1.4
5.6

Összefüggés a maximálisan elfogadható munkaidő és a fizikai munkaterhelés között

Tárgyszavak: munkaidő; fizikai terhelés; fiziológiai válasz.

A munkabiztonság és az egészség védelmében először 1945-ben vetették fel megfelelő biztonsági határ kijelölésének szükségességét fizikai igénybevételű munkaterületeken. Ez annak felismerését jelenti, hogy milyen fontos meghatározni az egy munkanapon át egészséges és biztonságos állapotban elviselhető maximális munkaterhelést. A mintegy négy évtizeddel későbbi szakirodalom a nyolcórás fizikai munka elfogadható terheléseként javasolja

- a maximális egyéni légző kapacitás (VO_{2max}) 33%-át vagy
- az ún. felső tűréshatárt, azaz a vegyes fizikai (közte manuális) terhelés után mért VO_{2max} 30–35%-át.

Alkalmas mutatók

A munkaterhelés intenzitásának mérésére alkalmas

- a relatív szívfrekvencia (relative heart rate, RHR) és
- a relatív oxigénfelvétel (relative oxigen uptake, RVO_2) is.

$$RHR = (HR_{work} - HR_{rest})\ (HR_{max} - HR_{rest}) \cdot 100\% \qquad (1)$$

ahol HR_{max} = maximális szívfrekvencia,
HR_{rest} = nyugalmi szívfrekvencia,
HR_{work} = átlagos szívfrekvencia munka közben
Hasonlóképpen

$$RVO_2 = (VO_{2work} - VO_{2rest})/(VO_{2max} - VO_{2rest}) \cdot 100\% \qquad (2)$$

Gyakorlati célokra RHR-t gyakran választják a dinamikus izommunkával járó fizikai teher mutatójául, mivel a szívverés sokkal egyszerűbben mérhető, mint a tüdőtérfogat, viszont számos egyéb tényező – meleg, felindulás, táplálkozás, fizikai állapot – befolyásolja. Ezeket azonban ki lehet szűrni, ill. figyelembe lehet venni, ezáltal bebizonyosodott, hogy a csoportos RHR-adatok jó egyezésben vannak a % VO_{2max} értékekkel. Újabb mérések (1997, 1998) alapján csak RVO_2 és RHR között van ilyen megfelelés.

Általában az RHR (vagy RVO_2) ≥30% esetén végzett feladatok tekinthetők „nagy” szív és érrendszeri terhelésűnek nyolcórás munkanapokon. A munkateher akkor „elfogadható”, ha a terhelés és a légzőkapacitás 8 óra alatt egyensúlyban van, amikor is egyenletes a munkavégzés („a munka outputja”). Hosszan tartó munka után a vérben felgyülemlő tejsav hirtelen felgyorsítja a szívfrekvenciát az átlaghoz képest kb. percenkénti 10 ütéssel. Ezt is javasolták az elfáradás, ill. az elfogadható munkaterhelés mértékéül.

Hasznos mutató a maximálisan elfogadható munkaidő (maximum acceptable worktime, MAWT) is, mint az a maximális időtartam, amely alatt valaki elfáradás nélkül visel el egy adott munkaterhelést (fontos hogy ez nem azonos a maximális önkéntes munkaidővel, vagyis a kimerülés idejével). A MAWT meghatározása után az ez alatt elvégzett munka tekinthető az ezen időtartamra elfogadható maximumnak.

Tekintettel a mai egyre szaporodó rugalmas munkabeosztásokra, új összefüggéseket kell megállapítani a munkaidő és a munkaintenzitás közt. Amerikai kutatók 1986-ban ismertetett szabályozási elképzelése szerint

- 12, 10, 8 és 4 órás munkaidőre,
- 28; 30,5; 33, ill. 45% VO_{2max} terhelési határérték tartható fenn.

Taivani kutatók egyrészt a fenti rend érvényesíthetőségét vizsgálták hazai viszonyaikra, másrészt összefüggést kerestek a MAWT és a $\%VO_{2max}$, ill. RVO_2-értékkel vagy a kényelmesebb és olcsóbb mutatóval: az RHR-rel kifejezett fizikai terhelés között.

Kísérleti módszerek

A kísérletekhez hat-hat átlagos testalkatú 20 és 30 év közötti férfi és női munkást választottak ki, akiket részvételükért megfizettek és a vizsgálat előtt megismertettek a módszerekkel. A tüdőfunkciót az olasz Cosmed Srl hitelesített, K4 hordozható berendezésével vizsgálták, amelyhez gázálarc, a kilélegzett levegőt gyűjtő és elemző rendszer, valamint szívverésszámláló tartozik. Minden adat valósidejű közvetítéssel kerül a vevő- és feldolgozóegységbe.

