

- Rev, 2008 (88): 983-1008.
- [24] Iuanow E, Kettler M, Slanetz PJ. Spectrum of disease in the male-breast [J]. Am J Roentgenol, 2011, 196 (3): 247-259.
- [25] Khan MH, Allerton R, Pettit L. Hormone therapy for breast cancerin men [J]. Clin Breast Cancer, 2015, 15 (4): 245-250.
- [26] Ma YJ, Berg-von der Emde K, Rage F, et al. Hypothalamic astrocytes respond to transforming growth factor-alpha with the secretion of neuroactive substances that stimulate the release of luteinizing hormone-releasinghormone [J]. Endocrinology, 1997, 138 (1): 19-25.
- [27] Rage F, Lee BJ, Ma YJ, et al. Estradiol enhances prostaglandin E2 receptorgene expression in luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) neurons and facilitates the LHRH response to PGE₂ by activating a glia-to-neuron signaling pathway [J]. Neurosci, 1997, 17 (23): 9145-9156.
- [28] Prevot V, Rio C, Cho GJ, et al. Normal female sexual development requires neuregulin-erbB receptor signaling in hypothalamic astrocytes [J]. Neurosci, 2003, 23 (1): 230-239.
- [29] Clasadonte J, Poulain P, Hanchate NK, et al. Prostaglandin E2 release from astrocytes triggers gonadotropin-releasing hormone (GnRH) neuron firing via EP2 receptor activation [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2011, 38 (108): 16104-16109.
- [30] Harms PG, Ojeda SR, McCann SM. Prostaglandin involvement in hypothalamic control of gonadotropin and prolactin release [J]. Science, 1973, 4101 (181): 760-761.

职业危害风险评估与预警研究

阮燕梅¹, 王致^{1,2}

(1. 广州医科大学附属市十二人民医院, 广东 广州 510620; 2. 广州市职业病防治院职业与环境卫生研究所, 广东 广州 510620)

摘要: 探讨国内外的职业危害风险评估模型和预警系统, 比较评估模型和预警系统的优点和局限性, 分析职业危害风险评估模型和预警系统的关系, 确定与国情相适应的职业危害风险评估方法, 构建与经济发展相适应的职业危害监测预警与防控体系。

关键词: 职业危害; 风险评估; 预警

中图分类号: R135 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2018)03-0195-04 DOI:10.13631/j.cnki.zgggxyx.2018.03.014

Study on occupational risk assessment and early warning

RUAN Yan-mei*, WANG Zhi

(* . 12 Guangzhou Municipal People's Hospital Affiliated to Guangzhou Medical University, Guangzhou 510620, China)

Abstract: To discuss the occupational risk assessment model and early warning system at home and abroad, compare their advantages and limitations, analyze the relationship between occupational risk assessment models and early warning systems, and screen out an occupational risk assessment methods adaptable to our national conditions, thereby build a monitoring, early warning, prevention and control system for occupational risks assessment, which is compatible with our economic development as well.

Key words: occupational hazard; risk assessment; early warning

风险是一个二维的概念, 包括事故及其后果和与之相关的未知可能性。风险是事故的概率和后果, 它考虑确定各种参数。风险评估是危害因素识别和控制的最重要战略之一, 化学品风险评估的目的是检测和量化与使用有害化学物质有关的风险^[1]。此外, 风险评估是一个将风险暴露和剂量-反应数据相结合的过程, 以确定风险人群, 并为相关卫生人员提供风险管理所需的健康信息^[2]。职业危害风险评估目的是确定可接受的风险度, 为卫生部门做出相应的预警、预防方案

和修订相关标准奠定数据基础。当前我国职业病防治仍面临着诸多问题和挑战, 特别是对危害信息掌握不全, 对重点职业病及工作相关危害因素监测能力不足^[3]。2011 年修改了《职业病防治法》并规定职业健康风险评估是卫生部门主要职能之一^[4]。而我国尚无比较完善的职业危害风险评估标准, 亟待确定与国情相适应的职业危害风险评估方法, 构建与经济发展相适应的职业危害监测预警与防控体系。

