



ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ VE AHP YÖNTEMİ İLE ÇALIŞMA DURUŞLARININ ANALİZİ: AĞIR VE TEHLİKELİ İŞLER İÇİN BİR UYGULAMA

Elif Kılıç DELİCE*¹, İlknur AYIK, Öykü Nur ABİDİNOĞLU, Nisa Nur ÇİFTÇİ, Yasin SEZER

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Çalışma duruşları,
Ergonomik
Risk Değerlendirme,
AHP.

Öz

Bu çalışmada amaç, ağır ve tehlikeli iş grubuna giren bir tüp üretim fabrikasında ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden olan REBA, OWAS, QEC ve MANTRA yöntemlerini kullanarak riskli çalışma duruşlarını içeren görevleri ortaya çıkarmaktır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada; üretim aşamalarının (görevlerinin) ve vücut bölümlerinin risk değerlendirmeleri ayrı ayrı yapılmıştır. İlk olarak bütünleşik bir değerlendirme yapılabilmesi için bu dört yöntem AHP yöntemi ile önceliklendirilmiştir. AHP sürecinde anlaşılabilirlik, kullanılabilirlik, süre, girdi ve çıktı verileri olmak üzere beş kriter kullanılmıştır. Daha sonra işçilerin zorlandıkları görevler, bu görevlerde sıklıkla sergiledikleri çalışma duruşları belirlenmiş ve bu duruşların risk kategorileri REBA, OWAS, QEC ve MANTRA yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Son olarak, AHP yönteminden elde edilen öncelikler de kullanılarak bütünleşik bir sonuç elde edilmiştir. Bu sonuca göre, en riskli görevler tüp alt kısmını oluşturma ve küçük tüp asma görevleri iken, bu görevlerde en çok zorlanan vücut bölümleri ise bilek ve sırt bölümleridir. Öncelikli olarak bu görevler ve vücut bölümleri için iş ve iş istasyonları ergonomik açıdan düzenlenerek çalışma duruşları uygun hale getirilmelidir.

ANALYSIS OF WORKING POSTURES WITH ERGONOMIC RISK ASSESSMENT METHODS AND AHP METHOD: AN APPLICATION FOR HEAVY AND DANGEROUS WORKS

Keywords

Working postures,
Ergonomic Risk Assessment,
AHP

Abstract

The aim of this study is to identify tasks that involve risky work postures by using the ergonomic risk assessment methods such as REBA, OWAS, QEC, and MANTRA in a tube manufacturing plant which is regarded as heavy and dangerous workgroup. Different from other studies, in this study; the risk assessments of the production stages (tasks) and body parts were made, separately. Firstly, these four methods have been prioritized by the AHP method so that an integrated assessment could be carried out. Five criteria were used in the AHP process. They are intelligibility, availability, duration, input data and output data. Later, the duties of the workers and the duties which causes working hard were determined and the risk categories of these duties were evaluated with REBA, OWAS, QEC and MANTRA methods. Finally, obtained using the priorities obtained from the AHP method was used to get an integrated result. According to the results, the most risky tasks are identified as the creation of the lower part of the tube and the hanging of small tubes, while the most forced body parts in these tasks are the wrist and ridge. As a priority, these work and work stations should be arranged for these tasks and body parts in an ergonomic manner and the working postures should be adjusted, accordingly.

Alıntı / Cite

Delice, E., Ayık İ., Abidinoğlu Ö.N., Çiftçi N. N., Sezer Y. (2018). Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri ve AHP yöntemi Çalışma Duruşlarının Analizi: Ağır Ve Tehlikeli İşler için Bir Uygulama, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(ÖS: Ergonomi2017), 112-124

* İlgili yazar / Corresponding author: elif.kdelice@atauni.edu.tr, +90-442-231-6009

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
Elif Kılıç Delice, 0000-0002-3051-0496	Başvuru Tarihi / Submission Date 10.12.2017
İlknur Ayık: 0000-0002-7552-1586	Revizyon Tarihi / Revision Date 11.06.2018
Öykü Nur Abidinoglu: 0000-0001-5927-6077	Kabul Tarihi / Accepted Date 17.07.2018
Nisa Nur Çiftçi: 0000-0002-7098-5306	Yayın Tarihi / Published Date 24.12.2018
Yasin Sezer: 0000-0003-2145-6464	