Az elektromos pedálos, er800s jelű erőmérő (Ergoline, Németország) 30–130 fordulat/perc sebességgel hajtható, nyerge a testmagasság szerint állítható.

A maximális teljesítőképességi tesztekhez, vagyis a VO_2- és HR-értékek meghatározásához először a nyugalmi értékeket mérték meg 10 perces ülőhelyzet utolsó 3 perce alatt, majd állandó 60 fordulat/perces kerékpározással a munkateljesítményt (work rate, W), az alábbi program szerint:

- férfiaknál kezdeti 120 W, percenként 10 W növekedés,
- nőknél 80 W, 5 W növekedés,

feltételezve, hogy a résztvevők 6 percnél tovább „pedáloznak” és megközelítőleg állandó VO_2-t érnek el. A K4-rendszer folyamatosan, 15 másodpercenként vette fel a VO_2- és HR-adatokat.

Az egyéni HR_{max}- és VO_{2max}-érték megközelítését akkor fogadták el, ha legalább kettő teljesült az alábbi három kritérium közül:

- sem VO_2, sem HR nem nőtt tovább W növekedése ellenére,
- a légzési hányados (respiratory quotient) kevesebb volt 1,10-nél,
- HR_{max} 15 ütésen belül megegyezett az életkor szerint előrejelezhető (220) értékkel.

VO_{2max} megközelítésekor meghatározták az elért teljesítményt (W) és mint az illető maximális munkateljesítményét, W_{max}-ot definiálták *(1. táblázat).*

1. táblázat

A kísérlet résztevőinek adatai

Mutató	Férfiak (n = 6)		Nők (n = 6)	
	átlag	szórás	átlag	szórás
Életkor, év	27,2	2,4	25,3	1,0
Magasság, cm	170,9	7,2	158,2	5,7
Testsúly, kg	67,2	9,6	50,2	3,6
HR_{rest}, ütés/min	78,8	7,8	73,7	2,1
HR_{max}, ütés/min	187,5	6,2	183,8	11,5
VO_{2rest}, l/min	0,277	0,051	0,260	0,030
VO_{2max}, l/min	2,802	0,232	1,858	0,212
W_{max}, W	209,2	25,0	124,2	18,8

A következő kísérletben hat külön napon mindenki a saját W_{max}-értékének 20, 30, 40, 50, 60 és 70%-át teljesítette, mindig állandó 60-as fordulatszámmal, 30 másodpercenkénti adatfelvétel közben. Minden 50 perc után 10 perces szünetet tartottak, utánozva a reális munkavégzést. A kísérletet a kimerültség érzésekor abba lehetett hagyni, amely így napi 0,5–12 (összesen 240) órán át tartott, az egyéni W_{max}-érték és kitartás szerint.

A RHR- és az RVO_2-értéket az (1) és (2) egyenlet alapján számították ki. A munkateljesítmény hatását a független változókra varianciaelemzéssel határozták meg, a szignifikancia szintet α = 0,05-ben állapították meg. A MAWT és a többi változó közötti korrelációs együttható meghatározására a Pearson-féle összefüggést alkalmazták. Regresszióelemzéssel keresték meg a MAWT-érték előrejelzésére legalkalmasabb függvényt. Mindezen számításokhoz a Statistica 5.0 szoftvert használták.

Eredmények

A taivani tanulmány a MAWT-értéket fiziológiai alapon határozza meg, amennyiben a fáradtság első jelének a munkaszakasz végére lényegesen felgyorsult szívritmust fogadja el. Amikor a munkateljesítmény

– a W_{max} 20, 30, 40 vagy 50%-a, a szívfrekvencia 5 percen át állandó marad és a fáradtság féreérthetetlen jele 1–10 h „munka” után jelenik meg, W_{max}-tól függően,
– ha viszont 60 vagy 70%-a W_{max}-nak, akkor a szívfrekvencia rögtön gyorsulni kezd, és a gyorsulás folyamatos a munkaperiódus végéig, vagyis az elfáradás bekövetkezését nem lehetett észlelni, így MAWT-érték meghatározására sem volt mód.

A 20–50% W_{max}-intervallumban a munkateljesítmény statisztikusan szignifikáns ($p<0,05$) befolyással van valamennyi függő változóra *(2. táblázat),* emellett az egyéni különbségek is szignifikánsak. A MAWT 20-tól 50%W_{max}-ig csökken, miközben a többi változó folyamatosan nő.