1 职业危害风险评估方法

1.1 美国环境保护署 (EPA) 吸入风险评估模式

EPA 风险评估方法既是定量, 也是定性的。何晓庆等^[5]运用 EPA 模型评估 3 家医药企业职业健康风险, 与当前的职业卫生标准相比敏感度更高, 可量化危害程度, 重点岗位识别度高。韩丽芳等^[6]运用 EPA 风险评估模型评估荧光灯制造厂汞暴露员工的健康风险, 认为能够有效预防企业工人汞的暴露。张美辨等^[7]运用 EPA 评估方法评价某机械制造企业油

收稿日期: 2018-03-18; 修回日期: 2018-04-20

基金项目: 广州市卫生计生科技重大项目 (编号: 20181A031001); 广州市医学重点学科建设项目 (编号: 穗卫科教 [2016] 27 号)

作者简介: 阮燕梅 (1995—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事职业卫生研究。

通信作者: 王致, 医学博士, 主任医师, 硕士生导师, E-mail: ningjingzhi@163.com。

漆工人身体状况, 研究发现苯以及苯系物导致的血常规改变的风险降低, 但导致的其他相应健康风险较高, 尚需相关研究验证。厉小燕^[8]在燃煤和燃气两种火力发电厂风险评估中, 发现此模型思维较为全面, 主观性成分少, 结论可信度高, 仅适用于风险评估化学毒物, 不能评估物理因素和粉尘。周莉莉等^[9]研究发现美国 EPA 不适用于评估物理危害和非 IRIS 数据库内的职业有害因素。EPA 还可以应用于家具制造和单板加工企业^[10]。以上研究证实 EPA 风险评估方法具有一定的优势和局限, 用来评估我国目前已发现的所有职业危害因素是不可取的, 还需要更多的研究来验证 EPA 模型能有效评估职业危害因素导致的健康危害。

1.2 欧洲罗马尼亚 (MLSP) 评估模式

MLSP 评估模型是一种定性的评估方法, 较难判断后果发生的概率, 主要依靠经验确定, 主观性和局限性较大, 偏倚较难避免, 对暴露水平、频率、时间的考虑不够^[11]。高子清^[12]利用 MLSP 评估方法评估陶瓷生产企业尘肺风险发现, 5 个重点岗位的 MLSP 矽肺壹期风险评估结果与现场检测结果、粉尘作业分级结果以及相关文献报道有差异。余晓峰等^[13]运用 MLSP 方法评估某贵金属冶炼厂重点岗位, 发现 MLSP 方法综合评价比国内的评价标准更加优秀, 但主观性较强, MLSP 风险评估水平较低。MLSP 评估模型可以用来评估工业的噪声、粉尘、物理和化学性毒物等多种危害因素, 适用的行业范围较广, 但在国内企业施行的评估效果上存在较大的偏倚, 实施推广性较其他模型差, 作为我国的评估模型仍需要进一步的验证。

1.3 澳大利亚职业安全健康危险度评估模式

澳大利亚风险评估法主要优点是以手动板形式进行定性风险评估, 可操作性强, 简单易行, 适用范围广, 适合中小企业职业卫生管理人员开展风险评估; 主要局限性在危害和暴露定级时, 依赖主观判断, 难以避免偏倚。边国林等^[14]运用该模式评估浙江省某一小型家具制造企业, 发现各岗位职业危害风险比值高于有毒作业分级比值, 能评估出木质家具制造企业的关键风险控制点。王莎莎等^[15]将澳大利亚风险评估方法应用于某蓄电池生产企业, 发现该模型有助于发现职业危害关键控制点, 不足方面包括评级时仍存在一定不确定性, 难以避免偏倚, 防控措施的评估主观性较强。该评估模型操作简单且容易掌握, 推广性强, 较容易获得职业有害因素的监测资料, 但存在主观偏倚。

1.4 新加坡半定量风险评估模式

新加坡半定量风险评估方法是根据新加坡的职业危害因素暴露风险评估规范, 对职业性有害物质进行有效的识别, 评估暴露有害因素的风险, 依据危害级别 (HR) 和暴露级别 (ER) 计算确定风险大小的一种方法, $Risk = (HR \times ER)^{1/2}$ 。何珍等^[16]应用该方法评估山东某轮胎制造企业硫化岗位, 发现硫化工接触二硫化碳和硫化氢风险水平为“中等风险”; 其他化学物质风险水平较低。Yari 等^[17]采用该法评估乳胶手套制造业在致癌过程中接触有害化学制剂的健康风险, 建议以固有的安全设计方法对工业风险进行评估和优先排序, 再建

