基于多阶段混合增长模型的颈椎病患者颈痛发展轨迹研究*

张银娟[1]　毛淑芳[2]　张凤英[2]　赵秀荣[2]　杨佳琦[2△]

【提　要】 **目的**　基于多阶段增长混合模型（piecewise growth mixture modeling，PGMM）分析颈椎病患者颈痛水平的发展轨迹及影响因素。**方法**　资料来源于9家医院的472例颈椎病患者。采用NPQ量表对颈椎病患者的颈痛水平进行评估。利用Mplus工具构建PGMM模型探讨颈椎病患者颈痛水平变化轨迹，考察年龄、性别、受教育程度、职业、治疗方案对颈椎病患者颈痛水平的影响。**结果**　根据相关指标可将颈椎病患者颈痛水平的发展趋势划分为3个类型，分别是C1颈痛缓解后高反弹组（19.0%）、C2颈痛缓解后低反弹组（22.2%）、C3颈痛无明显缓解组（58.8%）；3个组别的颈痛水平发展轨迹均有显著的时间效应；不同治疗方案对颈痛水平变化趋势及轨迹分类有影响。**结论**　颈椎病患者的颈痛水平发展轨迹具有显著的群体异质性和个体差异性，存在不同类别的发展趋势。

【关键词】 颈椎病　颈痛　多阶段增长混合模型　发展轨迹
【中图分类号】 R195.1　　【文献标志码】 A　　**DOI**　10.11783/j.issn.1002-3674.2026.04.014

颈椎病（cervical spondylosis）是一种由颈部脊柱退行性病变引发的脊髓功能障碍性疾病，其主要原因有颈椎长时间的劳损、骨质增生、椎间盘突出等[1]。颈椎病在临床上主要表现为颈、肩、背等身体部位的慢性疼痛（疼痛时间通常超过3个月），导致颈肩僵直、活动受限，且常伴有同侧前臂及手指麻木、无力等症状。我国颈椎病患病率在3.8%至17.6%之间[2-3]，根据《2010年全球疾病负担研究》，颈部疼痛是导致伤残生命损失年数的第四大原因，仅次于背痛、抑郁症和关节痛[4]，颈椎病导致的颈痛在个体健康与社会经济方面造成了显著的疾病负担。有研究指出，理解疼痛的发展过程对建立最佳治疗策略和控制医疗费用十分重要[5]。因此，基于合适方法探索颈椎病患者颈痛发展轨迹对减轻该疾病的负担具有重要的意义。

轨迹建模方法可基于纵向数据描述重复指标随着时间的演变过程，根据指标的不同变化趋势将个体划分为不同的类别或亚型。这类以个体为中心的方法主要包括聚类分析（cluster analysis）、潜变量增长曲线模型（latent growth curve modeling，LGCM）、基于群体的轨迹模型（group-based trajectory modeling，GBTM）、增长混合模型（growth mixture modeling，GMM）等，且在医疗卫生领域取得了较好的应用效果[6-7]。但当数据本身存在多个阶段时，或表面上数据不分为多个阶段但经探索性分析表明可能存在多阶段变化时（如轨迹分析结果为非线性），LGCM或GMM难以反映数据的真实增长规律[8]。在前人研究基础上发展而来的多阶段增长模型（piecewise growth modeling，PGM）可用于分析多阶段数据随时间的变化特征[9-10]，PGM与GMM两个模型结合，形成多阶段混合增长模型（piecewise growth mixture modeling，PGMM），在多阶段数据轨迹研究中取得了很好的分析结果[11]。

基于上述发现，本研究基于收集到的颈椎病患者颈痛纵向数据，以Northwick Park颈痛量表（Northwick Park questionnaire，NPQ）评估颈椎病患者颈痛水平，通过构建PGMM分析颈椎病患者颈痛发展轨迹，了解颈椎病患者颈痛的变化规律，为优化颈椎病颈痛临床治疗方案、减轻患者生理、经济等方面的疾病负担提供理论支持及参考依据；同时PGMM模型在医药卫生领域的应用研究尚不多见，其应用价值及适用范围需要研究加以探索，故本研究将PGMM方法应用于具体医学研究问题，一定程度上丰富了纵向数据统计分析方法应用实践。

材料与方法

1. 数据来源

采用前瞻性队列研究方法，以2022年3月至2023年12月承德医学院附属医院、承德市中医院、秦皇岛市中医院、邯郸市中医院、保定市第一中心医院、秦皇岛市第一医院、衡水市人民医院、迁安市中医医院、邢台市人民医院共9家医院的颈椎病门诊患者为研究对象，收集患者基线人口学特征信息（包括年龄、性别、职业、受教育程度）、接受的治疗方案类型以及颈痛评分情况，分别于患者接受治疗开始时、接受治疗1周时、接受治疗2周时、治疗结束后2周时、治疗结束后1个月时、治疗结束后2个月时进行随访。

