years old military patients mainly complaining “neck pain” longer than 3 months were collected from Jan. 2021 to Aug. 2021. All samples were grouped by systematic cluster analysis according to X-ray measurement data. The bone degeneration, intervertebral disc degeneration and neck disability index (NDI) scores of the groups were compared and analyzed. **Results** A total of 129 cases (all males) were included. The samples were divided into 3 groups: high Pavlov ratio group (1.12-1.23 [1.18±0.04], 21 cases), medium Pavlov ratio group (0.83-1.11 [0.96±0.06], 84 cases) and low Pavlov ratio group (0.69-0.82 [0.77±0.04], 24 cases). There were significant differences in vertebra diameter (VD), canal diameter (CD), lateral mass width (LM), spinolaminar line-to-lateral mass distance (SL), Pavlov ratio, LM/SL ratio, bone degeneration, Pfirrmann grade and Kang grade among the 3 groups (all $P < 0.05$). High Pavlov ratio group mainly manifested low VD, high CD and SL, with most serious bone degeneration; medium Pavlov ratio group showed high LM and LM/SL ratio, with the lightest bone degeneration; and low Pavlov ratio group presented high VD, low CD and SL, with the highest Pfirrmann grade

[收稿日期] 2021-09-24 **[接受日期]** 2021-11-15**[作者简介]** 罗 溪, 硕士生. E-mail: brookluo@outlook.com; 季承龙, 硕士生. E-mail: jcl15@qq.com

△共同第一作者 (Co-first authors)

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-81885631, E-mail: chzhshijg@126.com

and Kang grade. No significant difference was observed in age, lordosis or NDI score among the 3 groups (all $P > 0.05$). There was no significant correlation between overall Pavlov ratio and NDI score ($r = -0.035$, $P = 0.691$). A positive correlation between Pavlov ratio and NDI score in the high Pavlov ratio group ($r = 0.541$, $P = 0.011$) and a negative correlation in the low Pavlov ratio group ($r = -0.642$, $P = 0.001$) were demonstrated, without significant correlation in the medium Pavlov ratio group ($r = -0.057$, $P = 0.604$). **Conclusion** Compared with patients of medium Pavlov ratio, the patients of high or low ratio present unbalanced development of vertebra and vertebral arch and more obvious degeneration of bone and intervertebral disc, and the severity of clinical symptoms increases with the escalation of the deviation trend of the Pavlov ratio. Pavlov ratio can be used as a high-risk anatomic factor for the neck pain and cervical spine degeneration, or as a reference selection index to measure the competency of specific posts in the army.

[**Key words**] Pavlov ratio; non-specific chronic neck pain; cluster analysis; professional competence

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(12): 1374-1381]

慢性非特异性颈痛 (non-specific chronic neck pain, NSCNP) 指排除创伤、肿瘤、脊髓型/神经根性颈椎病、肩周炎和外周神经卡压等病因后存在的、持续时间 > 3 个月的颈部疼痛。NSCNP 导致的疼痛可放射至头部、躯干和上肢区域, 具有复发率高、年轻化趋势明显的特点。一项纳入 5 000 例受试者的研究显示, NSCNP 的患病率达 73.2%, 40 岁以下人群患病率超过 60%, 严重影响中青年社会中坚力量的生产劳动^[1]。在人类与各种屏幕的交互越发密集的背景下, 伴随新时代战争形态的变化和作战方式的演变, 以及军事体能、技能训练日益严格, 中青年官兵的颈痛问题逐渐成为影响部队职业胜任的重要阻碍。准确筛查 NSCNP 的高危人群对于该病的重点预防及特殊岗位的精准选拔有重要意义, 但目前相关研究较为缺乏。

本研究旨在寻找 NSCNP 的高危解剖因素, 为如何筛查 NSCNP 高危人群提供参考。Pavlov 比值 (椎管矢状径/椎体矢状径) 既往多被用于判断颈椎管狭窄程度^[2], 作为一项可衡量颈椎承重和非承重结构相对尺寸的指标, 其是否会影响颈椎的退变特点和相关临床症状目前尚未明确。本研究探讨 Pavlov 比值对颈椎退变和颈椎相关临床表现的影响。

1 对象和方法

1.1 研究对象 以 2021 年 1 月至 8 月海军军医大学 (第二军医大学) 长征医院门诊收治的 NSCNP 军人患者为研究对象。纳入标准: (1) 以颈肩部疼痛、僵硬、不适为主诉; (2) 症状在久坐、久站、伏案工作后加重, 休息后缓解; (3) 症状持续时间 > 3 个月; (4) 年龄 18~40 周岁。排除标准: (1) 神经根型/脊髓型颈椎病, 存在明显的神经受压临床症状体征和影像学证据; (2) 肿

