

两种模型用于口腔医生工作相关肌肉骨骼疾患预测的比较

刘佩芳¹, 沈波¹, 许旭艳¹, 王忠旭², 贾宁², 林嗣豪³, 余圆玉⁴

(1. 福州市疾病预防控制中心, 福建 福州 350004; 2. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所; 3. 莆田学院管理学院; 4. 福建医科大学)

摘要: **目的** 应用 Logistic 回归和 BP 神经网络模型对口腔医生工作相关肌肉骨骼疾患 (WMSDs) 进行预测研究, 评估两种模型的预测效果。 **方法** 采用网络问卷方式调查福州市口腔医生 WMSDs 的患病情况及影响因素, 建立 Logistic 回归和 BP 神经网络两种预测模型, 绘制 ROC 曲线比较两者的预测效能。 **结果** 回收有效问卷 627 份, 口腔医生 WMSDs 发生率前四位的部位分别为颈部 (43.1%)、肩部 (32.2%)、下背/腰部 (28.4%)、手/腕部 (20.1%)。综合两种预测模型分析结果, 年龄、职称、长时间保持侧头姿势、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置是颈部 WMSDs 的影响因素; 性别、年龄、肘部长时间保持弯曲、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置是肩部 WMSDs 的影响因素; 年龄、长时间保持弯腰姿势是下背/腰部 WMSDs 的影响因素; 性别、年龄、手腕需要保持向上/下弯曲的状态、经常伸长手臂取物品、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置、休息时间充足是手/腕部 WMSDs 的影响因素。除下背/腰部 Logistic 回归模型外, 其他部位两种模型的 AUC 值均 > 0.7 , 各部位 BP 神经网络模型的 AUC 值、灵敏度、特异性、约登指数均大于 Logistic 回归模型, 两种模型的预测效果均较好, BP 神经网络模型预测能力更佳。 **结论** Logistic 回归和 BP 神经网络模型可应用于口腔医生 WMSDs 的预测, BP 神经网络模型的预测效能更好。

关键词: 工作相关肌肉骨骼疾患 (WMSDs); 口腔医生; 神经网络; Logistic 回归

中图分类号: R135; R68 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2022)04-0301-06 DOI: 10.13631/j.cnki.zgggxyx.2022.04.003

Comparison of two models for predicting work-related musculoskeletal disorders in dentists

LIU Pei-fang*, SHEN Bo, XU Xu-yan, WANG Zhong-xu, JIA Ning, LIN Si-hao, SHE Yuan-yu

(* Fuzhou Municipal Center for Disease Control and Prevention, Fuzhou 350004, China)

Abstract: **Objective** The Logistic regression and BP neural network model were used to predict the work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) of dentists and evaluate the prediction effect of the two models. **Methods** The prevalence and influencing factors of WMSDs among dentists in Fuzhou were investigated by network questionnaire. Two prediction models of Logistic regression and BP neural network prediction model were established, and ROC curve was drawn to compare the prediction efficiency of the two models. **Results** Six hundred and twenty seven valid questionnaires were collected. The top four parts of the prevalence of WMSDs were neck (43.1%), shoulder (32.2%), lower back / waist (28.4%) and hand / wrist (20.1%). Age, professional title, long term lateral head posture and sitting in the same position for long time (≥ 2 hours) were the influencing factors of neck WMSD; gender, age, elbow bending for a long time and sitting in the same position for a long time (≥ 2 hours) were the risk factors of shoulder WMSDs; age and long-term bending posture were the influencing factors of lower back/waist WMSDs; while gender, age, the need to keep the wrist bent up and down, often extend the arm to reach items, sitting in the same position for a long time (≥ 2 hours), and sufficient rest time were the influencing factors of hand/wrist WMSDs. In addition to the lower back/waist Logistic regression model, the AUC of other models were more than 0.7, furthermore, the AUC, sensitivity, specificity and yoden's index of neural network model at all parts were better than those of Logistic regression model. The prediction effects of the two models were acceptable, but the prediction ability of BP neural network model were better. **Conclusion** The results suggested that both Logistic regression and BP neural network model can be applied to predict the WMSDs of dentists, BP neural network model has better prediction efficiency.