研究对象纳入标准：按照《颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识（2018）》[12]中的相应诊断标准明确诊断为颈椎病的患者；以颈痛为主诉者；年龄14~75岁，意识清楚，能够正常交流沟通者；自愿参加，患者

* 基金项目：河北省高等学校科学研究项目（QN2025654）
1. 承德医学院中医学院（067000）
2. 承德医学院基础医学院
△通信作者：杨佳琦，yangjq_1986@cdmc.edu.cn

本人或其合法监护人口头或书面表示知情同意。排除标准：因患有严重系统性疾病不适合参加者；因个人因素或其他原因无法完成多次调查者；不愿参与研究者。最终纳入数据分析的研究对象共计472人。本研究已通过承德医学院伦理委员会审查。

2. 研究方法

（1）变量构建

治疗方案的类型判断基于《颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识（2018）》[12]、《痛证的常见针灸疗法》[13]进行，将患者的治疗方案确定为针灸治疗或药物治疗。针刺治疗方案：自愿选择接受针刺治疗且符合上述标准的颈椎病确诊患者，由其主治医师根据其病征在辨证论治理念指导下，参照《经穴名称与定位》（GB/T 12346-2021）[14]标准选取风池、完骨、天柱、百会、四神聪、颈夹脊穴、阿是穴等穴位行针刺治疗，针刺治疗次数为5次及以上。药物治疗方案：自愿选择接受药物治疗且符合上述标准的颈椎病确诊患者，按其主治医师所开具的处方服用非甾体类抗炎药物、神经营养药物及骨骼肌松弛类药物等有助于缓解疼痛症状的药物。变量具体赋值情况见表1。

表1 变量赋值表

变量	赋值
性别	1=男性，2=女性
受教育程度	1=小学及以下，2=初中，3=高中，4=大学专科，5=大学本科及以上
职业	1=农民，2=工人，3=学生，4=公司文员，5=其他
治疗方案	1=针灸治疗，0=药物治疗

（2）测量工具

本研究采用Northwick Park颈痛量表评估患者的颈痛程度。该量表共计9个条目，每个条目0~4分，患者作答后统计9个条目的累加总分除以满分（36分）后乘以100%，得到最终评分，最终评分范围在0~100分，评分越高代表颈痛越明显、对患者综合生活质量影响越严重[14]。

3. 模型构建

（1）模型构建

本研究采用Mplus 8.3软件构建PGMM，描述Northwick Park颈痛量表评分所代表的颈痛程度的发展轨迹。

$$y_i^{(k)} = \Lambda^{(k)}\eta_i^{(k)} + \varepsilon_i^{(k)} \quad (1)$$

$$\eta_i^{(k)} = \mu_\eta^{(k)} + \zeta_i^{(k)} \quad (2)$$

在方程1和方程2中，$y_i^{(k)}$表示第k类被试i的观测值（6×1向量），$\eta_i^{(k)}$表示第k类被试i的潜在增长因子（这里潜在增长因子分别为截距、斜率1和斜率2，故为3×1向量），$\Lambda^{(k)}$是描述第k类增长模式的因子系数（6×3矩阵），$\mu_\eta^{(k)}$表示第k类潜在增长因子的均值（3×1向量）。随机部分$\varepsilon_i^{(k)}$表示第k类被试i的测量误差（6×1向量），对应的协方差矩阵为$\Theta^{(k)}$，$\zeta_i^{(k)}$表示第k类被试i潜在增长因子的残差（3×1向量），即第k类别中个体间的差异，对应的协方差矩阵为$\Psi^{(k)}$。

特别地，在PGMM中，研究者通过$\Lambda^{(k)}$来定义发展阶段。假设$t3$是增长变化的转折点，截距的载荷都固定为1；$t1$到$t3$的增长率为斜率1，故$t3$之后的载荷设定为相等，即0、1、2、2、2、2，这时斜率1就作用于$t1$到$t3$的阶段；$t3$到$t6$的增长率为斜率2，故$t3$之前的载荷设定为相等，即2、2、2、3、4、5，这时斜率2就作用于$t3$到$t6$的阶段。二者的叠加就构成了PGMM模型特殊的定义时间的方式（公式3）。

$$\Lambda^{(k)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 4 \\ 1 & 2 & 5 \end{pmatrix} \quad (3)$$

模型设定：按是否处于治疗状态中将PGMM的阶段数设定为2，即变化分为两个阶段；采用探索性分析思路，在多次试验中亚类数c依次设置为2、3、4、5，根据模型拟合结果选择最佳分类结果；先进行无条件PGMM模型拟合，并与无条件GMM模型拟合效果进行对比，初步确定适用于本次研究数据的模型并了解颈痛发展轨迹特征；然后以筛选出的患者特征变量为协变量进行有条件PGMM拟合，确定协变量对轨迹分类的影响，若协变量对轨迹亚类有影响，则按该协变量不同水平分别进行轨迹分析。采用SPSS 26.0统计软件进行数据的统计描述及协变量筛选。定量数据以均数和标准差（$\bar{x}\pm s$）描述，定性数据采用构成比进行描述，多因素分析采用多元logistic回归。