瘤、发育畸形、强直性脊柱炎、类风湿关节炎累及颈椎者; (3) 有颈椎外伤、手术史; (4) 颈椎明显不稳或滑脱。本研究经海军军医大学 (第二军医大学) 长征医院伦理委员会审批。

1.2 资料收集与指标判定标准 (1) 收集患者性别、年龄等人口学信息。(2) 收集患者颈椎 X 线正侧位片和颈椎 MRI 资料。骨性退变判定标准: 观察颈椎 X 线片, 如存在椎体边缘变尖、硬化明显改变或前纵韧带、后纵韧带、项韧带钙化, 记为存在骨性退变 (计 1 分), 否则记为无骨性退变 (计 0 分)。于 X 线侧位片测量颈椎 $C_2 \sim 7$ Cobb 角, $> 10^\circ$ 记为曲度正常 (计 0 分), $0^\circ \sim 10^\circ$ 记为曲度变直 (计 1 分), $< 0^\circ$ 记为反曲 (计 2 分)。 C_5 椎体为下颈椎中位颈椎、X 线显影清晰, 具有一定代表性, 同时 C_5 约为颈膨大水平, 椎管空间改变意义较大, 故本研究测量 C_5 椎体的矢状径、椎管矢状径、侧块宽度及椎板宽度 (图 1), 计算 Pavlov 比值和侧块宽度/椎板宽度比值。根据 MRI T2 加权像, 评估退变最严重节段的 Pfirrmann 分级及 Kang 分级。Pfirrmann 分级标准^[3]: I 级为均匀白色高信号, 高度正常; II 级为不均匀白色高信号, 常见水平灰色条带, 纤维环和髓核界限明显, 高度正常; III 级为灰白色不均匀信号, 纤维环和髓核界限不明显, 高度正常或略微下降; IV 级为黑灰色不均匀信号, 纤维环和髓核界限几乎消失, 高度正常或稍下降; V 级为黑色低信号, 纤维环和髓核界限消失, 椎间隙塌陷。Kang 分级标准^[4]: 无椎管狭窄征象为 0 级; 蛛网膜下腔信号带消失超过 50% 为 1 级; 脊髓出现变形为 2 级; 脊髓信号改变为 3 级。(3) 采用患者颈椎功能障碍指数量表 (neck disability index, NDI) 评分^[5] 对患者颈椎功能进行评估。较日本骨科学会颈椎病疗效评定标准, NDI 评分更

加关注受试者的主观体验,更适用于评估颈椎退变轻、无绝对手术适应证的人群^[6]。测量和评分工作由3名工作时间>5年的脊柱外科医师完成,计量资料取平均值,分类资料和等级资料意见不一致时经讨论决定。



图1 X线片指标测量示意图

Fig 1 Schematic diagram of indexes on X-ray film

VD: Vertebra diameter; CD: Canal diameter; LM: Lateral mass width; SL: Spinolaminar line-to-lateral mass distance.

1.3 统计学处理 采用SPSS 25.0软件进行数据分析。根据椎体矢状径、椎管矢状径、侧块宽度和椎板宽度4项指标,采用系统聚类分析对研究对象进行分组。计量资料采用中位数(四分位数间距)表示,分类资料、等级资料采用例数表示,组间比

较采用秩和检验。计量资料间的相关性分析采用Pearson相关分析,涉及等级资料采用Spearman相关性分析。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 一般资料 共纳入129例NSCNP患者,均为男性,年龄为18~40(26.57 ± 6.5)岁。样本总体椎体矢状径为(19.16 ± 3.61)mm,椎管矢状径为(18.26 ± 3.51)mm,侧块宽度为(13.07 ± 2.55)mm,椎板宽度为(5.24 ± 1.89)mm,Pavlov比值为 0.96 ± 0.13 ,侧块宽度/椎板宽度比值为 2.88 ± 1.27 。颈椎曲度正常68例、变直32例、反曲29例,骨性退变50例、无骨性退变79例,Pffirmann分级I、II、III、IV级分别有51、43、29、6例,Kang分级为0、1、2、3级分别有63、60、5、1例。NDI评分为(23.78 ± 6.89)分。

2.2 聚类分组情况 椎体矢状径、椎管矢状径、侧块宽度和椎板宽度可用于识别颈椎“三柱”承重结构和椎管中空结构的特征,可反映前柱-椎管关系(Pavlov比值)、后柱-椎管关系以及椎管横断面形态(侧块宽度/椎板宽度比值)。为保证各群集差异性的同时避免过于分散,结合数据特征将全部样本分为:高Pavlov比值组,21例,Pavlov比值为1.12~1.23(1.18 ± 0.04);中Pavlov比值组,84例,Pavlov比值为0.83~1.11(0.96 ± 0.06);低Pavlov比值组,24例,Pavlov比值为0.69~0.82(0.77 ± 0.04)。图2示聚类分析树状图。各组典型病例X线片见图3。