Keywords: work-related musculoskeletal disorders (WMSDs); dentists; neural network; Logistic regression

基金项目: 原国家卫生计生委工作项目 (131031109000160004); 福建省自然科学基金项目 (面上项目: 2020J01915); 福建省医学创新课题 (2020CX039); 福州市卫生健康科研创新团队培育项目 (2020-S-wt9)

作者简介: 刘佩芳 (1990—), 女, 主管医师, 从事职业健康监护工作, 研究方向: WMSDs 和工效学。

工作相关肌肉骨骼疾患 (work-related musculoskeletal disorders, WMSDs) 已成为口腔医生的高发职业疾病, 患病率 10.8%~97.9%, 主要集中在颈部、肩部、腰背部和手腕部^[1, 2]。导致 WMSDs 的危险因素较为复杂, 包括不良工效学负荷、组织管理因素、个体因素和社会心理因素等^[2-5]。在疾病早期通过预测模型精准识别 WMSDs 的发生风险对于预防和干预 WMSDs 具有重要意义。人工神经网络 (artificial neural network, ANN) 是建立在现代神经生物学研究基础上的一种人工智能技术, 通过训练和学习从数据中得到网络中各神经元之间的连接关系, 特别适合处理多个变量间的复杂关系, 广泛运用于肿瘤、高血压、传染病等疾病的诊断预测^[6-9]。BP 神经网络采用反向传播学习算法, 大大推动了神经网络的研究进展^[10]。本研究应用 BP 神经网络构建口腔医生 WMSDs 预测模型, 并与传统的 Logistic 回归模型进行比较, 以期寻找更优的预测模型, 为预防口腔医生 WMSDs 提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象 采用分层整群抽样, 根据前期摸底数据按医院性质 (口腔专科医院、综合性医院和口腔诊所/门诊部) 随机抽取福州市 53 家医院的 804 名口腔医生纳入研究, 共回收问卷 655 份, 有效问卷 627 份, 有效率 95.7%。纳入标准: 口腔医生工作时间 ≥ 1 年; 排除标准: 患有肌肉骨骼外伤、类风湿性关节炎、肿瘤、结核和感染等其他影响肌肉骨骼系统症状疾病者。本研究已通过研究机构伦理审查委员会审查, 在研究对象知情同意下开展调查。

肌肉骨骼疾患判定标准: 在过去 1 年中, 颈、肩、上背、下背/腰、肘、手/腕等身体部位出现疼痛、麻木、不适和活动受限等症状, 且症状持续时间 >24 h, 同时排除其他内科急症、身体残疾或外伤等影响肌肉骨骼系统症状的疾病。

1.2 方法 采用横断面调查, 应用《中国肌肉骨骼疾患问卷》^[11] 进行网络调查, 研究对象通过问卷星平台获取问卷并填写相关资料, 内容包括一般人口学特征 (年龄、性别、文化程度等)、健康状况 (既往史、身体各部位症状等)、工作状态 (工作姿势、工作环境等), 获得福州市口腔医生 WMSDs 的患病情况和相关危险因素的流行病学特征。

1.3 统计分析 导出网络问卷建立数据库, 使用 SPSS 20.0 软件进行统计分析, 计数资料和计量资料分别用 % 和 $\bar{x} \pm s$ 表示。按口腔医生 WMSDs 不同的发

生部位, 分别对其影响因素进行单因素分析, 分类变量采用 χ^2 检验, 连续性变量采用 t 检验, 将差异有统计学意义的影响因素作为输入变量/自变量, 各部位有无 WMSDs 作为输出变量/因变量, 分别构建 BP 神经网络模型和 Logistic 回归预测模型, 绘制 ROC 曲线并比较两种模型的预测效果, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

1.4 质量控制 问卷设置所有题目为必答题, 保证问卷填写的完整性, 通过设置答案属性、填写说明、示例图片等保证问卷填写的准确性。网络问卷的数据导出避免了人工录入错误。对收集到的问卷进行逻辑判定, 排除不符合逻辑和纳入标准的问卷。

2 结果

2.1 一般情况 本研究共回收有效问卷 627 份, 其中, 口腔专科医院 203 份 (32.4%)、综合性医院 232 份 (37.0%)、口腔诊所/门诊部 192 份 (30.6%), 男性 308 人 (49.1%)、女性 319 人 (50.9%), 平均年龄 (33.52 ± 7.59) 岁, 平均工龄 (9.84 ± 8.09) 年; 高级职称 92 人 (14.7%)、中级 188 人 (30.0%)、初级及以下 347 人 (55.3%)。口腔医生 WMSDs 发生率居前四位的部位分别为颈部 (43.1%)、肩部 (32.2%)、下背/腰部 (28.4%)、手/腕部 (20.1%)。