（2）模型评价

常用的评价指标为LL、AIC、BIC、aBIC、entropy、LMR（lo-mendell-rubin）检验和BLRT（bootstrapped likelihood ratio test）检验。LL、AIC、BIC和aBIC越小，模型拟合效果越好。Entropy值表示模型能够将个体归为相应类别的精确度，取值在0~1之间，熵值为0.40、0.60、0.80，分别代表低、中、高精确度分类，值越接近1表示模型分类越准确[15]。LMR检验是一种基于最大似然估计的统计方法，计算过程相对更简单且在大样本情况下表现良好；BLRT检验是一种基于重采样（bootstrap）的方法，在小样本或复杂模型中通常更稳定，考虑到本次研究的样本量，选择BLRT检验比较含k类的模型与$k-1$类模型拟合情况，若$P<$

0. 05，则提示含 k 类的模型更优，否则含 $k-1$ 类模型拟合较优[16]。各类别个体占比一般要求不小于 5%[17]。

结　果

1. 研究对象的基本情况

纳入研究的 472 名颈椎病患者，平均年龄为（39. 15±15. 14）岁，最小为 14 岁，最大为 88 岁，女性占 50. 2%，学生及公司文员这类长期伏案工作者占 36. 7%，大学本科及以上学历者占 43. 9%。

2. 研究对象颈痛发展轨迹的无条件拟合

线性及非线性模型拟合结果显示各分类情境（2C、3C、4C、5C）中 PGMM 均优于 GMM，表明 PGMM 更适用于本研究这种具备不同阶段的纵向数据，二者对比具体见表 2、表 3。在 PGMM 的各种分类情境，含 3 个亚类的非线性 PGMM 结果最优，拟合指标具体见表 3。

表 2　GMM 模型拟合信息汇总（无条件）

模型	LL	AIC	BIC	aBIC	entropy	BLRT	类别概率
线性							
2C	−10115. 266	20264. 532	20335. 201	20281. 246	0. 843	0. 000	0. 20551/0. 79449
3C	−10096. 727	20235. 455	20322. 752	20256. 101	0. 898	0. 000	0. 75000/0. 01483/0. 23517
4C	−10088. 061	20226. 121	20330. 046	20250. 700	0. 918	0. 000	0. 00847/0. 23305/0. 01483/0. 74364
5C	−10088. 061	20234. 122	20354. 674	20262. 633	0. 930	1. 000	0. 00000/0. 01483/0. 74364/0. 23305/0. 00847
非线性							
2C	−9582. 533	19209. 067	19300. 520	19230. 696	0. 901	0. 000	0. 14195/0. 85805
3C	−9538. 218	19130. 436	19242. 674	19156. 981	0. 938	0. 000	0. 03602/0. 83263/0. 13136
4C	−9471. 175	19006. 350	19139. 374	19037. 811	0. 953	0. 308	0. 13559/0. 03814/0. 00424/0. 82203
5C	−9444. 369	18962. 737	19116. 546	18999. 114	0. 879	0. 667	0. 13559/0. 60593/0. 21610/0. 03814/0. 00424

表 3　PGMM 模型拟合信息汇总（无条件）

模型	LL	AIC	BIC	aBIC	entropy	BLRT	类别概率
线性							
2C	−9284. 897	18613. 795	18705. 248	18635. 424	0. 901	0. 000	0. 87712/0. 12288
3C	−9237. 965	18529. 929	18642. 168	18556. 475	0. 930	0. 667	0. 84958/0. 11653/0. 03390
4C	−9191. 515	18447. 029	18580. 053	18478. 490	0. 848	1. 000	0. 54661/0. 02966/0. 33051/0. 09322
5C	−9180. 952	18435. 904	18589. 713	18472. 281	0. 818	1. 000	0. 10381/0. 44068/0. 00636/0. 30932/0. 13983
非线性							
2C	−9014. 797	18085. 594	18201. 989	18113. 122	0. 968	0. 000	0. 09746/0. 90254
3C	−8932. 989	17933. 978	18075. 315	17967. 405	0. 919	0. 000	0. 13569/0. 10380/0. 76051
4C	−8866. 585	17813. 171	17979. 450	17852. 497	0. 981	0. 013	0. 00424/0. 08475/0. 02754/0. 88347
5C	−8760. 372	17612. 745	17803. 966	17657. 970	0. 996	0. 158	0. 03814/0. 03178/0. 02754/0. 89831/0. 00424

3. 研究对象颈痛发展轨迹的有条件拟合

以 C1 组为参照，以组别为因变量，以年龄、性别、职业、文化程度、治疗方案为自变量，进行多元 logistic 回归，结果显示仅治疗方案影响轨迹分类（P<0. 05），具体见表 4。