2. táblázat

A munkaterhelés mutatói a %W_{max}-függvényében

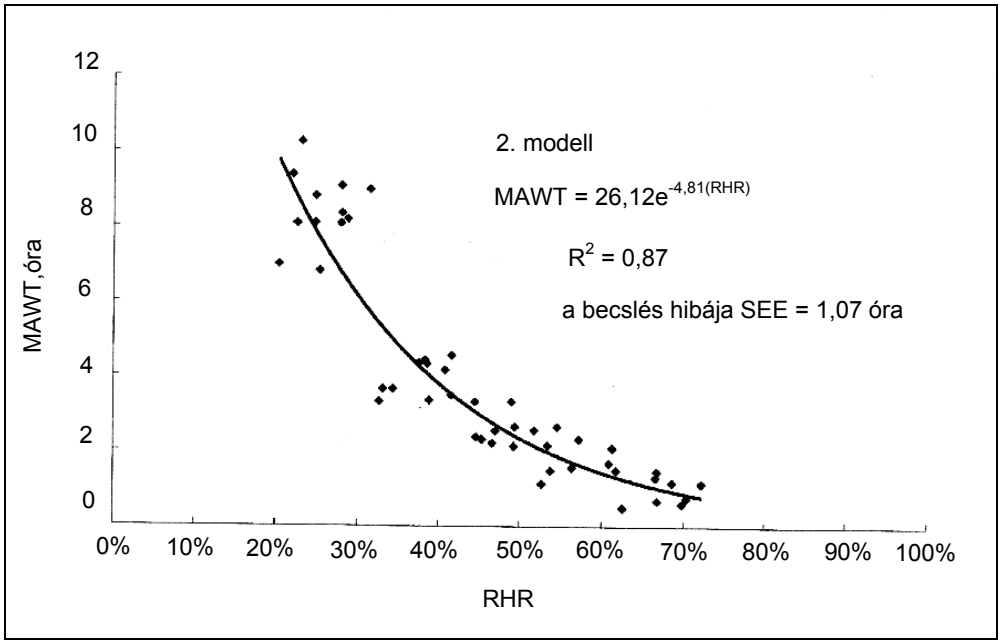
Nem	%Wmax	MAWT,h	%WO_{2max}, %	RHR, %	RVO_2, %
Férfi					
	20	8,2+ 0,76	34,9 +3,17	24,4 +3,37	27,7 +3,50
	230	3,6 +0,32	44,0 +4,18	38,2 +6,22	37,8 +4,25
	40	2,4+ 0,60	50,3+ 6,81	50,5 +4,70	44,8 +7,16
	50	1,2 +0,41	58,7 +5,23	65,6 +5,49	54,2 +5,49
Nő					
	20	8,7+ 1,12	35,9 +2,55	26,8 +2,97	24,1 +4,60
	30	3,9 +0,85	44,4 +2,68	40,4 +2,69	34,3+ 4,60
	40	2,3 +0,58	51,4 +1,10	50,4 +3,75	42,4 +2,91
	50	1,3 +0,60	61,6 +3,09	65,1 +4,35	54,7 +2,38

A fizikai munkaterhelés mértékének tekintett %VO_{2max}, RHR, ill. RVO_2 és a MAWT-érték közötti összefüggésre regressziós elemzéssel nyert három görbe *(1. ábra),* közösen jellemezhető az alábbiakkal:

1. a MAWT-érték a munkaterheléssel folyamatosan csökken,
2. a munkaterhelés növekedésekor kis terhelések esetében gyorsan csökken, majd nagyobb terheléseknél lassan változik,
3. szélsőséges fizikai munkaterhelés hatására a MAWT nullához közelít,
   – a standardtól való eltérés mindhárom összefüggésben 1 h körüli érték,
   – valamennyi modell (görbe) több mint 80%-ban megfelel a MAWT előrejelzés változásainak.

Az eredmények értelmezése, következtetések

Férfiak és nők közt a független változók egyikét tekintve sem mutatkozott szignifikáns különbség. Ez azt jelenti, hogy a %VO_{2max}-ban, RHR-ben nagy RVO_2-ben kifejezett munkaterhelési határ mindkét nembeli dolgozókra alkalmazható.



1. ábra Összefüggés a MAWT- és az RHR-értékek között

A javasolt MAWT-előrejelző modelleknek és különböző időtartamoknak megfelelő terhelési szintek felső határai *(3. táblázat)* igen hasonlók nyugat-európai munkásokra 1986-ban javasolt értékekhez, $\%VO_{2max}$ határértéke 12 órás munkanapra kb. 5%-kal alacsonyabb, mint 8 órásra. Vagyis hosszabb műszakok csökkentik a munka intenzitását.

3. táblázat

Javasolt határértékek a taivani, 26 éves átlagéletkorú lakosságra, %-ban

				Nyugat-európai, 1986. évi adatok 35 éves átlagéletkorú ipari populációra
Munkaidő, h	**$\%VO_{2max}$**	**RHR**	**RVO_2**	**$\%VO_{2max}$**
12	28,5	16	18	28
10	31	20	21	30,5
8	34	24,5	24,5	33
4	43,5	39	35,5	45

A MAWT és a $\%VO_{2max}$-értékek közötti összefüggés Taivanon és Nyugat-Európában tapasztalt egyezése azt jelenti, hogy a szigetország fiataljai és a Nyugat munkavállalói ugyanannyi munkaidőt dolgoznak végig elfáradás nélkül, miközben a fizikai munkaterhelést maximális légzéstérfogatuk ugyanakkora százalékaránya mellett teljesítik.