1. Giriş

İşe bağlı kas iskelet hastalıkları (İKİH), özellikle endüstrileşmiş ülkelerde en yaygın sağlık sorunlarından biridir. İKİH verimlilikte azalmaya, iş günü kayıplarında ve tazminat ödemelerinde artışa neden olarak ülke ekonomilerini olumsuz yönde etkilemektedir. Hem işletme hem de çalışan açısından bakıldığında, maddi ve manevi kayıpların oluştuğu görülmektedir (Erciş vd. 2014). İKİH verimlilikte ve kalitede azalmalara maliyette ise artışlara neden olmaktadır (Akay vd. 2003).

Uygun ve doğru olmayan vücut duruşlarının sürekli tekrarlanması neticesinde İKİH ortaya çıkmaktadır. Erciş vd. 2014). Uygun olmayan çalışma duruşu, vücut eklemlerinin çalışma için en güvenli ve rahat duruş olan normal duruşdan anlamlı düzeyde sapmasıdır. Bu duruşdan sapmalar, çalışmada yorgunluğa ve ağrıya neden olmakta birlikte çalışana iş yapmaya ara vermek zorunda bırakmaktadır. (Akay vd. 2003).

İKİH kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, bağ dokularda, birleşme noktalarında ve disklerde meydana gelen yaralanma ve bozukluklar sonucu oluşan hastalıklardır (Akay vd. 2003). Bu hastalıklar eğilme, tutma, bükme ve uzanma gibi sıradan insan hareketleri nedeniyle oluşmaktadır. Bu hareketler günlük yaşam içerisinde yapıldıklarında zararlı olmamakla birlikte, iş yaşamındaki sürekli tekrar edildiklerinde, güç gerektirdiklerinde ve hızlı yapıldıklarında zararlı hale gelmektedirler. İKİH, ayrıca, statik çalışma pozisyonları, sıcaklık derecesi düşük ortamlarda çalışma, aşırı iş yükü, titreşim, sıkışma, çalışma ortamının ergonomik prensiplere göre tasarlanmaması gibi risk faktörleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte kayma ve düşme gibi kazalardan dolayı oluşan rahatsızlıkları kapsamamaktadır (Özel ve Çetlik, 2010).

İKİH anında değil zaman içerisinde gelişen hastalıklardır ve üst vücut bölgesi hastalıkları yani boyun, omuz, dirsek, el ve el bileği ile bel hastalıkları olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Bununla birlikte, kayıtlara geçmiş olan yaralanmaların

çoğunluğu sırt, omuz ve boyun gibi üst vücut bölümlerine üzerinde yoğunlaşmıştır ve bu nedenle Ergonomik analizler çoğunlukla bu bölgeler üzerinde yapılmaktadır (Özel ve Çetlik, 2010). İKİH'nin ortaya çıkmasını önleyebilmenin en önemli yolu ise ergonomik tehlikelerin belirlenmesi için ergonomik risk değerlendirmesi yapılmasıdır. Ergonomik düzenlemelerin nasıl ve hangi yerlerde yapılacağı, ergonomik risk değerlendirmeleri sonucu belirlenmelidir. Çalışma koşulları, yöntemleri veya ortamları bir anda ergonomik açıdan düzenlenemez. Ergonomik risk değerlendirme sonucunda hangi alanda hangi sırada iyileştirmeler yapılacağı ortaya çıkmaktadır (Çoşkun vd. 2015).

Literatürde ergonomik riskleri değerlendirmek için birbirinden farklı özellikte pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler, çalışırken işçinin duruşunu değerlendirmek ya da yaptığı işin unsurlarını ele almak üzere tasarlanmıştır. Ergonomik riskler değerlendirilirken işe uygun yöntemlerin seçilmesine dikkat edilmelidir. (Karabacak 2012).