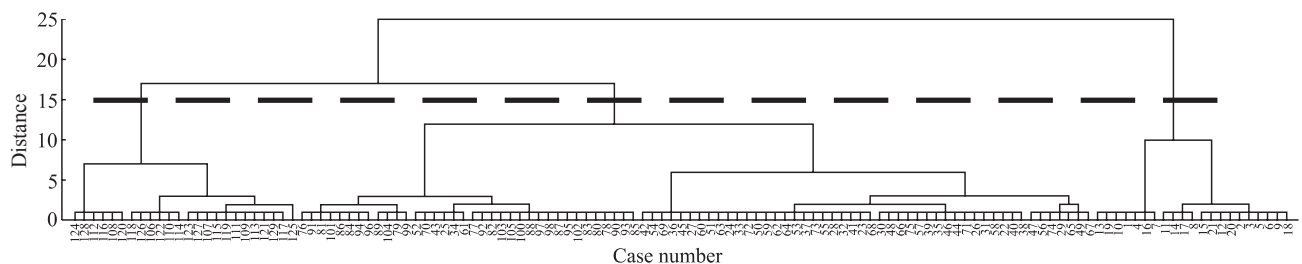


图2 聚类分析树状图(虚线示分类截断)

Fig 2 Cluster analysis tree (dotted line indicates classification truncation)

2.3 聚类分组后各指标的比较 经过正态性检验和方差齐性检验,结合数据特征选用秩和检验进行组间比较。3组间椎体矢状径、椎管矢状径、侧块宽度、椎板宽度、Pavlov比值、侧块宽度/椎板宽

度比值、骨性退变、Pffirmann分级和Kang分级差异均有统计学意义(P 均 < 0.05),年龄、颈椎曲度和NDI评分差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。见表1。

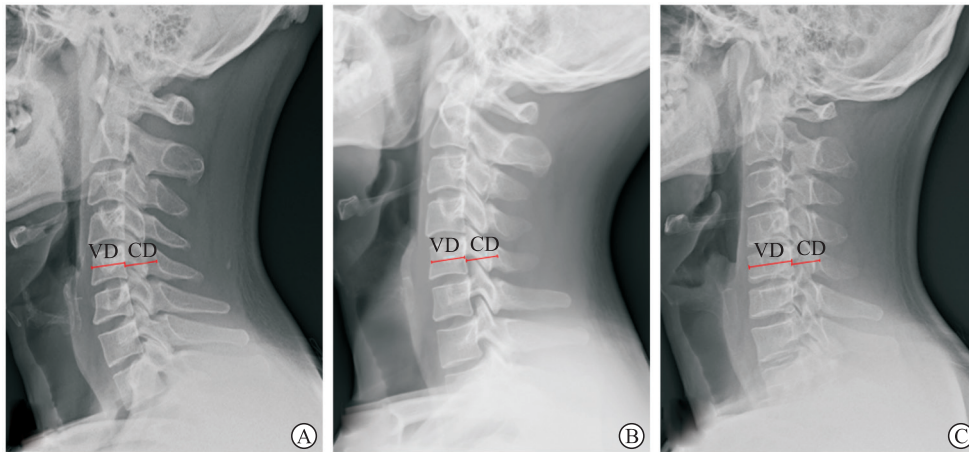


图 3 各组的典型病例 X 线片

Fig 3 X-ray films of typical cases in each group

A: High Pavlov ratio group (male, 34 years old, CD=20 mm, VD=17 mm, Pavlov ratio=1.18); B: Medium Pavlov ratio group (male, 26 years old, CD=18 mm, VD=19 mm, Pavlov ratio=0.95); C: Low Pavlov ratio group (male, 32 years old, CD=16 mm, VD=22 mm, Pavlov ratio=0.73). VD: Vertebra diameter; CD: Canal diameter.