表 4　轨迹分类影响变量筛选

变量	回归系数	标准误	z 值	Wald χ^2	P 值	OR 值	OR 值 95% CI
亚类 2							
年龄	−0. 006	0. 02	−0. 311	0. 096	0. 756	0. 994	0. 956 ~ 1. 033
性别	0. 176	0. 411	0. 428	0. 183	0. 668	1. 192	0. 533 ~ 2. 666
职业	0. 152	0. 149	1. 017	1. 034	0. 309	1. 164	0. 869 ~ 1. 558
文化程度	0. 097	0. 235	0. 411	0. 169	0. 681	1. 101	0. 695 ~ 1. 746
治疗方案	1. 366	0. 713	1. 915	3. 667	0. 055	3. 921	0. 968 ~ 15. 872
亚类 3							
年龄	−0. 023	0. 015	−1. 508	2. 273	0. 132	0. 977	0. 948 ~ 1. 007
性别	−0. 341	0. 319	−1. 069	1. 143	0. 285	0. 711	0. 381 ~ 1. 328
职业	0. 086	0. 116	0. 74	0. 548	0. 459	1. 09	0. 868 ~ 1. 369
文化程度	0. 04	0. 184	0. 216	0. 047	0. 829	1. 04	0. 726 ~ 1. 491
治疗方案	3. 386	0. 609	5. 563	30. 948	<0. 001	29. 562	8. 966 ~ 97. 476

将治疗方案作为协变量进行有条件PGMM拟合，模型拟合评价指标LL、AIC、BIC、aBIC、entropy、BLRT依次为−8689.583、17435.167、17551.562、17462.695、0.965、0.0000；C1、C2、C3类别概率依次为0.18988、0.22196、0.58816，按轨迹形态将C1命名为颈痛缓解后高反弹组，将C2命名为颈痛缓解后低反弹组，将C3命名为颈痛无明显缓解组，颈椎病患者颈痛轨迹形态见图1。

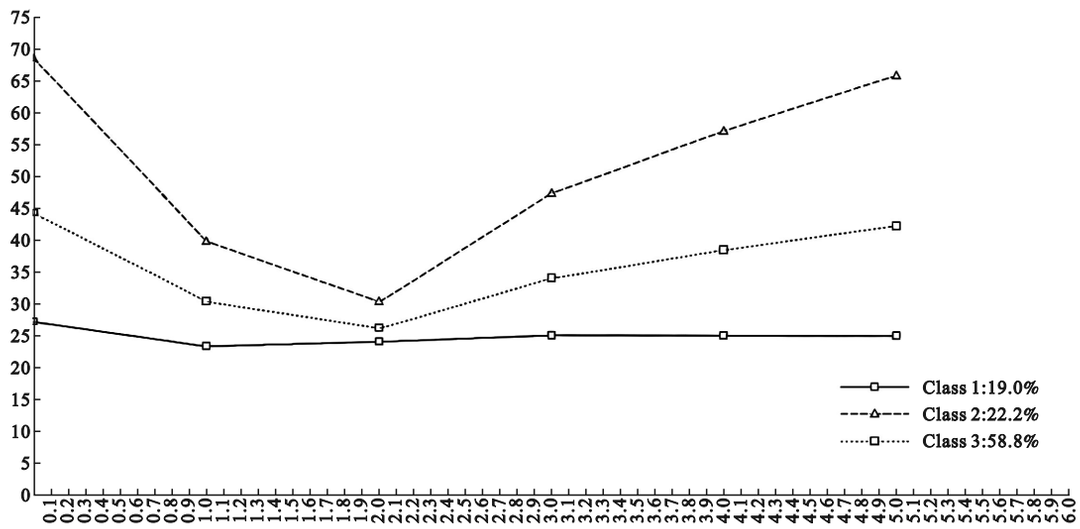


图1 颈椎病患者颈痛轨迹

根据有条件PGMM模型拟合参数显示，治疗方案对轨迹的截距因子和第一阶段的斜率因子有影响（$P<0.05$），且二者的估计值均为负数（−8.859、−0.497），表明在治疗期间针灸治疗与药物治疗相比，使颈痛从初始水平下降更多，但下降速度也减缓；治疗方案对轨迹第二阶段的斜率因子无影响（$P>0.05$），第二阶段的颈痛变化速率与治疗方案无关。治疗方案对个体进入C2组的可能性有显著影响（$P<0.05$），且估计值为正（1.711），即针灸治疗使个体进入C2组的可能性增加。有条件PGMM模型中治疗方案对轨迹的影响参数估计结果见表5。

表5 有条件PGMM模型中治疗方案对轨迹的影响参数估计

	估计值	$s_{\bar{x}}$	t值	P
截距	−8.859	1.294	−6.844	<0.001
斜率1	−0.497	0.247	−2.008	0.045
斜率2	0.251	0.377	0.666	0.505
亚类1	1.726	1.065	1.621	0.105
亚类2	1.711	0.677	2.528	0.011
亚类3	−1.726	1.065	−1.621	0.105