立更多的研究。新加坡风险评估法的主要优点在于该方法为半定量风险评估模式, 能够部分弥补其他评估方法的不足, 获取资料容易, 比较适用于基层职业卫生技术服务人员的评估应用; 主要局限性在较为适用化学物质和粉尘, 不适用于物理因素的评估。

1.5 国际采矿和金属委员会模式

国际采矿和金属委员会模式是国际采矿与金属委员会 (ICMM) 为采矿工和金属作业工设置的可分为定量法及矩阵法的职业卫生风险评估模型, 是 ICMM 为帮助相应工业采取安全健康的可持续发展战略。厉小燕等^[18]应用 ICMM 风险评估模型评估火力发电厂的职业安全, 发现定量法比矩阵法易高估风险, 推荐使用矩阵法。闵庆霞^[19]将 ICMM 风险评估模型应用于某耐火材料企业, 发现矩阵法在评估高温时与现场检测结果不一致, 其他都与实际情况相符。周桂侠等^[20]应用模型的两种方法分别评估某金融机具工程项目关键岗位的职业危害, 发现矩阵法和定量法评估结果都是与现场检测结果、相关研究一致。ICMM 风险评估模型的矩阵法和定量法评估结果各有差异, 还需更多的现场研究验证, 进一步的探索和改进, 使其成为更符合我国现状的风险评估模型。

1.6 其他评估方法

目前, 众多研究者使用广泛的职业卫生风险评估方法来评估职业场所的危害因素。刘翠翠^[21]采用《用人单位职业健康安全风险评估及分级管理实施指南》和《卫生洁具生产企业职业健康安全管理规范》对一家洁具生产企业评估风险均属于严重, 实施干预后风险水平有效降低。冯加武^[22]将 AS/NZS4360: 2004 风险评价指数矩阵法数学模型应用于武钢放射风险事件, 评估的风险因素均为极大和高风险。林嗣豪等^[23]在前人的基础上建立职业危害风险指数法, 用于有害物质评估能够定性综合考虑作业中存在的有害物质对作业者影响的水平、作业环境以及预防方法。Kim 等^[24]利用化学危害风险管理 CHARM 模型评估韩国化学品风险发现, CHARM 有助于对各个工作场所确定化学品的危害和暴露水平风险性。国内曾有学者研究过主因子分析法、药代动力学模型和蒙特卡罗法等风险评估方法。

1.7 风险评估方法学比较

ICMM 风险评估模型、澳大利亚职业安全健康危险度评估模型和罗马尼亚职业性疾病和事故危险度评估模式应用广泛。以上三种模式均是定性的方法, 不需要充分的现场监测调查数据的支撑, 可以迅速辨别、评估作业环境中有害身体健康的风险, 为采取防控措施提供基础。新加坡风险评估模式为半定量, 应用两种暴露指数方法和实际的暴露水平来计算暴露率, 获取资料容易, 但是较为适用于化学物质和粉尘, 不适用于物理因素的评估。美国 EPA 风险评估模型的主要优点可以定量和定性评估化学物质的致癌和非致癌效应, 不依赖于主观性判断, 可信度较高; 主要局限性在于评估仅限于美国 EPA 的 IRIS 数据库中有 IUR 和 RfC 值的化学毒物^[14]。邱劲松等^[25]运用国内的定量分级法和新加坡半定量风险评估法对长沙市某起重机生产企业超标岗位进行风险分级, 结果具有

一致性,并确定化学物关键控制点为二氧化锰暴露。王爱红等^[26]应用 ICMM 职业健康风险评估模型评估宁波市某黑色金属铸造企业接触矽尘岗位,评估结果和实际情况较为符合,在该企业风险评估中有较好的适用性。张键等^[27]使用 ICMM 职业健康风险评估模型、澳大利亚职业安全健康危险度评估模型和 MLSP 模型应用于平台噪声的职业健康风险评估,最终的评估结果基本一致,但 ICMM 风险评估模型(矩阵法)由于主要依据现场噪声检测数据,风险水平略低。

