



A munkavégzés testmozgásainak mérése és értékelése

Work posture capture and assessment

Szabó Gyula

Óbudai Egyetem, Budapest, szabo.gyula@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A munkával összefüggő vázizom rendszeri megbetegedések kialakulásáért elsősorban a mozgásjellemzőket, a testhelyzetet, a mozgások sebességét és a statikus testhelyzetet teszik felelőssé. A technika fejlődésével megjelenő új műszaki megoldásokat mindig alkalmazták a mozgásjellemzők egyszerűbb és pontosabb kiértékelésére. A cikk a korszerű mozgásértékelési eljárásokat ismerteti.

Kulcs szavak: Ergonómia, kockázatértékelés, munkavédelem, váz-izomrendszeri megbetegedések

Abstract

Movement characteristics, posture, speed of movement and static posture are primarily responsible for work-related musculoskeletal disorders. The advances in technology have always been applied to evaluate motion characteristics easier and more accurately. This article describes recent advanced motion assessment possibilities.

Keywords: Ergonomics, risk assessment, safety at work, musculoskeletal disorders

1 Bevezető

Az Összetett Ergonómiai Kockázatértékelés [1] kidolgozása és használhatóságának igazolása során sikerült az ergonómiai kockázatértékelések néhány korlátját felismerni, és lehetséges kutatás irányokat kijelölni. Azóta az akkor felvetett kérdések egy része megoldódott – például testmozgások adat felvételezése –, néhány továbbra is válaszra vár – például a különböző kockázati tényezők összegzése –, és időközben közelebb kerültünk a kutatási megközelítés újrafogalmazásához, talán a kockázat-alapú baleset megelőzési paradigma teljes átértékeléséhez.

A kritikus védelmi kutatások projekt kiemelt kutatási terület kutatásai során tanulmánykötetben foglaltuk össze a kockázatkezelés általános elméletét [2], és a munkahelyi ergonómiai kockázatok csökkentésének lehetőségeit [3]

2 Az ergonómiai kockázati tényezők mérése

A munkahely, tevékenység, eszköz, munkadarabok, környezet, munkaszervezés jellemzői, tehát a váz-izomrendszeri megbetegedések közvetett kockázati tényezői általában jól megismerhetők, sőt ezek módosítása lehet a kockázat megelőzés műszaki célterülete. Egyszerű a kezelőszervek elhelyezéséhez, ciklusidőhöz vagy a kéziszerszám tömegéhez hasonló állandó kialakítások vizsgálata és pontos beállítása. A rögzítettségből adódóan azonban ezeknél hiányzik az egyénre szabhatóság, így az utóbbi időben olyan, korábban fix beállítások állíthatósága terjedt el, mint a munkafelület vagy munkadarab beállítása.

Az egyénhez igazítás nyomán kialakuló, és a többi időben változó értékű közvetett ergonómiai kockázati tényező – például a kézi anyagmozgatás során a mozgatott csomagok tömege, a környezeti tényezők (pl. zaj, megvilágítás, hőmérséklet, páratartalom) – mérése és értékelése jellemzően egymástól függetlenül, a munkavédelmi vagy a termelésfejlesztési tevékenység részeként történik. A mérésekkel szemben különbözőek a követelmények, így pl. az expozíciós határértékekkel rendelkező jellemzők mérési eljárását is szabályozzák, és Magyarországon ilyen – pl. zaj, megvilágítás – mérést csak kijelölt szervezet végezhet. Az időszakonként végrehatott, jellemzően mintavételezett és statisztikai módszerekkel készült értékeléseken alapuló, időben ritka és késedelmes beavatkozási lehetőség már nem felel meg a „kütyük” idején a mérőeszközök és a folyamatból érkező adatok elérhetőségéből adódóknak.

A közvetlen ergonómiai tényezők mérését nehezíti, hogy az egyéni különbségek – pl. a testméretek, testerő, ügyesség, motiváció – és a munkamódszer – azaz a tevékenység végrehatási módja – nagyon változatossá teszik a közvetlen kockázati tényezőket. A közvetlen ergonómiai tényezők mérése szempontjából ez azt jelenti, hogy még ugyanazon feladat megoldása során is lényeges különbség lehet a testhelyzetek, mozgások ideje és pályája, az erő kifejtések maximális értéke és időbeli felépülése között. A közvetlen tényezők megítélése a gyakorlatban szakértői módszerekkel történik, az erő kifejtés, nyomáseloszlás, testhelyzetmérések jelenleg lépnek ki a laboratóriumokból a – jól behatárolt tevékenységekre korlátozott – mindennapi alkalmazásba.