表 1 3 组间相关指标的比较

Tab 1 Comparison of related indexes among 3 groups

Index	High Pavlov ratio group <i>n</i> =21	Medium Pavlov ratio group <i>n</i> =84	Low Pavlov ratio group <i>n</i> =24	χ^2 value	<i>P</i> value
Age/year, <i>M</i> (<i>QR</i>)	24.00 (10.00)	26.00 (9.50)	24.00 (11.50)	0.759	0.684
X-ray measurement, <i>M</i> (<i>QR</i>)					
VD/mm	17.00 (5.00)	19.00 (5.00)	22.00 (4.25)	13.983	0.001
CD/mm	20.00 (6.50)	18.00 (5.00)	16.50 (3.75)	11.474	0.003
LM/mm	12.00 (4.50)	13.50 (3.00)	11.00 (3.00)	14.862	0.001
SL/mm	7.00 (2.00)	5.00 (3.00)	5.00 (2.00)	30.901	<0.001
Pavlov ratio	1.17 (0.08)	0.95 (0.07)	0.77 (0.06)	92.191	<0.001
LM-SL ratio	1.56 (0.69)	3.00 (2.25)	2.37 (1.65)	33.037	<0.001
Degenerative index, <i>n</i>					
Cervical curvature				5.529	0.063
Normal	14	48	6		
Straight	1	19	12		
Reverse	6	17	6		
Bone degeneration				11.749	0.003
No	7	60	12		
Yes	14	24	12		
Pffirmann grade				12.250	0.002
I	7	28	6		
II	4	34	5		
III	10	10	4		
IV	0	2	9		
Kang grade				26.833	<0.001
1	3	54	6		
2	18	30	12		
3	0	0	5		
4	0	0	1		
Clinical index, <i>M</i> (<i>QR</i>)					
NDI score	21.00 (8.50)	24.50 (10.75)	21.00 (5.75)	4.523	0.104

M (*QR*): Median (quartile range); VD: Vertebra diameter; CD: Canal diameter; LM: Lateral mass width; SL: Spinolaminar line-to-lateral mass distance; NDI: Neck disability index.

2.4 Pavlov 比值与 NDI 评分的相关性分析 总样本的 Pavlov 比值与 NDI 评分无明显相关性 ($r =$

-0.035 , $P=0.691$, 图 4A)。聚类分组后, 高 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分呈正相关

($r=0.541$, $P=0.011$, 图 4B), 中 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分无明显相关性 ($r=-0.057$, $P=0.604$, 图 4C), 低 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分呈负相关 ($r=-0.642$, $P=0.001$, 图 4D)。总样本的 NDI 评分与退变各指标的相关分

析显示, NDI 评分与 Kang 分级 ($r=-0.335$, $P<0.001$) 和颈椎曲度 ($r=-0.289$, $P=0.001$) 呈负相关, 与 Pfirrmann 分级 ($r=-0.016$, $P=0.860$) 及骨性退变 ($r=-0.166$, $P=0.060$) 无明显相关性。

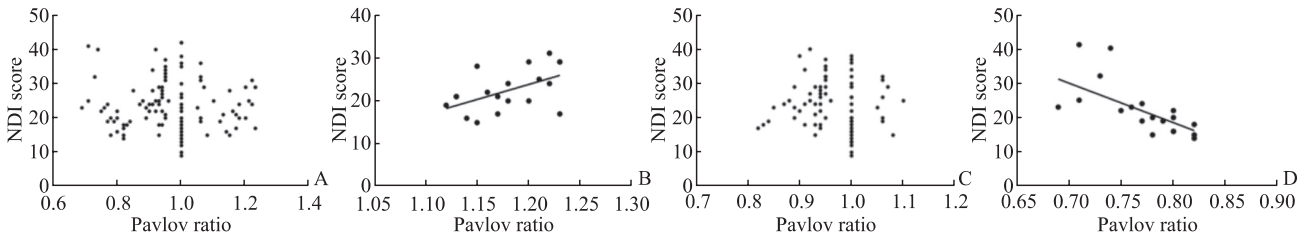


图 4 Pavlov 比值与 NDI 评分的相关性分析散点图

Fig 4 Scatter plot of correlation analyses of Pavlov ratio and NDI score

A: Total samples; B: High Pavlov ratio group; C: Medium Pavlov ratio group; D: Low Pavlov ratio group. NDI: Neck disability index.

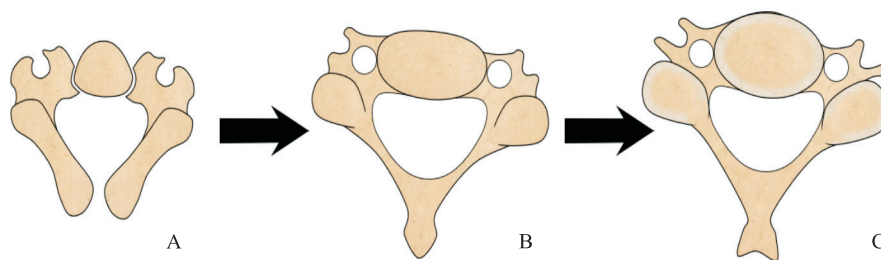
3 讨论

3.1 Pavlov 比值的传统临床应用 人类在进入成年期后, 脊柱发育逐渐停止, 每节脊椎的全部次级骨化中心骨化完成, 椎体和椎弓形成完整的骨性连接, 脊柱的骨性形态进入一个比较稳定的阶段。在此过程中, 脊柱各部分为适应劳动需求发生形态的分化, 颈椎形成椎体较小、椎孔较大、关节突关节面方向近似水平的形态^[7]。