2.2 单因素分析 对口腔医生 WMSDs 发生率前四位的部位分别进行影响因素单因素分析, 结果见表 1。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 按部位将单因素分析中有统计学意义 ($P < 0.05$) 的 WMSDs 影响因素作为自变量进行多因素 Logistic 回归分析, 采用向前逐步回归法建立模型。见表 2。模型系数总检验 P 值均 < 0.001 , 表明模型总体有意义, Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果 P 值均 > 0.05 , 表明模型拟合优度较好。

2.4 BP 神经网络模型分析 将单因素分析有统计学意义的变量作为输入层神经元, 输出层神经元为各部位有无罹患 WMSDs, 构建 BP 神经网络模型。系统按照 7:3 的拆分比例从 627 个样本中随机抽取分配到训练样本和测试样本 (即构成了验证集)。

各部位模型 WMSDs 自变量重要性前五位排名, 颈部模型: 工龄、年龄、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置、职称、长时间保持侧头姿势; 肩部模型: 年龄、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置、工龄、性别、肘部长时间保持弯曲; 下背部/腰部模型: 年龄、工龄、长时间保持弯腰姿势、职称、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置; 手/腕部模型: 年龄、手腕保持向上/下弯曲状态、工龄、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置、性别。

表 1 口腔医生 WMSDs 发生率前四个部位影响因素单因素分析

影响因素	颈部		肩部		下背/腰部		手/腕部	
	χ^2/t 值	P 值	χ^2/t 值	P 值	χ^2/t 值	P 值	χ^2/t 值	P 值
性别	21.336	<0.001	40.501	<0.001	5.669	0.017	19.052	<0.001
年龄	2.421	0.016	3.258	0.001	5.214	<0.001	5.154	<0.001
工龄	1.983	0.048	2.668	0.008	5.178	<0.001	4.282	<0.001
职称	17.976	<0.001	11.832	0.003	29.824	<0.001	18.994	<0.001
惯用手							0.032	0.857
长时间保持头部后仰或低头	12.508	<0.001						
头部频繁后仰或低头	4.695	0.030						
长时间保持转头姿势	6.987	0.008						
频繁转头	0.016	0.899						
长时间保持侧头姿势	23.483	<0.001						
频繁侧头	6.383	0.012						
频繁弯腰					4.347	0.037		
长时间保持弯腰姿势					11.470	0.001		
频繁转身					0.604	0.437		
长时间保持转身姿势					10.578	0.001		
手臂频繁扭转			0.004	0.95				
手臂长时间处于扭转状态			13.441	<0.001				
肘部频繁弯曲			1.037	0.308				
肘部长时间保持弯曲			12.467	<0.001				
手腕频繁向上/下弯曲							17.250	<0.001
手腕保持向上/下弯曲状态							29.583	<0.001
手腕频繁扭转或侧弯							10.491	0.001
手腕长时间扭转或侧弯							18.162	<0.001
手臂通常有支撑物			4.412	0.036			0.899	0.343
接触或使用振动工具			2.632	0.105			1.858	0.173
长时间用手捏/紧握物品/工具							6.822	0.009
经常伸手臂取物品			0.311	0.577			18.905	<0.001
长时间(≥ 2 h)坐在同一位置	32.759	<0.001	14.281	<0.001	6.556	0.010	10.135	0.001
操作空间充分	5.701	0.017	0.065	0.799	0.095	0.758	1.698	0.193
可以自由更换姿势	6.506	0.011	13.471	<0.001	5.628	0.018	0.020	0.889
工作椅子提供腰部支撑					0.253	0.615		
有规定的工间休息时间	2.743	0.098	0.053	0.817	0.085	0.770	4.008	0.045
休息时间充足	3.310	0.069	13.452	<0.001	2.768	0.096	41.599	<0.001
连续工作一段时间后停下来做适宜活动	10.471	0.001	4.014	0.045	1.561	0.211	11.721	0.001