4. 不同协变量水平的颈痛发展轨迹

因治疗方案对轨迹变化及分类有影响，为进一步明晰不同治疗方案个体的颈痛轨迹，将研究对象分为针灸治疗组与药物治疗组，分别构建非线性PGMM模型，考虑到控制治疗方案这一变量后模型复杂程度降低，且样本量进一步减少，故将分类情境设置为1C、2C、3C，模型拟合结果显示，针灸治疗与药物治疗均是含2个亚类的模型结果最优，模型拟合效果具体见表6。

表6 不同治疗方案的非线性PGMM模型拟合信息汇总

模型	LL	AIC	BIC	aBIC	entropy	BLRT	类别概率
针灸治疗							
1C	−4064.769	8161.537	8215.908	8165.203	−	−	−
2C	−4002.767	8047.534	8118.896	8052.346	0.928	0.000	0.39450/0.60550
3C	−3934.925	7921.851	8010.203	7927.808	1.000	0.000	0.94570/0.02715/0.02715
药物治疗							
1C	−4596.814	9225.627	9282.034	9231.312	−	−	−
2C	−4549.199	9140.398	9214.432	9147.860	0.916	0.000	0.22297/0.77703
3C	−4490.776	9033.552	9125.213	9042.790	0.976	0.083	0.03187/0.77291/0.19522

针灸治疗患者非线性PGMM模型参数估计结果显示，C1组截距均值为 11. 500（$P < 0. 001$），说明初始状态下患者的疼痛水平较高；C2组截距均值为−4. 758，但假设检验结果不显著（$P = 0. 188$），表明初始状态疼痛水平具有较大的不确定性。C1组斜率1均值为 −1. 962（$P < 0. 001$），C2组斜率1均值−7. 865（$P < 0. 001$），表明在治疗阶段C2组患者疼痛比C1组缓解更明显。C1组斜率2均值为 6. 005（$P = 0. 003$），C2组斜率2均值为29. 134（$P < 0. 001$），表明治疗结束后C2组患者疼痛比C1组反弹更明显。协方差结果显示，截距与斜率1均相关显著（22. 810，$P < 0. 001$），说明治疗期间疼痛减轻趋势与初始疼痛水平有关；截距与斜率2均无显著相关（$P = 0. 140$），表明疼痛初始状态对后期疼痛反弹趋势无影响；斜率1与斜率2均相关显著（−3. 641，$P < 0. 001$），表明早期疼痛减轻幅度与后期疼痛反弹存在负相关。方差结果显示，截距方差较大（76. 756，$P < 0. 001$），说明初始状态下患者间的疼痛水平差异较大；斜率1的方差为−8. 810（$P < 0. 001$），表明早期疼痛变化的波动性较大。斜率2方差为 6. 581（$P < 0. 001$），表明后期疼痛反弹幅度之间存在个体差异。针灸治疗组颈痛变化规律及轨迹形态见表7及图2。

表7　含2个亚类的针灸治疗患者非线性PGMM模型参数估计结果

		估计值	$s_{\bar{x}}$	t值	P
亚类1					
协方差	截距vs斜率1	22. 810	4. 260	5. 354	<0. 001
	截距vs斜率2	−3. 344	2. 268	−1. 475	0. 140
	斜率1vs斜率2	−3. 641	0. 681	−5. 349	<0. 001
均值	截距	11. 500	2. 902	3. 963	<0. 001
	斜率1	−1. 962	0. 446	−4. 404	<0. 001
	斜率2	6. 005	2. 001	3. 001	0. 003
方差	截距	76. 756	11. 185	6. 863	<0. 001
	斜率1	−8. 810	1. 857	−4. 745	<0. 001
	斜率2	6. 581	1. 056	6. 232	<0. 001
亚类2					
协方差	截距vs斜率1	22. 810	4. 260	5. 354	<0. 001
	截距vs斜率2	−3. 344	2. 268	−1. 475	0. 140
	斜率1vs斜率2	−3. 641	0. 681	−5. 349	<0. 001
均值	截距	−4. 758	3. 617	−1. 316	0. 188
	斜率1	−7. 865	0. 655	−12. 011	<0. 001
	斜率2	29. 134	2. 863	10. 177	<0. 001
方差	截距	76. 756	11. 185	6. 863	<0. 001
	斜率1	−8. 810	1. 857	−4. 745	<0. 001
	斜率2	6. 581	1. 056	6. 232	<0. 001