颈椎 Pavlov 比值是量化评估椎体-椎管关系的重要指标, 因其可以消除 X 线摄像的放大效应, 同时减少受检者体型差异的影响, 在临床上得到广泛应用。以往研究多关注 Pavlov 比值的下限, 从而判断受检者是否存在发育性颈椎管狭窄。1987 年, Pavlov 等^[8] 研究提出, Pavlov 比值低于 0.82 即可判断为颈椎管狭窄。1992 年, 党耕町等^[9] 应用此法对 411 例中国健康人测量后提出, C₅ 水平 Pavlov 平均值在男性为 0.89, 女性为 0.99, 以正常值 90% 的下限 (男 0.75, 女 0.81) 作为椎管狭窄的标准较为合理。康辉等^[10] 于 2007 年结合国人情况, 将 Pavlov 比值下限设为 0.75, 提出当连续 3 个节段以上 Pavlov 比值 < 0.75 时可诊断为发育性椎管狭窄。然而, 由于 Pavlov 比值属于典型的“双界值”指标, 过高和过低均反映了一定程度的椎体-椎管发育不匹配。

3.2 Pavlov 比值的亚组特点 本研究中, 聚类分析将 129 例 NSCNP 患者分为 3 个群组。高 Pavlov 比值组的特点为 Pavlov 比值介于 1.12~1.23、椎

体小、椎管大、侧块宽度/椎板宽度比值较小。如图 1 所示, 椎管矢状径由腹侧的侧块宽度和背侧的椎板宽度组成, 这 2 个数值在脊椎发育过程中发生着动态变化。人类出生时, 每块脊椎的发育主要起源于 3 个骨化中心: 1 个位于椎体, 另外 2 个分别位于左、右半椎弓。半椎弓的 2 个骨化中心在发育过程中会逐步从两侧向中线、向背侧延伸融合形成完整的椎弓, 同时形成环形封闭的椎管, 这一过程发生于人类 3~4 岁 (图 5A、5B)^[11-12]。椎管的发育先于椎体和侧块, 其体积在 4 岁以前几乎完成了全部发育, 此后脊柱的生长主要以椎体、侧块等骨性结构向外膨胀为主 (图 5B、5C)。研究显示, 对 5 岁前的幼儿实施脊柱融合术后主要会影响患儿的身高, 而一般不会导致椎管狭窄^[11,13]。Horne 等^[14] 则在研究中提出, 对比不同个体的椎管矢状径, 椎板宽度的变异对椎管矢状径变化的贡献更大。因此, 左、右半椎弓汇合的时机决定了椎管矢状径何时达到最大值。可以推测, 如果左、右半椎弓汇合过早, 则椎管矢状径小, 椎板宽度窄, 椎孔接近椭圆形; 反之, 椎管矢状径大, 椎板宽度宽, 椎孔接近三角形。王跃新^[15] 在研究脊髓型颈椎病患者时发现, 椎板夹角 (颈椎 CT 横断面上两侧椎板内缘所在直线的夹角) 与 Pavlov 比值、日本骨科学会评分呈负相关。这一发现与本研究结果一致, 椎板夹角小表明半椎弓汇合晚, 椎管矢状径大, Pavlov 比值高。综上, 对于高 Pavlov 比值组人群, 其两侧半椎弓在汇合之前的发育更加显著可能是高 Pavlov 比值的成因之一。

图 5 第 5 颈椎 (C_5) 发育示意图Fig 5 Schematic diagram of the development of the 5th cervical vertebra (C_5)

Two months after birth, there was no fusion between the vertebra and two half vertebral arches, and the spinal canal space was increasing (A); at the age of 3-4 years, the vertebra fused with the vertebral arches, the bilateral lamina fused, and the spinal canal volume was fixed (B); at the age of 6 years, the vertebra, lateral mass, transverse process, articular process and spinous process continued to expand and develop (C).