Bu çalışmada ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi), OWAS (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi), ManTRA (Elle Yapılan Görevler için Risk Değerlendirme Aracı) ve QEC (Hızlı Maruziyet Değerlendirme) yöntemleri kullanılmıştır. Uygun olmayan çalışma duruşlarından kaynaklanan riskin belirlenmesi için bu yöntemlerden elde edilen risk skorları Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kapsamında iki farklı hiyerarşik yapı kullanılarak birleştirilmiştir. Böylece hem görevlere ait risk öncelikleri hem de vücut bölümlerine ait risk öncelikleri belirlenerek risk azaltıcı çözümler sunulmaya çalışılmıştır.

Çeşitli risk değerlendirme yöntemlerini içinde bulundurması nedeniyle bu çalışma; ergonomik risk değerlendirme bakımından kapsamlı bir çalışmadır. Ayrıca, risk değerlendirme yöntemlerinin bir ÇKKV yöntemi ile birlikte kullanılması ile ergonomik risk değerlendirme çalışmalarına katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Bu şekilde ergonomik risk

değerlendirme yöntemlerinin sonuçları ayrı ayrı değil de bir bütün olarak değerlendirilip daha ayrıntılı, daha etkin sonuçların elde edilmesi sağlanacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taraması, üçüncü bölümde bu çalışmada kullanılan ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ve AHP yöntemi, dördüncü bölümde bir tüp fabrikasında yapılan uygulama, beşinci bölümde ise sonuç ve tartışmalar yer almıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Son yıllarda çalışma duruşları ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Çeşitli sektörlerde farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin birlikte kullanıldığı veya birbirleriyle karşılaştırıldığı çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Tablo 1 de son yıllarda bu çalışmada yer alan yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları verilmiştir. Bu çalışmalar içerisinde Kahraman (2012) ve Can vd. (2017) de ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ergonomik risk değerlendirme yöntemleri söz konusu iki çalışmadan daha farklı bir biçimde bir ÇKKV yöntemi olan AHP ile birlikte kullanılmıştır.

Tablo 1. Literatür Tablosu

Yazar	Kullanılan Yöntemler	Uygulama Alanı
Kahraman (2012)	REBA, RULA, SI, AHP	Mermer işletmesi
Chiasson vd. (2012)	QEC, HAL, JSI, OCRA, RULA, REBA	Farklı iş sektörlerinde iş istasyonlarının değerlendirilmesi
Ülker ve Burdurlu (2012)	OWAS	Mobilya işletmesi
Liu (2014)	KIM, NIOSH, OWAS, LUBA, OCRA, SI, ULRA, REBA, RULA	Kas-iskelet sistemi yük analizi
Bulduk vd.(2014)	QEC	Taksi şoförleri

Mert (2014)	OWAS, PLIBEL, REBA, QEC ve ManTRA	Çanta imalat Atölyesi
Kara vd. (2014)	REBA	Montaj hattı
Atıcı vd. (2015)	REBA	Otomotiv sektöründe kablo üretimi
Duran ve Yeşilova (2015)	NIOSH, REBA, RULA ve QEC	Manuel yükleme için ergonomik düzenleme
Bartnicka (2015)	OWAS, REBA, RULA, NIOSH	Ortopedi ve Travma ameliyatları
Basahel (2015)	RULA, kişisel ağrı raporu diyagramı, Heart Rate	Depo çalışanları
Moosavia vd. (2015)	RULA	Diş hekimleri
Mork ve Choi (2015)	REBA, BodyMap	Kimya laboratuvarı
Ayan (2015)	REBA, MURI, ACGIH HAL TLV, NIOSH Malzeme Taşıma	Otomotiv sektöründe montaj hattı
Karabacak (2016)	RULA, CORNELL	Diş hekimleri
Felekoğlu ve Taşan (2017)	REBA, Proaktif ergonomik risk değerlendirme	Metal sektörü
Can vd. (2017)	REBA, SWARA ve WASPAS	Pim imalatı

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Bu çalışmada ilk olarak işçiler ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA, OWAS, MantRA ve QEC yöntemleri kullanılarak gözlemlenmiştir. Tablo 2'ye bakıldığında, her bir yöntemde

değerlendirme sonucu elde edilen risk skorlarında farklılık olduğu anlaşılmaktadır. Risk skorlarındaki bu farklılıklardan bütünleşik bir sonucun elde edilmesi için iki farklı hiyerarşik yapı kurularak AHP yöntemi uygulanmıştır.