国外的研究者也在不断探索更加完备的模型。Eliasson 等^[28]使用观察法评估人体工程学肌肉骨骼疾病的长期风险,根据经验和知识评估各观察者间的可靠性,发现不使用系统的评估方法,可靠性低。Spinazzè 等^[29]评估三种暴露模型工具[STOFFENMANAGER® v. 6、欧洲生态毒理学和毒理学的化学目标风险评估 v. 3.1 (ECETOC TRA v. 3.1) 及先进的 REACH 工具的准确性和鲁棒性 ART v. 1.5)],通过比较职业暴露情景(ESs)中有机溶剂和杀虫剂的现有测量数据,发现当有详细记录的 ES 可用时,ART 结果可能更准确。其他情况下,STOFFENMANAGER 是更安全的选择。由于 ECETOC TRA 过于简单,仅限于需要保守和最坏情况评估的例外情况。每个研究者采用的评估方法都有优点和缺点,评估的最终目标都是为决策预防和控制措施时提供条件,特别是在控制和优化工作场所方面可以优先考虑并指导制定控制最重要风险的预警方案。

2 职业病预警与预警系统

预警是界定原来处于平衡情况的事件超出界限的远近而形成警报信号的动态,最开始是应用于军事预警,如今还应用于金融、粮食、自然灾害、经济、环境、安全等领域^[30]。在职业卫生方面也在不断探索,研究者为建立更加合适的预警系统,在分子流行病学中不断探究,发现生物标记法可用来制定更加快速的方法降低患病危险度,如暴露监测、健康保险和个人风险的描述^[31, 32]。Borghini 等^[33]认为遗传筛选既可以作为职业危害敏感性的指标,也可以作为未来健康的预测因子。生物标志物是“预警”标志的关键要素,能够识别出可能有助于确定后续临床公开疾病的个体风险和潜在干预策略的长期风险。Amorim 等^[34]将生物预警系统用于检测水生毒性;唐飞等^[35]认为职业病预警体系流程为监测—确定—分析—评估—警报;张敏等^[36]认为职业病监测预警体系的运行和结构为职业病报告历史数据—遴选重点监测预警的职业病病种—分析和判断—监测预警体系的运行—判断应重点控制的职业病病种—重点控制。工作场所的检测和相应的职业病预警系统的建立在职业病的预防和控制过程中起着关键的作用。目前,需要我们去探讨更符合我国国情的职业病预警系统。

3 职业风险评估与预警系统的应用

职业病防治的主要职责之一就是职业健康风险评估。职业健康风险评估的主要产出包括职业评估报告和预警报告,与职业危害的监测密切相关,所以说职业病的监测与预测体系的建立对职业健康风险评估起着非常重要的作用。Baeza 等^[37]将先进放射性机载粒子监测系统应用于早期预警网络中

发现,监测系统对进入环境放射性物质进行异常释放的自动确定,较有创新的分析和操作能力作为预警和监控系统具有先进的同步双功能。Åström 等^[38]将热浪预警系统(HEWS)应用于高温环境和死亡率之间关系的描述,表明强大的统计模型和温度暴露变量对于准确预测热浪期间预期死亡率的增長是重要的。姿势评估的常用方法是快速上肢评估,用于工作相关肌肉骨骼疾病(WMSD)普遍存在的工业环境中^[39]。Labbafinejad 等^[40]将上肢肌肉骨骼评估方法应用于医药行业包装工人,发现最佳预警因素是调整时间表和转移肩部疼痛,工作班次与手腕疼痛有显著关系。Khandana 等^[41]使用与优先顺序的模糊技术相结合的上肢重复任务的评估方法,对肌肉骨骼疾病(MSD)的风险因素进行评估并采取预警措施。形成一个比较完善的预警系统是非常迫切的任务,是降低职业卫生危害和其他相关疾病的重要举措。