A mérések szerint RHR és RVO_2 felső határa kb. 10%-kal alacsonyabb, mint a megfelelő $\%VO_{2max}$-é, mivel a szívfrekvencia és VO_2 nyugalomban sem egyenlő nullával. Pl. egy 10 MET kapacitású átlagos, egészséges felnőttre (1

MET = basic metabolic rate at rest = „metabolikus alapérték nyugalomban”) jellemző VO_{2max}-értékének 10%-a, RHR-jének és RVO_2-jének 0%-a, tehát a 10%-os eltérés az RHR (vagy RVO_2) és a $\%VO_{2max}$ közötti összefüggés nyugalmi végén jelentkezik, és fordítva arányos az erőnléttel. Ebből következik, hogy az RHR-ben (vagy RVO_2-ben) kifejezett biztonsági határok 10%-kal kisebbek, mint a $\%VO_{2max}$.

A MAWT és az RHR közötti, a 2. modell szerinti összefüggés különösen alkalmas valós körülmények közötti alkalmazáshoz, mivel munka közben pulzust mérni összehasonlíthatatlanul egyszerűbb, mint oxigénfelvételt. A MAWT és a fizikai terhelési mutatók közötti összefüggés útmutatóul szolgálhat

- a maximálisan elfogadható (ill. ésszerű) munkaterhelési kombinációknak és
- a főként a végtagizmokat igénybe vevő dinamikus izommunka időtartamának

megállapításához. A MAWT/RHR-összefüggés pedig a szívfrekvencia alapján mindennapos használatú eszköze lehet a fizikai terhelés ellenőrzésének ipari viszonyok között.

(Dr. Boros Tiborné)

Hsin-Chieh Wu, Mao-Jiun J, Weang: Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. = Ergonomics, 45. k. 4. sz. 2002. p. 280–289.

Juul-Kristensen, B.; Fallentin, N. stb.: Physical workload during manual and mechanical deboning of poultry. = Industrial Journal of Industrial Ergonomics, 29. k. 2. sz. 2002. p. 107–115.

Christensen, H.; Sogaard, K. stb.: The importance of the work/rest pattern as a risk factor in repetitive monotonous work. = International Journal of Industrial Ergonomics, 25. k. 4. sz. 2000. p. 367–373.

HÍR

Építőipari balesetek okai

Az Országos Baleseti és Egészségügyi Szolgálat közzétette annak a kutatási programnak a részeredményeit, amelyet az építőipari balesetek tárgyában végeztek.

A vizsgálatok célja a baleseti okok olyan modellként való leírása, amelyik alapul szolgálhat a kockázatok mennyiségi kifejezésére, a javítást célzó rendszabályok meghatározására vagy értékelésére.

A kutatások folyamán mintegy 40 olyan alapvető hatást mutattak ki, amelyek balesetet okozhatnak. A közvetlen szervezési és műszaki tényezőkön túlmenőleg politikai, gazdasági és szociális, valamint emberi tényezőkre is utaltak. Foglalkoztak az alapvető jelentőségű hatásokkal, amilyenek a biztonsági előírások kezelése, a szerződéses stratégiák következményei, a szakképzés, a felügyeleti szervek információ-visszacsatolása, a biztonságos szerkezetek tervezése, a kompetencia, a kommunikáció, a körülmények ismerete és az egyetértés.

Legfontosabb megállapítások:

- A létrákról és állványzatokról való esés okozza leggyakrabban a halálos kimenetelű baleseteket. A legnagyobb a kockázat az állványozók és a tetőfedők esetében.
- Legtöbb halálos baleset kisebb építési munkahelyeken fordul elő, azonban nincs kapcsolat a napszakkal, a korral vagy a földrajzi helyzettel. Az alkalmazotti státusszal való kockázati kapcsolat értékelése nehézségekbe ütközött, mert az alkalmazottak státuszára vonatkozó adatok nem voltak megbízhatók.
- Más potenciális kapcsolatok értékelését is megakadályozta a bizonytalansági tényező vagy az alapvető adatok hiányossága.

A kutatási program folytatásaként más balesettípusok sajátosságait is vizsgálni fogják, és az egészségügyi következményekre is kiterjesztik az értékelést.

A megállapításokból levonható következtetések hozzájárulnak az ipar és a balesetvédelmi hatóság stratégiájának kidolgozásához és a baleset-elhárítási célkitűzések eléréséhez.

The RoSPA Occupational Safety and Health Journal, 32. k. 2. sz. 2002. p. 3.