Tablo 2. Yöntemlerin risk kategorileri

	Kullanım amacı	Risk skor sınıfları
R	Hem sabit hem hareketli tüm vücut aktiviteleri için hızlı postür analizi	1=Eylem gerekli değil 2-3= Düşük risk, eylem gerekebilir 4-7=Orta risk, eylem gerekli 8-10= Yüksek risk, kısa zamanda eyleme gerek var +11= Çok yüksek risk, eylem hemen gerekli
Q	Tüm vücut aktivitelerini hızlı değerlendirme	1=Doğal duruş, eylem gerekli değil 2= Kısmen zararlı duruş, düzeltici eyleme gerek var 3=Zararlı duruş, en kısa zamanda düzeltici eyleme gerek var 4= Ciddi zararlı duruş, düzeltici eylemlere acilen gerek var
O	Elle kaldırma görevleri için	1=Kabul edilebilir risk 2=Daha fazla incelenmeli 3=Kısa zamanda değişiklik yapılmalı 4=Derhal değişiklik yapılmalı
M	Manuel Görevler Risk Değerlendirmesi	0= Eylem önceliği yok 1=Eylem önceliği var
R: REBA, Q: QEC, O: OWAS, M: ManTRA,		

3.2. Analitik Hiyerarşik Prosesi

AHP, karar verme sürecinde nitel ve nicel faktörleri birlikte ele almayı sağlayan bir ÇKKV yöntemidir. AHP'de ilk aşama olarak her sorun için amaç, faktör,

alt faktörler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı kurulur. Skala değer olarak 1–9 ölçeği geliştirilerek hiyerarşik yapı içerisinde aynı düzeydeki öğelerin birbirleriyle karşılaştırmasında kullanılmıştır. AHP yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Saaty 1977):

- 1.Amaç, kriter ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapının kurulması
2. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması
- 3.Karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranının hesaplanması
4. Önceliklerin hesaplanması

Karşılaştırma matrislerinin özdeğer ve özvektörleri öncelik sıralarını belirlemek için kullanılır. En büyük özdeğere (λ_{max}) karşılık gelen özvektör öncelikleri belirlemektedir. Bununla birlikte ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadığını belirlemek için, her bir matrisin Tutarlılık Oranı Tutarlılık İndeksi (T.İ) ve Rastgele İndeks (Rİ) kullanılarak eşitlik 2'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Tutarlılık Oranı hesaplanırken n alternatif sayısına bağlı olarak Rİ sayıları kullanılır (Kahraman, 2012).

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{T.\dot{I}}{R.\dot{I}} \quad (2)$$

$$T.\dot{I} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad [3]$$

4. Araştırma Bulguları

Bu çalışma, Erzurum da bulunan bir tüp üretim tesisinde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, işçilerin zorlandıklarını belirttikleri görevler, bu görevlerin yerine getirilmesi sırasında ortaya çıkan çalışma duruşları belirlenmiştir. Daha sonra, özellikle sıklıkla karşılaşılan ve görevler sırasında zorlanmalara neden olan çalışma duruşları değerlendirilmiştir. Uygulama iki bölümden oluşmaktadır: Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanması ve AHP yöntemi ile görev ve vücut bölümlerinin risk bakımından önceliklendirilmesi.

4.1. Çalışma duruşlarının risk skorlarının belirlenmesi

İşçilerin yerine getirdikleri görevler ve çalışma duruşları uzun süre incelenmiş ve bu incelemeler

sırasında video kamera ve fotoğraf makinesi ile kayıt altına alınmıştır. Daha sonra kayıtlar incelenerek sıklıkla karşılaşılan ve zorluk çekilen duruşlar için REBA(R), OWAS(O), QEC(Q) ve ManTRA(M) yöntemleri kullanılarak bu duruşların skorları yani risk kodlamaları yapılmıştır. Söz konusu görevler ve her bir görevce karşılaşılan duruşlar şu şekildedir:

Birinci görev (G₁): Tüpün alt kısmını oluşturma işlemi için üç duruş değerlendirilmiştir (Tablo 3 ve Şekil 1).