药物治疗患者非线性PGMM模型参数估计结果显示，C1组截距均值为 12. 527（$P < 0. 001$），C2组截距均值为 20. 320（$P < 0. 001$），说明C1、C2组初始状态下患者的疼痛水平均较高。C1组斜率1均值为−6. 816（$P < 0. 001$），C2组斜率1均值为−2. 498（$P < 0. 001$），表明在治疗阶段C1组患者疼痛比C2组缓解更明显。C1组斜率2均值为 27. 443（$P < 0. 001$），C2组斜率2均值为8. 405（$P < 0. 001$），表明治疗结束后C1组患者疼痛比C2组反弹更明显。协方差结果显示，截距与斜率1均无显著相关（P =0. 517），说明治疗期间疼痛减轻趋势与初始疼痛水平无关；截距与斜率2均无显著相关（$P = 0. 802$），表明疼痛初始状态对后期疼痛反弹趋势无影响；斜率1与斜率2均显著相关（−6. 146，$P < 0. 001$），表明早期疼痛减轻幅度与后期疼痛反弹存在负相关。方差结果显示，截距方差较大（207. 332，$P < 0. 001$），说明初始状态下患者间的疼痛水平差异较大；斜率1的方差为3. 911（P =0. 010），表明早期疼痛变化有波动。斜率2方差为 13. 198（$P < 0. 001$），表明后期疼痛反弹幅度之间存在个体差异。药物治疗组颈痛变化规律及轨迹形态见表8及图3。

表8　含2个亚类的药物治疗患者非线性PGMM模型参数估计结果

		估计值	$s_{\bar{x}}$	t值	P
亚类1					
协方差	截距vs斜率1	2. 639	4. 070	0. 648	0. 517
	截距vs斜率2	−0. 935	3. 726	−0. 251	0. 802
	斜率1vs斜率2	−6. 146	0. 628	−9. 788	<0. 001
均值	截距	12. 527	2. 837	4. 416	<0. 001
	斜率1	−6. 816	0. 520	−13. 104	<0. 001
	斜率2	27. 443	1. 324	20. 733	<0. 001
方差	截距	207. 332	26. 378	7. 860	<0. 001
	斜率1	3. 911	1. 509	2. 592	0. 010
	斜率2	13. 198	1. 312	10. 060	<0. 001
亚类2					
协方差	截距vs斜率1	2. 639	4. 070	0. 648	0. 517
	截距vs斜率2	−0. 935	3. 726	−0. 251	0. 802
	斜率1vs斜率2	−6. 146	0. 628	−9. 788	<0. 001
均值	截距	20. 320	1. 080	18. 817	<0. 001
	斜率1	−2. 498	0. 222	−11. 255	<0. 001
	斜率2	8. 405	0. 516	16. 299	<0. 001
方差	截距	207. 332	26. 378	7. 860	<0. 001
	斜率1	3. 911	1. 509	2. 592	0. 010
	斜率2	13. 198	1. 312	10. 060	<0. 001