2.5 两种模型预测效果比较 通过 SPSS 软件绘制出 Logistic 回归模型及 BP 神经网络模型的 ROC 曲线(图 1)。统计各部位 Logistic 回归模型和 BP 神经网络模型 AUC 值,计算 ROC 曲线取最大诊断分界值时的灵敏度、特异度和约登指数(表 3)。除下背/腰部 Logistic 回归模型 AUC 值略低于 0.7 外,其他部位两

种模型 AUC 值均>0.7,表明两种模型预测效果较好。手/腕部 BP 神经网络模型的 AUC 最高,为 0.908(95%CI 0.883 ~ 0.932),具有良好的灵敏度(92.1%)和特异性(81.6%)。整体上 BP 神经网络模型的 AUC 值、灵敏度、特异性、约登指数均大于 Logistic 回归模型。

表 2 不同部位 WMSDs 多因素 Logistic 回归模型分析

变量	B 值	S. E. 值	Wald χ^2 值	P 值	OR 值 (95%CI)
颈部					
性别	0.890	0.186	22.814	<0.001	2.435 (1.690~3.508)
年龄	0.049	0.021	5.615	0.018	1.050 (1.009~1.094)
职称			11.559	0.003	
中级	0.538	0.254	4.492	0.034	1.713 (1.041~2.817)
高级	-0.348	0.424	0.674	0.412	0.706 (0.308~1.621)
长时间保持头部后仰或低头	2.196	0.662	11.016	0.001	8.990 (2.458~32.881)
长时间保持侧头姿势	0.817	0.232	12.442	<0.001	2.263 (1.438~3.564)
长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置	1.598	0.339	22.270	<0.001	4.945 (2.546~9.605)
操作空间充分	-0.767	0.252	9.284	0.002	0.464 (0.283~0.761)
常量	-6.061	1.018	35.471	0.000	0.002
肩部					
性别	1.297	0.196	43.688	<0.001	3.657 (2.489~5.371)
年龄	0.055	0.013	19.093	<0.001	1.057 (1.031~1.083)
肘部长时间保持弯曲	0.868	0.324	7.184	0.007	2.381 (1.263~4.491)
长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置	0.873	0.347	6.347	0.012	2.394 (1.214~4.722)
可以自由更换姿势	-0.497	0.202	6.042	0.014	0.608 (0.409~0.904)
休息时间充足	-0.485	0.199	5.966	0.015	0.616 (0.417~0.909)
常量	-4.358	0.679	41.177	<0.001	0.013
下背/腰部					
性别	0.576	0.191	9.083	0.003	1.778 (1.223~2.586)
年龄	0.072	0.012	33.559	<0.001	1.075 (1.049~1.101)
长时间保持弯腰姿势	0.768	0.215	12.716	<0.001	2.156 (1.413~3.288)
可以自由更换姿势	-0.400	0.201	3.947	0.047	0.670 (0.452~0.995)
常量	-3.959	0.537	54.337	<0.001	0.019
手/腕部					
性别	1.342	0.245	29.957	<0.001	3.827 (2.367~6.189)
年龄	0.084	0.015	29.783	<0.001	1.087 (1.055~1.121)
手腕保持向上/下弯曲状态	2.026	0.537	14.251	<0.001	7.585 (2.649~21.719)
经常伸长手臂取物品	0.699	0.249	7.866	0.005	2.012 (1.234~3.280)
长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置	0.999	0.484	4.262	0.039	2.715 (1.052~7.009)
休息时间充足	-1.378	0.278	24.547	<0.001	0.252 (0.146~0.435)
常量	-2.352	0.987	5.681	0.017	0.095