Şekil 1. G₁ için belirlenen duruşlar

Tablo 3. G₁ için belirlenen duruşların risk skorları

	Çalışma Duruşları	R	Q	O	M
G ₁	(1) Sacı alma	1	2	2	0
	(2) Sac işleme	2	1	2	0
	(3) Biten sacı kenara koyma	2	2	2	0
Ortalama		2	2	2	0

İkinci görev (G₂): Küçük tüp toz altı kaynağı için üç duruş değerlendirilmiştir (Tablo 4 ve Şekil 2).



Şekil 2. G₂ için belirlenen duruşlar

Tablo 4. G₂ için belirlenen duruşların risk skorları

	Çalışma Duruşları	R	Q	O	M
G ₂	(4) Tüp alma	1	1	1	0
	(5) Kaynak yapma	1	1	2	0
	(6) Tüpü banda yerleştirme	1	1	1	0
Ortalama		1	1	1	0

Üçüncü görev (G₃): Küçük plaka kesme işlemi bir duruş için değerlendirilmiştir (Tablo 5 ve Şekil 3).

**Şekil 3.** G₃ için belirlenen duruşlar**Tablo 5.** G₄ için belirlenen duruşların risk skorları

	Çalışma Duruşları	R	Q	O	M
G ₃	(7) Plaka kesme işlemi	1	1	1	0
Ortalama		1	1	1	0

Dördüncü görev (G₄): Hidrostatik test işlemi 6 duruş için değerlendirilmiştir (Tablo 6 ve Şekil 4-5).

Tablo 6. G₄ için belirlenen duruşların risk skorları

	Çalışma Duruşları	R	Q	O	M
G ₄	(8) Tüp alıp kavrama	1	2	2	0
	(9) Tüpü yerleştirme	2	2	1	0
	(10) Pistonları indirme	1	1	1	0
	(11) Pistonları kaldırma	1	1	1	0
	(12) Tüpü kenara yerleştirme	1	1	1	0
	(13) Bantlardan düşen tüpü almak	3	3	3	0
	(14) Farklı banda tüpü yerleştirmek	2	1	3	0
	Ortalama		2	2	1

Beşinci görev (G₅): Son bölümde küçük tüp asma işlemi dört duruş için incelenmiştir (Tablo 7 ve Şekil 6).



Şekil 4. G₄ için belirlenen 8.-10. duruşlar

Tablo 7. G₅ için belirlenen duruşların risk skorları

	Çalışma Duruşları	R	Q	O	M
G ₅	(15) Üst tüpü alma	1	2	1	1
	(16) Orta tüpü alma	2	2	1	1
	(17) Alt tüpü alma	2	3	2	1
	(18) Tüpü asma	1	1	2	1
Ortalama		2	2	2	1



Şekil 5. G₄ için belirlenen 11.-14. duruşlar

Altınca görev(G₆): Asılı tüpleri alma işlemi sekiz duruş için değerlendirilmiştir (Tablo 8 ve Şekil 7-8).

Tablo 8. G₆ için belirlenen duruşların risk skorları

	Çalışma Duruşları	R	Q	O	M
G6	(19) Tüpü askıdan alma	1	1	2	1
	(20) 1. Tüpü yere koyma	2	4	3	1
	(21) 2. Tüpü yere koyma	2	2	3	1
	(22) 3. Tüpü yere koyma	1	2	2	1
	(23) 4. Tüpü yere koyma	1	2	2	1
	(24) 5. Tüpü yere koyma	1	1	2	1
	(25) 6. Tüpü yere koyma	1	1	1	1
	(26) Taşıma	1	2	1	1
Ortalama		1	2	2	1



Şekil 6. G₅ için belirlenen duruşlar



Şekil 7. G₆ için belirlenen 19.-22. Duruşlar



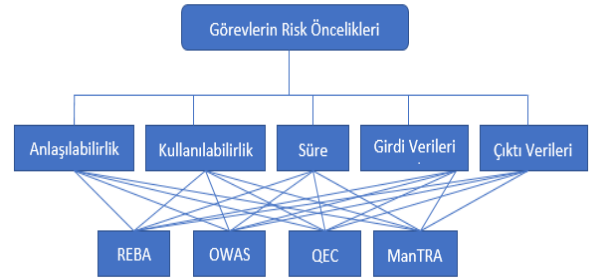
Şekil 8. G₆ için belirlenen 23.-26. Duruşlar