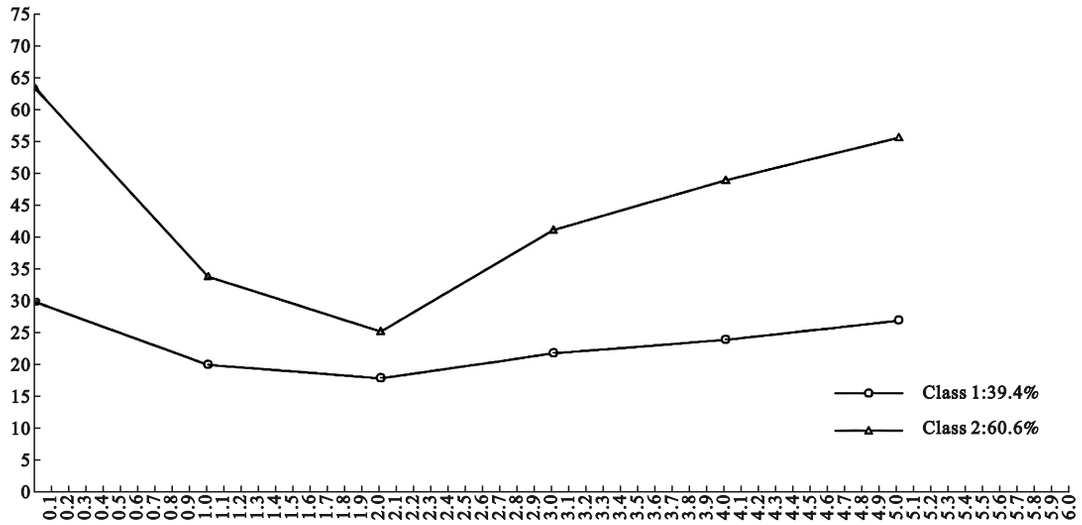


图2 接受针灸治疗的颈椎病患者颈痛轨迹

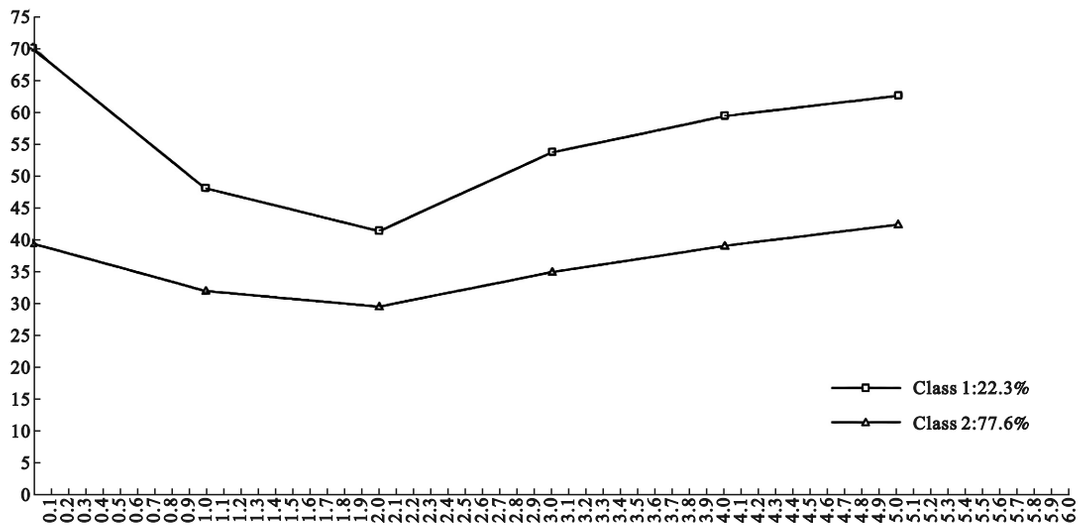


图3 接受药物治疗的颈椎病患者颈痛轨迹

讨　论

本研究采用包含6个时点的颈椎病患者颈痛数据构建PGMM模型，从个体差异角度对颈椎病患者颈痛不同阶段（治疗过程中、治疗结束后一定时间内）的发展轨迹进行分析，探索颈椎病患者颈痛随时间的变化规律及趋势，为制定更好的临床诊疗方案打下理论基础。PGMM模型能使研究者更准确地评估纵向结果之间异质性的相关性以及协变量对异质性的影响，得出更贴合实际的轨迹分类及发展趋势。本研究还通过对潜在影响轨迹分类概率的协变量的筛选及进一步建模，明确了治疗方案对颈痛轨迹的影响。

本研究的分析结果显示，颈椎病患者颈痛水平随时间的变化存在异质性，可分为3个不同的类别，各类别之间差异明显，C1（颈痛缓解后高反弹）组占比19.0%，其颈痛初始水平最高，经治疗后下降程度不如C2（颈痛缓解后低反弹）组，且治疗结束后颈痛反弹至三组中的最高水平，提示此类人群颈痛经治疗后效果不佳，应探索联合疗法以期获得更好的临床疗效[18]。针灸治疗增加了个体进入C2（颈痛缓解后低反弹）组的概率，且治疗方案对轨迹的截距因子和第一阶段的斜率因子有负向影响，提示治疗期间针灸治疗对初始状态的颈痛缓解效果明显，这与吴迪[19]、王明明[20]、侍昊[21]等人开展的针灸治疗颈椎病疼痛的研究结论一致，提示针灸治疗是缓解颈椎病颈痛的有效疗法；但随着治疗的进行，针灸使颈痛的下降速度减缓，这与MacPherson等人进行的meta分析研究得出的“针刺对颈痛的效果随着时间的推移而降低”的结论一致[22]，提示治疗的效应也随时间变化，并非固定的水平，在未来的研究中可以选择适当方法分析疼痛随时间变化的轨迹与治疗效应随时间变化轨迹间的相关性。

针灸治疗患者与药物治疗患者的非线性PGMM模型参数估计结果显示，接受针灸治疗的患者C1（颈痛无明显缓解）组与C2（颈痛明显缓解后反弹）组差异明显；C2组治疗期间疼痛减轻趋势与初始疼痛水平正相关，疼痛初始水平较高者经针灸治疗后缓解更明显；后期疼痛反弹趋势与初始疼痛水平无关；治疗期间疼痛减轻幅度与后期疼痛反弹负相关，即针灸治疗

效果越明显反弹水平越低。接受药物治疗患者的患者C1（颈痛明显缓解后反弹）组与C2（颈痛无明显缓解）组差异明显；初始疼痛水平对治疗期间疼痛减轻趋势、后期疼痛反弹趋势无影响，提示药物治疗对疼痛的缓解趋势不依赖于疼痛的初始水平；治疗期间疼痛减轻幅度与后期疼痛反弹负相关，表明药物治疗与针灸治疗类似，治疗效果越明显反弹水平越低。

两种治疗方案的患者均表现为初始状态下患者间的疼痛水平差异较大、治疗期间疼痛变化的波动性较大、后期疼痛反弹幅度之间存在个体差异，这些结果表明不同治疗方案者不同阶段的颈痛变化规律及轨迹形态不同，提示颈痛在临床干预下发展过程的复杂性，提示相关研究人员在探索颈痛有效治疗方案及治疗效果评价体系时应充分考虑随颈痛水平时间变化的个体差异，推动诊疗标准化与精准化的有机融合。