低 Pavlov 比值组的特点为 Pavlov 比值在 0.69~0.82, 椎体大、椎管小、侧块宽度窄、椎板宽度窄。如前所述, 侧块和椎板均发育自半椎弓骨化中心, 均参与椎管形成。半椎弓汇合后, 侧块围成椎管腹外侧空间, 椎板则围成椎管背侧空间。梁宇^[12]记录了 0~6 岁儿童的颈椎发育情况, 发现侧块和椎体随年龄增长同步生长, 而椎弓根长度变化则不明显, 表明 3 个骨化中心在正常发育过程中受到统一调控。结合数据特征, 低 Pavlov 比值组表现为半椎弓骨化中心和椎体骨化中心发育不平衡, 半椎弓骨化中心形成的侧块、椎板等结构较椎体尺寸偏小, 可能存在半椎弓汇合过早, 导致椎管矢状径减小。孙鑫等^[16]发现发育性椎管狭窄患者合并有椎板宽度的明显缩短, 与本研究结果一致。综上, 对于低 Pavlov 比值组人群, 半椎弓的发育不良可能最终导致低 Pavlov 比值。

过高或过低的 Pavlov 比值均表明颈椎结构存在发育不均衡, 正常的 Pavlov 比值如何界定? Pavlov 比值与性别、年龄、人种均有一定相关性^[17-19], 故研究者对于 Pavlov 比值的医学参考值莫衷一是。2016 年发表的一项针对尼日利亚人的研究发现, 其颈椎 X 线片测得的椎管矢状径平均为 18.99 mm, Pavlov 比值为 0.95^[20], 与本研究中的中 Pavlov 比值组人群数据相近。Ezra 等^[21]统计得出, 非裔美国人 C_5 水平的 Pavlov 比值为 0.999 ± 0.227 , 欧裔美国人为 1.134 ± 0.280 , 后者显著大于前者 ($P < 0.0001$); 同时随着年龄增长, 椎体会因压缩、增生等因素出现向腹侧的膨胀, 导致老年人的 Pavlov 比值低于年轻人。Goto 等^[22]

通过回顾 2002 年日本健康人群颈椎 X 线片资料发现, 当时 70 岁群体和 20 岁群体的椎管矢状径平均值分别为 15 mm 和 16 mm, 据此他猜测不同世代人群营养水平和整体体型的变化影响了椎管的发育。因此, Pavlov 比值医学参考值的提出, 必须针对符合特定性别、年龄和人种等特征的群体。

本研究纳入对象为 18~40 岁的男性黄种人, 同质性好。中 Pavlov 比值组人数占样本总数的 65.1% (84/129), Pavlov 比值为 0.83~1.11, 能一定程度上代表颈椎结构发育均衡的群体。统计各组的退变指标和 NDI 评分显示, 中 Pavlov 比值组在椎体骨性退变和椎间盘退变 (Pfirrmann 分级、Kang 分级) 方面明显较高 Pavlov 比值组和低 Pavlov 比值组轻 ($P < 0.01$), 3 组间 NDI 评分无明显差异。对各组的 Pavlov 比值与 NDI 评分的相关性分析显示, 高 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分呈正相关 ($r = 0.541$)、中 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分无明显相关性 ($r = -0.057$), 低 Pavlov 比值组 Pavlov 比值与 NDI 评分呈负相关 ($r = -0.642$), 表明在发育不均衡的高 Pavlov 比值组和低 Pavlov 比值组, 临床症状随着不均衡趋势加大而加重的趋势。这一现象的产生可能与颈椎整体力学特征的改变具有密切关系。

3.3 Pavlov 比值对颈椎力学特征的影响 在诸结构材料学特性的基础上, 颈椎的力学特征由和脊椎间各个骨连结共同体现和维持。颈椎抗载荷问题类似于材料学中的压杆稳定问题: 在其他条件相同的情况下, 杆横截面积越大, 柔度越小, 临界应力越大, 杆的稳定性和抗载荷能力越高。因此, 椎体、

关节突关节的尺寸是决定颈椎抗载荷能力的关键因素^[23]。椎间盘-椎体连结是颈椎唯一的软骨连结,是颈椎主要的承重结构^[24]。Pal等^[25]认为颈椎36%的轴向载荷通过椎体传递,两侧关节突关节各传递32%,呈现“三足鼎立”的分布形式。关节突关节既承担垂直载荷,也能对抗水平载荷。上下关节突的关节面相适应时,关节面积越大,其对抗垂直压缩和水平剪切载荷的能力越强。在关节突缺损模型中,随着关节突切除范围的增加,颈椎稳定性逐渐减弱^[26-27]。综上,椎体相对较小的高Pavlov比值组和侧块宽度相对较窄的低Pavlov比值组的颈椎均存在力学缺陷,是易出现退变和颈部症状的潜在高危人群。Lu等^[28]研究发现,较小的椎体是颈椎病发病的高危因素。这类患者更容易出现轴性疼痛症状,而神经症状较少,其原因可能在于较小的椎体导致颈椎稳定性降低,而相对较宽的椎管使得神经根的安全空间较大。