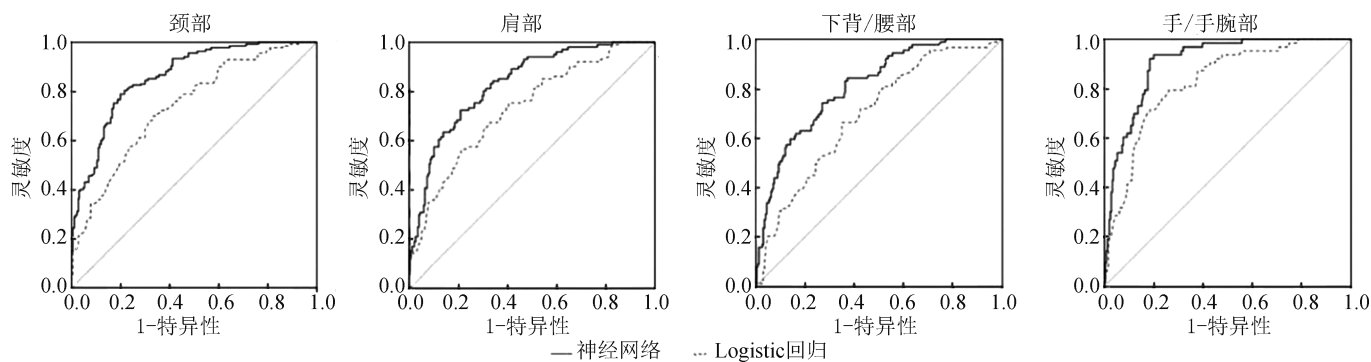


图 1 不同部位 Logistic 回归模型及 BP 神经网络模型 ROC 曲线

表 3 不同部位 Logistic 回归模型及 BP 神经网络模型预测效果比较

部位	模型	AUC 值 (95%CI)	灵敏度 (%)	特异性 (%)	约登指数
颈部	Logistic 回归	0.739 (0.700, 0.777)	70.0	66.7	0.367
	BP 神经网络	0.861 (0.833, 0.889)	78.9	80.1	0.590
肩部	Logistic 回归	0.732 (0.691, 0.774)	56.4	79.1	0.355
	BP 神经网络	0.833 (0.801, 0.866)	72.3	79.3	0.516
下背/腰部	Logistic 回归	0.693 (0.649, 0.737)	66.3	65.0	0.313
	BP 神经网络	0.809 (0.773, 0.845)	74.2	73.1	0.473
手/腕部	Logistic 回归	0.825 (0.787, 0.863)	79.4	73.9	0.533
	BP 神经网络	0.908 (0.883, 0.932)	92.1	81.6	0.737

3 讨论

本研究应用 Logistic 回归模型和 BP 神经网络模型进行口腔医生 WMSDs 预测, 两种模型 AUC 值除下背/腰部 Logistic 回归模型为 0.693 外, 其余均 >0.7, 预测效果较好。BP 神经网络模型 AUC 值、灵敏度、特异性、约登指数均大于 Logistic 回归模型, 说明 BP 神经网络模型预测口腔医生 WMSDs 的效能优于 Logistic 回归模型。已有研究证实神经网络模型可获得比 Logistic 回归模型更好的预测效果^[12,13]。对于 WMSDs 等慢性非传染性疾病而言, 疾病的影响因素众多, 作用方式复杂, 利用传统线性判别函数预测疾病存在较大的局限性^[13]。Logistic 回归模型是一种多变量概率型非线性回归分析方法, 常用于探索疾病的危险因素, 对单一危险因素分析较明确, 当多因素间存在复杂相互关系时, 会使分析误差增加^[14]。神经网络模型是根据生物神经网络在结构、功能等方面的理论抽象、简化和模拟而构成的一种信息处理系统^[15,16], 适用于多变量间相互错综的非线性分析, 比传统模型含有更丰富的信息, 且不受或少受因子间的干扰, 较 Logistic 回归模型具有方法学优势, 因此在预测疾病时可表现出更高的预测效能^[17]。

本研究显示, 在 4 个部位的 8 个模型中, 以手/腕部两个模型的预测效果最好, BP 神经网络模型的 AUC 值 (0.908)、灵敏度 (92.1%) 和特异性 (81.6%) 均最高, Logistic 回归模型手/腕部 AUC 值明显高于其他部位, 说明手/腕部模型的纳入因素优于其他部位模型, 这些因素可能与口腔医生手/腕部 WMSDs 的发生更密切。性别、年龄、手腕保持向上/下弯曲状态、经常伸长手臂取物品、长时间 (≥ 2 h) 坐在同一位置、休息时间充足是口腔医生预防和控制手/腕部 WMSDs 重点关注的因素。