3 Az ergonómiai expozíció hiteles meghatározás

Az ergonómiai szakmailag elkötelezett fejlesztők, vállalati szakemberek és szolgáltatók azon dolgoznak, hogy helytálló értékelésen alapuló célszerű intézkedések szülessenek a kockázatok megelőzésére. Ennek része a résztvevők szakmai kompetenciájának biztosítása – pl. személyminősítő rendszerek, államilag elismert szaktevékenységek, kamarák, továbbképzési rendszerek –, és a kockázatértékelés eszközrendszerének és módszertana. A CERA-hoz hasonlóan épülnek más munkahely-ergonómiai kockázatértékelő módszerek azokra a harmonizált szabványokra, melyeket a gépek alapvető egészségi és biztonsági követelményeinek pontos meghatározásához dolgoztak ki a XX. században, pl. több ízületi szögtartomány és erőérték, a NIOSH-féle módosított emelési egyenlet, valamint az ORACO index. Általánosan elterjedt módszer még pl. a REBA vagy a JSI, QEC, jelenleg széleskörűen alkalmazott mérőeszköz pl. az XSense és Captiv, népszerű szoftver pl. a Jack, MVB, MTM-Ergo és Vivelab.

A megfelelő ergonómiai módszer kiválasztása önmagában is szakmai feladat – ezért is van négy különböző módszer az 1005-ös szabványban –, és ezek csak meghatározott tevékenységekre és helyzetekre szolgálnak kockázati értéket. Ha a tevékenység összetettebb, és egy része az adott módszer alkalmazhatóságán kívül esik, akkor a gyakorlatban az adott dolgozó egy műszakban végzett tevékenységét olyan időszakokra osztják fel, amelynek kockázatát valamely módszerrel jó meg lehet ítélni, vagy a teljes időszakra kis időtartamokra bontva egy adott módszerrel határozzák meg a kockázat időbeli alakulását. Bár ezek az eljárások alkalmas a fejlesztési lehetőségek – jellemzően a kiugróan rossz testhelyzetek időpontjának és okának – azonosítására, nem adják meg a kockázati szintet a műszakra. Alkalmazói oldalról nagyon fontos lenne a valós munkatevékenység kockázatának ismerete, hiszen ez az a kockázati szint, amelynek elfogadásakor dönteni kell a kockázatértékelés során. A tevékenységek változatosságát a különböző kockázati időtartamok súlyozott összegzésével próbálják a szoftveres megoldások áthidalni. Ha létrejön egy igazoltan valós eljárás a kockázat számítására az időegységekre számított kockázatokból, akkor ehhez az összegzett kockázati értékhez foglalkozási expozíciós határértékek meghatározására is sor kerülhetne, azaz az ergonómiai expozíció minőségi kockázatértékelését – más fokozott expozícióhoz hasonlóan – mérésen alapuló értékelés válthatná fel.

Az ergonómiai kockázat meghatározása akkor válik hitelessé, ha a folyamatot szakmailag

felkészült és feljogosított személy, kellő adminisztratív mellett, előírt módon, dokumentáltan végzi el. A protokollnak ki kell terjednie a vizsgálatban résztvevő személyek, és a vizsgálatba vont tevékenységek kiválasztására, az adat-felvételezés módjára, az adatértelmezést támogató kép és videó rögzítésre, a vizsgálóeszközök pontosságára, felbontására és kezelésére, adatok módszertanilag helyes feldolgozására, a személyes adatok védelmére, az eredmények közlési módjára és az eredmények értékelésére.

Az ergonómiai kockázat-meghatározáshoz az adat-felvételezés akkor hiteles, ha a rögzítmény adattartalma mellett egyértelmű a vizsgálatban résztvevő személy, az elvégzett tevékenység, a vizsgálati műszerezés és eljárás, a vizsgálatot végző, és a vizsgálat körülményei pl. időpontja és helye. Az értelmezés kiterjedhet egy vagy több rögzítményre, igazolnia kell, hogy az adatfeldolgozás hibátlanul történt – ez történhet pl. az alkalmazott, igazoltan megfelelő eszköz megnevezésével vagy az alapadatok, képletek és eredmények közlésével – és tartalmazhat egy összesített kockázati szintet, kiugró kockázati időpontokat az okokkal, az értékelés kiterjesztheszőségét további munkahelyekre, tevékenységekre, körülményekre, felhasználói csoportokra, és korlátozásokat.

A fenti protokoll a jelenleg elterjedt papír-ceruza, vagy munkalap-alapú módszereknél lényegében az értékelő felkészültségét, részletes dokumentációt és a módszer szakszerű alkalmazását követeli meg. A feltörekvő technológiák és „kütyük” világában már attól is tartanunk kell, ezek a feltételek is kevésbé teljesülnek, sőt új szempontként lép be a műszerek, szoftverek hitelessége és adatkezelés megbízhatósága.

Az ergonómiai kockázatok hiteles meghatározásának minden feltétele adott, de korlátozott az eredmények értelmezhetősége.