本研究尚有待提升之处，一是如能扩大样本量，将可以拟合包含更多潜变量与协变量且结构更加丰富的PGMM模型，模型更具稳定性，且能更深入理解待研究的问题；二是本研究将6个时间点分成两个阶段，每个阶段各3个时间点，能满足模型拟合的基本要求，如能增加各阶段内时点数，对观察指标随时间的变化规律会有更清晰的认知。未来的研究可以从更大的样本量和调查次数方面入手，探索更多因素对颈痛轨迹的影响，并得出更精确的轨迹分类。

参　考　文　献

[1] 岳寿伟，魏慧，邵山．颈椎病评估与康复治疗进展[J]. 中国康复医学杂志，2019，34(11): 1273-1277.

[2] Lv YW，TianW，Chen DF，et al. The prevalence and associated factors of symptomatic cervical spondylosis in Chinese adults: a community-based cross-sectional study [J]. BMC Musculoskelet Disord，2018，19(1): 325.

[3] 吴云霞，刘忠军，刘晓光，等．2008~2014年北医三院骨科脊柱退行性疾病的住院人群特征分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志，2016，26(1): 70-76.

[4] Cohen SP. Epidemiology, diagnosis, and treatment of neck pain [J]. Mayo Clin Proc，2015，90(2): 284-99.

[5] Ailliet L，Rubinstein SM，Hoekstra T，et al. Long-term trajectories of patients with neck pain and low back pain presenting to chiropractic care: A latent class growth analysis [J]. Eur J Pain，2018，22(1): 103-113.

[6] 张诚，赖文文，杨善岚，等．基于LGMM模型的中国老年人认知水平发展轨迹的异质性研究[J]. 中国卫生统计，2024，41(4): 482-486.

[7] 王俊杰，陈依娜，陆梦依，等．三种轨迹分析方法的比较研究[J]. 中国卫生统计，2024，41(3):331-338.

[8] 王婧，唐文清，张敏强，等．多阶段混合增长模型的方法及研究现状[J]. 心理科学进展，2017，25(10):1696-1704.

[9] Liu XQ，Ji XY，Zhang YF. Trajectories of college students´ general self-efficacy, the related predictors, and depression: A piecewise growth mixture modeling approach [J]. Heliyon，2023，9(5): e15750.

[10] Li GM，Hou GY，Xie GH，et al. Trajectories of Self-Rated Health of Chinese Elders: A Piecewise Growth Model Analysis [J]. Front Psychol，2019，10:583.

[11] Lock EF，Kohli N，Bose M. Detecting Multiple Random Change-points in Bayesian Piecewise Growth Mixture Models [J]. Psychometrika，2018，83(3):733-750.

[12] 中华外科杂志编辑部．颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识(2018)[J]. 中华外科杂志，2018，56(6):401-402.

[13] 姚伟平，李金香，刘旺华．痛证的常见针灸疗法[J]. 中国中医药现代远程教育，2019，17(13):72-74.

[14] 国家市场监督管理总局．经穴名称与定位:GB/T 12346-2021[S]. 2021.

[15] Berlin KS，Parra GR，Williams NA. An introduction to latent variable mixture modeling (part 2): longitudinal latent class growth analysis and growth mixture models [J]. J Pediatr Psychol，2014，39(2): 188-203.

[16] 丁凤琴，田晶，孟冰霞，等．潜变量增长混合模型在慢性心衰患者生理症状变化轨迹研究中的应用[J]. 中国卫生统计，2023，40(4): 482-486.

[17] Herle M，Micali N，Abdulkadir M，et al. Identifying typical trajectories in longitudinal data: modelling strategies and interpretations [J]. European Journal of Epidemiology，2020，35(3): 205-222.

[18] Cheng ZJ，Zhang SP，Gu YJ，et al. Effectiveness of Tuina Therapy Combined With Yijinjing Exercise in the Treatment of Nonspecific Chronic Neck Pain: A Randomized Clinical Trial [J]. JAMA Netw Open，2022，5(12):e2246538.

[19] 吴迪，詹嫄，黄岩石，等．古法针刺治疗神经根型颈椎病疼痛疗效及对血清TNF-α、TGF-β1水平的影响[J]. 中华中医药学刊，2022，40(8):183-185.

[20] 王明明，蔡圣朝，魏宝强，等．针刺“项七针”治疗椎动脉型颈椎病临床疗效观察[J]. 中国针灸，2018，38(9):925-929.

[21] 侍昊，黄谦，姚文平，等．针刺联合雷火灸治疗风寒湿型神经根型颈椎病的随机对照研究[J]. 针刺研究，2021，46(12):1036-1042.

[22] MacPherson H，Vertosick EA，Foster NE，et al. The persistence of the effects of acupuncture after a course of treatment: a meta-analysis of patients with chronic pain [J]. Pain，2017，158(5): 784-793.

（责任编辑：邓　妍）