不良工效学姿势是口腔医生 WMSDs 的危险因素^[18,19]。本研究通过构建预测模型发现, 在 BP 神经

网络模型中自变量重要性居前且进入 Logistic 回归模型的影响因素多为工效学因素, 如颈部模型中的长时间保持低头姿势、长时间保持侧头姿势。口腔医生为看清口腔内视野, 不得不保持低头、侧头、弯腰等姿势, 操作时手臂外展、肘部弯曲、手腕部上/下弯曲、手部精密操作等会对颈、肩、下背/腰、手/腕等部位的肌肉、肌腱、韧带和关节造成较大负荷, 最终引发 WMSDs。

个体因素和组织管理因素同样是 WMSDs 的影响因素^[19,20]。本研究 Logistic 回归模型分析显示, 性别和年龄是口腔医生 WMSDs 的影响因素, 如手/腕部模型性别的 OR 值高达 3.827, 说明女性较男性更容易罹患 WMSDs^[21]。口腔医生工作中需要长时间坐位, 重复性操作会使肌肉持续处于收缩或过度伸展状态引起肌肉疲劳。良好的组织管理因素如休息时间充足、操作空间充分、可以自由变化姿势等可缓解肌肉紧张状态, 对预防 WMSDs 起到保护作用。

WMSDs 病因多样复杂, 本研究涉及的影响因素主要为个体因素、不良工效学因素和组织管理因素, 且样本数量有限, 有待今后扩大样本量, 增加影响因素, 进一步优化模型。总体而言, BP 神经网络模型在预测口腔医生 WMSDs 方面拟合度好、风险识别率高, 具有良好的预测适应性, 对口腔医生 WMSDs 风险识别和评估具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] Aljanakh M, Shaikh S, Siddiqui AA, et al. Prevalence of musculoskeletal disorders among dentists in the Hail Region of Saudi Arabia [J]. Ann Saudi Med, 2015, 35 (6): 456-461.
- [2] Taib MFM, Bahn S, Yun MH, et al. The effects of physical and psychosocial factors and ergonomic conditions on the prevalence of musculoskeletal disorders among dentists in Malaysia [J]. Work, 2017, 57 (2): 297-308.
- [3] 娜扎开提·买买提, 董一丹, 郭小龙, 等. 口腔医生工作相关肌肉骨骼疾患影响因素分析 [J]. 中国职业医学, 2020, 47 (3):

- 247-252.
- [4] Ohlendorf D, Naser A, Haas Y, *et al.* Prevalence of musculoskeletal disorders among dentists and dental students in Germany [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17 (23): 8740-8759.
 - [5] 刘佩芳, 沈波, 康淑玲, 等. 口腔医生工效学负荷和工作相关肌肉骨骼疾患的研究 [J]. *中国工业医学杂志*, 2021, 34 (4): 294-297.
 - [6] 凌人男, 杨若峰, 易芹芹, 等. 基于神经网络模型预测宫颈癌淋巴结转移 [J]. *磁共振成像*, 2021, 12 (10): 16-21.
 - [7] 唐雨萌, 张岚, 李茜, 等. 神经网络模型和 Logistic 回归在预测慢性阻塞性肺疾病中的应用研究 [J]. *公共卫生与预防医学*, 2021, 32 (2): 12-16.
 - [8] Borzouei S, Mahjub H, Sajadi NA, *et al.* Diagnosing thyroid disorders: Comparison of Logistic regression and neural network models [J]. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 2020, 9 (3): 1470-1476.
 - [9] Mohammadi F, Pourzamani H, Karimi H, *et al.* Artificial neural network and Logistic regression modelling to characterize COVID-19 infected patients in local areas of Iran [J]. *Biomedical Journal*, 2021, 44 (3): 304-316.
 - [10] 张军, 杨国俊, 刘建涛, 等. Logistic 回归分析和 BP 神经网络模型在心理健康状况预测中的应用 [J]. *中国校医*, 2015, 29 (3): 168-170.
 - [11] 董一丹, 娜扎开提·买买提, 王富江, 等. 中国肌肉骨骼疾患问卷编制与验证——附调查问卷 [J]. *中国职业医学*, 2020, 47 (1): 8-18.
 - [12] 张胜, 田杰, 樊楚, 等. 基于神经网络的川崎病并发冠状动脉病变预测模型 [J]. *中国生物医学工程学报*, 2018, 37 (3): 313-318.
 - [13] 郭奕瑞, 李玉倩, 王高帅, 等. 人工神经网络模型在 2 型糖尿病患病风险预测中的应用 [J]. *郑州大学学报 (医学版)*, 2014, 49 (2): 180-183.
 - [14] 李禄伟, 黄倩, 施佳成, 等. 基于三种统计学方法构建的超重及肥胖人群高血压发病预测模型的分析比较 [J]. *现代预防医学*, 2021, 48 (11): 2061-2066.
 - [15] Smith AE, Nugent CD, McClean SI. Evaluation of inherent performance of intelligent medical decision support systems: Utilising neural networks as an example [J]. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2003, 27 (1): 1-27.
 - [16] Lin CS, Chiu JS, Hsieh MH, *et al.* Predicting hypotensive episodes during spinal anesthesia with the application of artificial neural networks [J]. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2008, 92 (2): 193-197.
 - [17] 袁筱祺, 朱乐兰, 高玮, 等. 基于神经网络的上海市中老年人胆囊结石风险预测模型研究 [J]. *卫生软科学*, 2021, 35 (12): 28-33.
 - [18] 张平, 张伟伟, 白希婧, 等. 口腔医生工作相关肌肉骨骼疾患影响因素及发生模式分析 [J]. *环境与职业医学*, 2021, 38 (7): 679-686.
 - [19] Jaoude SB, Naaman N, Nehme E, *et al.* Work-related musculoskeletal pain among lebanese dentists: An epidemiological study [J]. *Niger J Clin Pract*, 2017, 20 (8): 1002-1009.
 - [20] Artênio José sper Garbin, Soares GB, Arcieri RM, *et al.* Musculoskeletal disorders and perception of working conditions: A survey of Brazilian dentists in So Paulo [J]. *Int J Occup Med Environ Health*, 2017, 30 (3): 367-377.
 - [21] Moddley R, Naidoo S, Wyk JV. The prevalence of occupational health-related problems in dentistry: A review of the literature [J]. *J Occup Health*, 2018, 60 (2): 111-125.