3.4 Pavlov比值的职业胜任意义 本研究的研究对象为中青年军人,是部队工作的重要执行者和未来骨干力量。在第四次工业革命的背景下,中青年可以逐渐从大量的简单重复劳动中解放出来,但是与各种屏幕的交互愈发频繁,静力性劳动比例不断提高,颈椎退变和颈部症状成为普遍问题。2016年西南战区中青年官兵的流行病学研究显示,伴有明确影像学改变的颈椎病患率为10.7%^[29]。2021年1项针对501名海军舰艇官兵的调查研究显示,诉颈背部经常疼痛者336例,占67.1%^[30]。颈椎损伤的情况在航母和陆基飞行员等颈椎承受额外载荷、专业特殊、培养困难的岗位则更加严峻。美军2011年的一项研究显示,在配备联合头盔安装提示系统(Joint Helmet Mounted Cueing System, JHMCS)的F-16飞行员,97%在空中格斗或短途飞行后出现颈痛,83%在过去1年反复颈痛^[31]。2020年,针对171名我军高性能战斗机飞行员的疾病谱分析显示,明确诊断为椎间盘突出、颈椎病者占24.0%^[32]。颈椎疾患高发严重影响飞行安全和飞行寿命,逐渐成为制约空中战斗力形成和提升的瓶颈问题。结合特定岗位的任职需求和培养成本设立更加严格的选拔标准,评估颈椎发育不均衡的情况,这是从源头上改善颈椎疾病高发现状、增加健康服役年限、充实战力储备的重要策略。Pavlov比值具有简便易获、适合大规模筛

查、测量稳定的优点,结合本研究初步结果或可成为有潜力的、衡量部队特定岗位胜任力的参考选拔指标。但是,鉴于观察时间、样本数量及横断面研究难以明确因果等局限,对于Pavlov比值的具体临界值和信效度,未来仍需前瞻性、更大样本的研究进行验证。

本研究探讨了Pavlov比值作为颈痛及颈椎退变高危解剖因素的可能性。研究初步证实,与颈椎Pavlov比值居中的中青年NSCNP患者相比,Pavlov比值偏高或偏低的患者存在椎体和椎弓的发育不均衡,骨性退变及椎间盘退变更加明显,且临床症状的严重程度随比值的离中趋势增加而增加。这一现象可能与偏高或偏低的Pavlov比值造成的力学改变相关。

[参考文献]

- [1] 宋佳. 颈肩痛的流行病学调查[D]. 上海:第二军医大学,2009.
- [2] 李宏宇,范伟,安洪. 脊髓型颈椎病与发育性颈椎管狭窄38例[J]. 临床骨科杂志,2002,5:258-260.
- [3] PFIRRMANN C W, METZDORF A, ZANETTI M, HODLER J, BOOS N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26: 1873-1878.
- [4] KANG Y, LEE J W, KOH Y H, HUR S, KIM S J, CHAI J W, et al. New MRI grading system for the cervical canal Stenosis[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 197: W134-W140.
- [5] 伍少玲,马超,伍时玲,燕铁斌. 颈椎功能障碍指数量表的效度与信度研究[J]. 中国康复医学杂志,2008,23:625-628.
- [6] GUPTA G, PETERS C M, BUCHOWSKI J M, ZEBALA L P. Reliability of the neck disability index and Japanese Orthopedic Association questionnaires in adult cervical radiculopathy and myelopathy patients when administered by telephone or via online format[J]. Spine J, 2019, 19: 1154-1161.
- [7] HARRISON D E, CAILLIET R, HARRISON D D, TROYANOVICH S J, HARRISON S O. A review of biomechanics of the central nervous system: part I: spinal canal deformations resulting from changes in posture[J]. J Manip Physiol Ther, 1999, 22: 227-234.
- [8] PAVLOV H, TORG J S, ROBIE B, JAHRE C. Cervical spinal stenosis: determination with vertebral body ratio method[J]. Radiology, 1987, 164: 771-775.
- [9] 党耕町,王超,陈仲强,刘忠军,王志国. “比值法”与发育性颈椎管狭窄的诊断[J]. 中国脊柱脊髓杂志,1992,2:146-149.