4 展望

风险评估、安全标示和预警策略对风险管理和企业工业安全是必不可少的,需要更加广泛而全面地实施。风险评估也是规划工作环境干预措施和确定工作重点的重要工具,如工作场所的物理设计、工作技术或工作组织中的变化。我国的职业病风险评价呈现“两极化”,一是研究者坚持探索更前卫的职业危险因素的生物标志物及预警系统;二是众多研究者坚持在日常职业健康监护信息基础上建立一套系统的风险评估方法。前者灵敏高效,但费用高,需要更多的生物标志物联合检测,广泛推广的可行性不大;后者依然停留在初始阶段,虽然成为职业卫生部门的重要职能之一,职业健康体检仍不够完全处于一级防控的位置,对接触危害因素工人的身体危害进行监护。只有将监护检查报告和风险评估报告结合起来对作业工人的职业损害程度进行定性评价,才更有利于对职业卫生工作的管理。希望在建立了适合我国工业且不断完善职业病风险评估模型的基础上,建立相应的预警系统,以改善两极化的趋势,减轻生物标志物筛选工作,及时采取措施控制风险,预防职业病的发生发展。

参考文献:

- [1] Drexler H, Shukla A. Importance of exposure level for risk toxicological assessment [J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2014, 22 (5): 569-575.
- [2] Askham CA, Gade L, Hanssen OJ. Linking chemical risk information with life cycle assessment in product development [J]. J Clean Prod, 2013, 51 (51): 196-204.
- [3] 国家职业病防治规划(2016—2020年)[Z]. 2016.
- [4] 中华人民共和国职业病防治法[Z]. 2012.
- [5] 何晓庆,王祚懿,陈强,等.应用美国EPA吸入风险评估模型评估3家医药化工企业职业健康风险[J].环境与职业医学,2017,34(1):53-57.
- [6] 韩丽芳,余晓峰,谢凯蕾,等.美国EPA吸入风险评估模型在荧光灯制造企业职业健康风险中的应用[J].环境与职业医学,2017,29(6):625-628.
- [7] 张美辨,张鹏. EPA吸入风险评估模型在职业危害风险评估中的应用[J].浙江预防医学,2012,24(12):46-49.
- [8] 厉小燕.五种职业健康风险评估方法的应用研究[D].浙江大学,2014.