(收稿日期: 2022-02-07; 修回日期: 2022-06-17)

(上接第 300 页)

- [9] Kuijer PPFM, Hoozemans MJM, Frings-Dresen MHW. A different approach for the ergonomic evaluation of pushing and pulling in practice [J]. *Int J Ind Ergon*, 2007, 37 (11-12): 855-862.
- [10] Health and Safety Executive. Risk assessment of pushing and pulling (RAPP) tool [EB/OL]. (2016-09) [2021-12-12]. <https://www.hse.gov.uk/msd/pushpull/index.htm>.
- [11] Klussmann A, Liebers F, Brandstadt F, *et al.* Validation of newly developed and redesigned key indicator methods for assessment of different working conditions with physical workloads based on mixed-methods design: A study protocol [J]. *BMJ Open*, 2017, 7 (8): e015412.
- [12] Steinberg U, Caffier G, Liebers F. Assessment of manual material handling based on key indicators—German guidelines [M]. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2006: 317-335.
- [13] Hoozemans MJM, van der Beek AJ, Frings-Dresen MHW, *et al.* Pushing and pulling in association with low back and shoulder complaints [J]. *Occup Environ Med*, 2002, 59 (10): 696-702.
- [14] Hoozemans MJM, van der Beek AJ, Frings-Dresen MHW, *et al.* Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: A review of risk factors [J]. *Ergonomics*, 1998, 41 (6): 757-781.
- [15] Argubi-Wollesen A, Wollesen B, Leitner M, *et al.* Human body mechanics of pushing and pulling: Analyzing the factors of task-related strain on the musculoskeletal system [J]. *Saf Health Work*, 2017, 8 (1): 11-18.
- [16] Koklonis K, Anastasiou A, Petropoulou O, *et al.* Utilizing key item method to manage musculoskeletal disorders in a hospital workplace [A]. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* [C]. 2019: 3420-3423.
- [17] Karlheinz S, Max B, Michaela K, *et al.* MultiPLa—a tool for the combined overall estimation of various types of manual handling tasks [J]. *Work*, 2012, 41 (Suppl 1): 4433-4435.
- [18] Klussmann A, Liebers F, Gebhardt H, *et al.* Risk assessment of manual handling operations at work with the key indicator method (KIM-MHO) —determination of criterion validity regarding the prevalence of musculoskeletal symptoms and clinical conditions within a cross-sectional study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2017, 18 (1): 184.

(收稿日期: 2022-06-17; 修回日期: 2022-07-20)