4.2. Görev ve vücut bölümlerinin risk önceliklerinin belirlenmesi

Çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile risk skorlarının belirlenmesinden sonra görevlerin ve vücut bölümlerinin risk öncelikleri belirlenmiştir. Bunun için Anlaşılabilirlik, Kullanılabilirlik, Süre, Girdi Verileri, Çıktı Verileri olmak üzere beş değerlendirme kriteri ve iki farklı hiyerarşik yapı tanımlanmış ve bu hiyerarşik yapılar kullanılarak görev ve vücut bölümlerinin AHP yöntemi ile risk öncelikleri belirlenmiştir. İlk hiyerarşik yapı görev önceliklerinin belirlenmesi için oluşturulmuştur. Bu hiyerarşik yapı dört risk değerlendirme yöntemini de içermektedir. Ancak vücut bölümleri için oluşturulan hiyerarşik yapıda ManTRA yöntemi bulunmamaktadır. Çünkü ManTRA yönteminde herhangi bir vücut uzvu skorlanmadığından vücut bölümlerinin önceliklendirmesinde bir katkı sağlamayacaktır.

Görev önceliklerinin belirlenmesinde, ilk olarak beş değerlendirme kriteri açısından risk değerlendirme yöntemleri için ikili karşılaştırma matrisleri

oluşturulmuştur. Beş karar verici tarafından oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin birleştirilmesinden sonra öncelik vektörü hesaplanmıştır. Öncelik vektörü kullanılarak her bir matris için tutarlılık oranı hesaplanarak matrislerin tutarlı olduğu belirlenmiştir. Hesaplamaların sonucunda, REBA, OWAS, QEC ve ManTRA yöntemlerinin öncelikleri 0.360, 0.347, 0.147 ve 0.146 olarak bulunmuştur. Daha sonra, görev önceliklerinin belirlenmesi için her bir görevin ortalama risk kodları ile yöntemlerin öncelikleri çarpılmıştır (Şekil 9 ve Tablo 9).



Şekil 9. Görev risk önceliklerini belirlemek için kurulan hiyerarşik yapı

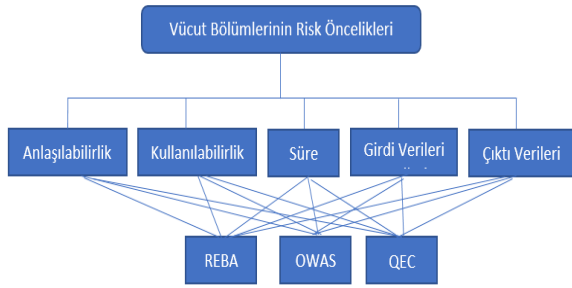
Tablo 9. Görevlerin risk öncelikleri

	R	Q	O	M	A	N.A.
G ₁	2	2	2	0	1.708	0.205
G ₂	1	1	1	0	0.854	0.103
G ₃	1	1	1	0	0.854	0.103
G ₄	2	2	1	0	1.561	0.188
G ₅	2	2	2	1	1.854	0.223
G ₆	1	2	2	1	1.494	0.179

A: Görev ağırlığı, N.A.: Normalize edilmiş ağırlık

Tablo 9'a bakıldığında en riskli görev beşinci görev olarak belirlenmiştir. Çünkü, Görev 5'de İşçi her defasında sürekli olarak belden eğilme hareketi yaparak iki tüpü yerden alıp kancalara asmaktadır. Hem duruş hem de iki tüpün oluşturduğu yük açısından belde ve bilekte fazla derecede zorlanma olmaktadır.