- [10] 康辉,贾连顺,顾晓民,方家虎,史国栋,周许辉,等. 颈椎后纵韧带骨化症伴发育性椎管狭窄的临床特点及治疗[J]. 中国矫形外科杂志,2007,15:1761-1764.
- [11] 贺盼盼,夏冰,刘福云,牛学强,董延召,李新伟. 胎儿脊柱神经弓中心软骨联合形态学研究[J]. 中华小儿外科杂志,2016,37:39-43.
- [12] 梁宇. 0~6岁小儿C₃~C₇椎弓根及相关结构的数字化形态学研究[D]. 呼和浩特:内蒙古医科大学,2019.
- [13] HUYNH A M, AUBIN C E, RAJWANI T, BAGNALL K M, VILLEMURE I. Pedicle growth asymmetry as a cause of adolescent idiopathic scoliosis: a biomechanical study[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16: 523-529.
- [14] HORNE P H, LAMPE L P, NGUYEN J T, HERZOG R J, ALBERT T J. A novel radiographic indicator of developmental cervical stenosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98: 1206-1214.
- [15] 王跃新. 颈椎椎板夹角测量与发育性椎管狭窄的相关性及在脊髓型颈椎病中的价值[D]. 石家庄:河北医科大学,2015.
- [16] 孙鑫,沈康平,金文杰,刘兴振. 发育性颈椎管狭窄中椎板矢状径的X射线测量分析[J]. 重庆医学,2018,47:195-197.
- [17] SUK K S, KIM K T, LEE J H, LEE S H, KIM J S, KIM J Y. Reevaluation of the Pavlov ratio in patients with cervical myelopathy[J]. *Clin Orthop Surg*, 2009, 1: 6-10.
- [18] 邹宇炜,张秀琴,王亚琦,杨新明. 发育性颈椎管狭窄与脊髓型颈椎病的相关性分析[J]. 神经药理学报,2007,24:24-25.
- [19] GALERA R, TOVI D. Anterior disc excision with interbody fusion in cervical spondylotic myelopathy and rizopathy[J]. *J Neurosurg*, 1968, 28: 305-310.
- [20] UDOAKA A, CHISOM E. Morphology of the typical cervical vertebral body and spinal canal—applicability of torg-Pavlov ratio in Nigeria[J]. *J Forensic Sci*, 2016, 1: 17-20.
- [21] EZRA D, SLON V, KEDAR E, MASHARAWI Y, SALAME K, ALPEROVITCH-NAJENSON D, et al. The torg ratio of C₃-C₇ in African Americans and European Americans: a skeletal study[J]. *Clin Anat*, 2019, 32: 84-89.
- [22] GOTO S, UMEHARA J, AIZAWA T, KOKUBUN S. Comparison of cervical spinal canal diameter between younger and elder generations of Japanese[J]. *J Orthop Sci*, 2010, 15: 97-103.
- [23] GOEL V K, CLAUSEN J D. Prediction of load sharing among spinal components of a C₅-C₆ motion segment using the finite element approach[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1998, 23: 684-691.
- [24] OXLAND T R, PANJABI M M, SOUTHERN E P, DURANCEAU J S. An anatomic basis for spinal instability: a porcine trauma model[J]. *J Orthop Res*, 1991, 9: 452-462.
- [25] PAL G P, SHERK H H. The vertical stability of the cervical spine[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1988, 13: 447-449.
- [26] CRAWFORD N R, DUGGAL N, CHAMBERLAIN R H, PARK S C, SONNTAG V K, DICKMAN C A. Unilateral cervical facet dislocation: injury mechanism and biomechanical consequences[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27: 1858-1864.
- [27] 郭功亮,齐兵,曲阳,赵宝林. 关节突关节切除范围对下颈椎稳定性影响的生物力学研究[J]. 生物医学工程研究,2010,29:259-262.
- [28] LU X, TIAN Y, WANG S J, ZHAI J L, ZHUANG Q Y, CAI S Y, et al. Relationship between the small cervical vertebral body and the morbidity of cervical spondylosis [J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96: e7557. DOI: 10.1097/MD.0000000000007557.
- [29] 陈莎莎,宋晓峰,孙年怡,刘素贞,王文春,黄彬洋,等. 西南战区部队官兵颈椎病患率及危险因素调查分析[J]. 西南国防医药,2016,26(5):封三-封四.
- [30] 石长贵,尹又,张文俊,何海龙,许国华,叶晓健. 海军某部舰艇官兵骨骼肌肉系统疼痛的流行病学调查与分析[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2021,28: 13-19.
- [31] LANGE B, TORP-SVENDSEN J, TOFT P. Neck pain among fighter pilots after the introduction of the JHMCS helmet and NVG in their environment[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2011, 82: 559-563.
- [32] 沈江洁,吴卉慧,石桦. 高性能战斗机飞行员运动系统疾病谱分析[J]. 空军医学杂志,2020,36:188-190.

[本文编辑] 魏学丽