4 Az emberi mozgások adat-felvételezési eszközei

Hozzánk hasonlóan sokan kerestek az emberi testmozgások adat felvételezésére megoldást a 3D képfelismerő megoldásokkal. A VICON rendszer alkalmazása csak korlátozott körülmények között vezetett sikerre: csak rövid időtartamú tevékenységek vizsgálatára, akadályoktól és takarásoktól mentes környezetben volt eredményes, mert a markerek kézzel történő azonosítása a felvételeken rettentően időigényes maradt. Számtalan publikáció született különböző háromdimenziós kamerákkal – pl. ASUS, a Kinect - végzett értékelésekről, de a látványos eredmények mögött mégsem volt hiteles mérés, mert hiányzott annak bizonyítása, hogy a kamera által rögzített képekből különböző testmodellek alapján számított ízületi szögértékek és testhelyzetek a tényleges értéknek felelnek meg. A Kinecttel folytatott vizsgálatainkhoz fejlesztettük az ErgoCapture rögzítő rendszert, melynek adatait K-legközelebbi szomszéd módszerrel dolgoztuk fel. [4].

A viszonylag olcsó, szabadon hozzáférhető fejlesztői szoftvercsomagokkal támogatott 3D, később a mobil kommunikációs eszközökbe integrált kamerák elterjedését gyorsan követte az ergonómiai alkalmazások megjelenése, illetve ezek használata valós körülmények között. A többi munkavédelemben is használható „kütyü”-höz hasonlóan itt is igaz, hogy a külső szemlélő számára nehezen felismerhető az, hogy egy adott alkalmazás valós eredmény mutat-e, hogy csak egy egyetemi tanulmány során beadandó feladatként készített program vagy komoly validált eszköz.

Az olcsó – telefonok kameráját használó – ergonómiai vizsgálóeszközök mára laikusok számára is könnyen hozzáférhetőek, akik előzetes tudás vagy tapasztalat nélkül is elvégezhetnek ergonómiai értékeléseket úgy, hogy a rendszer által megjelenített kockázati értékeket tényként fogadják el, és ez alapján döntenek az egyes munkahelyeket ergonómiai megfelelőségéről. Az ergonómiai kockázatértékelés megbízhatóságának növelése az értékelést végző tudásától és tapasztalattal független módon sürgető feladattá vált.

A testmozgások adat felvételezésére megoldást a goniométerek az inerciális és mágneses alapon

működő forradalmian új generációja hozta, mely különböző testhez rögzített érzékelőkkel, majd testre simuló ruhaként viselhető mérőeszközként nagy felbontással és nagy pontossággal alkalmasak a különböző ízületi szögek rögzítésére, és az adatok számítógép számára továbbítására. A vizuális módszereken alapulóhoz hasonlóan a viselhető műszerekre is igaz, hogy a testhelyzet rögzítése különböző pontossággal történik az egyes testrészekre, pontosabb a fej, a törzs, a végtagok érzékelése, mint a jóval kisebb lábfej, kéz, csukló ujjak helyzetéé.

A teljes expozíciómérésre és -dokumentálásra példa a Pimex rendszer, mely a környezeti tényezők és a tevékenység vizuális rögzítését és mérését végzi. A mozgások felvételezésére jelenleg elfogadott az Xsense és hasonló elven működő rendszerek. A mozgásleíró állományok ergonómiai elemzésére, illetve a tervezési szakaszban a modellek virtuális elemzésére megoldást lehet az MVN, Jack vagy ViveLab szoftverek.

Jelenleg az ipari környezetben rögzített XSense adatrögzítések adatainak feldolgozását végezzük MATLAB mintázatfelismerő algoritmusok segítségével.

5 Konklúzió

A vázizom rendszeri megbetegedések kialakulásáért elsősorban a mozgás sebessége, ismétlődése, a statikus testhelyzetek megjelenése felelős, és ezek értékelésére a szakmai tudás rendelkezésre áll. Jelenleg a vizuális elven működő mélyiségi kamerás technológiák és a testen viselhető inerciális mágneses mérőrendszerek használatosak, ám egyik sem alkalmas még ipari környezetben hiteles vizsgálatok elvégzésére.

Az adatgyűjtés korszerű módszerei biztosítják a testmozgás pontos és időben is nagy felbontású rögzítését, ezzel adatot szolgáltatnak a mintázatfelismerő algoritmusok alkalmazására, így a munkával kapcsolatos váz-izomrendszerei megbetegedések újszerű kockázatértékelésének kidolgozására.

6 Hivatkozások

- [1] Szabó, Gyula: Az Összetett Ergonómiai Kockázatbecslés, In: Kollár, Csaba (szerk.) Berek Hetven : Egy élet a hadtudomány és a művészet szolgálatában, a hetvenéves Berek Lajos professzor és szobrászművész köszöntése, Budapest, Magyarország (2019) pp. 143-157. , 15 p.
- [2] Fregan Beatrix: Kockázatelemzés, kockázatértékelés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2013. ISBN 978-615-5018-98-5
- [3] Szabó Gyula (szerk): Munkahelyi ergonómiai kockázatok csökkentésének lehetőségei, Óbudai Egyetem, Budapest, 2013, ISBN 978-615-5460-01-2
- [4] G. Szabó, "ErgoCapture – A Motion Capture Based Ergonomics Risk Assessment Tool," in Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences, 2014, pp. 313–321.