- [9] 周莉芳, 张美辨, 袁伟明, 等. 应用美国国家环境保护署吸入风险模型评估职业危害的研究 [J]. 浙江预防医学, 2014, 26 (2): 109-127.
- [10] 高鹤. 国外三种职业健康风险评估方法的应用及改良研究 [D]. 新疆石河子大学, 2016.
- [11] 高妍, 施爱民, 张绮, 等. 职业病危害风险评估方法研究与应用现状 [J]. 职业与健康, 2015, 31 (8): 1138-1141.
- [12] 高子清. 陶瓷生产企业尘肺风险评估研究 [J]. 工业卫生与职业病, 2017, 43 (6): 430-433.
- [13] 余晓峰, 韩丽芳, 谢凯蕾, 等. 罗马尼亚职业事故和职业病风险评估方法在某贵金属冶炼厂的应用效果 [J]. 浙江预防医学, 2016, 28 (2): 186-188.
- [14] 边国林, 王爱红, 李晓海, 等. 三种职业健康风险评估方法在小型家具制造企业的应用研究 [J]. 预防医学, 2017, 29 (10): 1003-1008.
- [15] 王莎莎, 张美辨, 蒋国钦, 等. 澳大利亚职业风险评估模型在蓄电池生产企业中的应用 [J]. 浙江预防医学, 2013, 25 (12): 8-11.
- [16] 何珍, 冯斌, 张志虎, 等. 某轮胎制造企业硫化烟气职业危害识别及风险分析 [J]. 职业与健康, 2017, 33 (17): 2417-2419.
- [17] Yari S, Asadi AF, Varmazyar S. Assessment of semi-quantitative health risks of exposure to harmful chemical agents in the context of carcinogenesis in the latex glove manufacturing industry [J]. Cancer Control in Western Asia Special Issue, 2016, 17 (S3): 205-211.
- [18] 厉小燕, 陈坤, 张美辨, 等. 国际采矿与金属委员会职业健康风险评估模型在火力发电厂的应用研究 [J]. 浙江预防医学, 2013, 25 (11): 16-20.
- [19] 闵庆霞. 国际采矿与金属委员会职业健康风险评估模型在某耐火材料企业风险评估中的应用 [J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29 (6): 452-454.
- [20] 周桂侠, 宋小和, 高青, 等. ICMC 职业健康风险评估模型在某金融机具工程项目职业病危害评价中的应用 [J]. 职业与健康, 2014, 30 (22): 3178-3180.
- [21] 刘翠翠. 卫生洁具行业职业健康安全风险评估与分级管理效果评价 [D]. 浙江大学, 2013.
- [22] 冯加武. 钢铁企业辐射风险评估与控制对策研究 [D]. 武汉科技大学, 2012.
- [23] 林嗣豪, 王治明, 唐文娟, 等. 职业危害风险指数评估方法的初步研究 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24 (12): 769-771.
- [24] Kim MU, Byeon SH. Evaluation of a chemical risk assessment method of south korea for chemicals classified as carcinogenic, mutagenic or reprotoxic (CMR) [J]. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 2018, 31 (4): 1-11.
- [25] 邱劲松, 刘思燕. 基于风险评估的某机加工企业化学物关键控制点 [J]. 职业与健康, 2017, 33 (6): 725-726.
- [26] 王爱红, 冷朋波, 李晓海, 等. 两种风险评估法在某黑色金属铸造企业职业健康风险评估中的应用 [J]. 环境与职业医学, 2017, 34 (10): 909-913.
- [27] 张键, 张雪艳, 邵华, 等. 三种健康风险评估方法在海洋石油平台职业噪声危害评价中的比较 [J]. 中国工业医学杂志, 2017, 30 (3): 163-167.
- [28] Eliasson K, Palm P, Nyman T. Inter-and intra-observer reliability of risk assessment of repetitive work without an explicit method [J]. Applied Ergonomics, 2017 (62): 1-8.
- [29] Spinazzè A, Lunghini F, Campagnolo D. Accuracy evaluation of three modelling tools for occupational exposure assessment [J]. Annals of Work Exposures and Health, 2017, 61 (3): 284-298.
- [30] 王焕强, 张敏, 李涛. 高危职业危害监测内涵及预警系统探讨 [J]. 中国安全生产科学技术, 2008, 4 (4): 135-138.
- [31] Neta R. The promise of molecular epidemiology in defining the association between radiation and cancer [J]. Health Phys, 2000 (79): 77-84.
- [32] Vineis P, Perera F. Molecular epidemiology and biomarkers in etiologic cancer research: The new in light of the old [J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2007 (16): 1954-1965.
- [33] Borghini A, Gianicolo EA. Usefulness of biomarkers as intermediate endpoints in health risks posed by occupational lead exposure [J]. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 2016, 29 (2): 167-178.
- [34] Amorim J, Fernandes M, Vasconcelos V. Evaluation of the sensitivity spectrum of a video tracking system with zebrafish (Danio rerio) exposed to five different toxicants [J]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017 (24): 16086-16096.
- [35] 唐飞, 刘学文, 蔡日东, 等. 基层职业病防治机构职业病危害事件应急预警指标体系的构建 [J]. 职业与健康, 2009, 25 (14): 1473-1474.
- [36] 张敏, 杜燮祯, 李涛, 等. 基于职业病报告数据的监测预警系统设计 [J]. 中国安全生产科学技术, 2009, 5 (1): 80-83.
- [37] Baeza A, Corbacho JA, Caballero JM. Development of an advanced radioactive airborne particle monitoring system for use in early warning networks [J]. Journal of Radiological Protection, 2017 (37): 642-658.
- [38] Åström C, Ebi KL, Langner J, et al. Developing a heatwave early warning system for sweden: Evaluating sensitivity of different epidemiological modelling approaches to forecast temperatures [J]. Public Health, 2015 (12): 254-267.
- [39] McAtamney L, Nigel Corlett E. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders [J]. Applied Ergonomics, 1993, 24 (2): 91-99.
- [40] Labbafinejad Y, Danesh H, Imanizade Z. Assessment of upper limb musculoskeletal pain and posture in workers of packaging units of pharmaceutical industries [J]. Work, 2017, 56 (2): 337-344.
- [41] Khandan M, Koohpaei AR, Nilic M, et al. Occupational musculoskeletal disorders management using fuzzy topsis assessment of repetitive tasks (art) [J]. Work, 2017, 56 (2): 267-276.