Uygulama bölümünde ikinci hiyerarşik yapı vücut bölümlerinin önceliklerinin belirlenmesi için kurulmuştur (Şekil 10). ManTRA yönteminde herhangi bir vücut bölümü skorlanmadığından dolayı REBA, OWAS ve QEC için öncelikler belirlenmiştir. Hesaplamaların sonucunda, REBA, OWAS ve QEC yöntemlerinin öncelikleri 0.384, 0.445 ve 0.171 olarak bulunmuştur. Daha sonra bu öncelikler ile her bir görev için vücut bölümlerinin skorları çarpılıp toplandıktan sonra toplam ağırlık değeri bulunmuştur. Bu toplam ağırlık değerinin kullanılması ile normalize edilmiş ağırlık (N.A.) değerleri yani vücut bölümlerinin öncelikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu öncelikler Tablo 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Vücut bölümlerinin risk önceliklerini belirlemek için kurulan hiyerarşik yapı

Tablo 10. Vücut Bölümlerinin Risk Öncelikleri

		R	Q	O	A	N.A.
G₁	B₁	1,67	-	2,67	1,83	0,21
	B₂	2,00	1,67	2,00	1,94	0,22
	B₃	1,00	2,00	2,00	1,62	0,19
	B₄	1,34	1,00	1,00	1,13	0,13
	B₅	1,00	-	4,00	2,16	0,25
G₂	B₁	1,67	-	2,33	1,68	0,20
	B₂	1,00	1,00	1,00	1,00	0,12
	B₃	1,00	2,00	2,00	1,62	0,19
	B₄	1,67	1,00	2,00	1,70	0,21
	B₅	1,33	-	4,00	2,29	0,28
G₃	B₁	1,00	-	2,00	1,27	0,15

G₄	B₂	2,00	2,00	2,00	2,00	0,23
	B₃	1,00	1,00	2,00	1,45	0,17
	B₄	2,00	1,00	2,00	1,83	0,21
	B₅	1,00	-	4,00	2,16	0,25
G₄	B₁	1,57	-	2,33	1,64	0,17
	B₂	1,57	1,43	1,57	1,55	0,16
	B₃	1,29	3,00	2,00	1,90	0,20
	B₄	2,21	1,43	2,71	2,30	0,24
	B₅	1,14	-	4,00	2,22	0,23
G₅	B₁	1,00	-	2,00	1,27	0,13
	B₂	3,00	1,75	3,00	2,79	0,28
	B₃	1,00	2,50	2,00	1,70	0,17
	B₄	2,00	1,00	2,25	1,94	0,20
	B₅	1,00	-	4,00	2,16	0,22
G₆	B₁	1,00	-	2,00	1,27	0,15
	B₂	1,75	2,13	1,88	1,87	0,22
	B₃	1,38	2,88	2,00	1,91	0,22
	B₄	1,44	1,00	1,13	1,23	0,14
	B₅	1,13	-	4,13	2,27	0,27

B₁: Boyun **B₂**: Gövde **B₃**: Bacak **B₄**: Kol **B₅**: Bilek

A: Görev ağırlığı **NA**: Normalize edilmiş ağırlık

G₁'de tüpün alt kısmını oluştururken çalışma duruşu nedeniyle ağırlıklı olarak bilek ve gövde bölgeleri zorlanmaktadır. Çünkü gövde-sırt sürekli olarak eğilmekte ve bilekler çeşitli açılarda bükülerek saç parça kesilmektedir. Bu sırada hem bilekler hem gövde nötral duruşlarından sapmaktadır. Bu bölgeler Tablo 10'da sırasıyla 0,25 ve 0,22 değerlerini almışlar ve böylece en riskli vücut bölümleri oldukları bir kez daha belirlenmiştir. Saç levhanın ağırlığı fazla olmadığından bacak ve kol bölgelerinde zorlanma fazla olmamaktadır.

G₂'de tüpü alma ve kaynak yapma işlemlerini oturarak yapmaktadır. Oturarak tüpleri alırken bileklerini

bükmektedir. Ayrıca ağır olan tüpleri alırken kol desteği olmadığından kollarda zorlanma meydana gelmektedir. Üste üste yığılmış tüpleri alırken çoğu zaman kollar omuz hizasının üzerinde çalıştırılmaktadır. Bu nedenlerle bu görev de belirlenen çalışma duruşları sırasında en çok bilek ve kol zorlanmakta ve bu durum Tablo 10'da yer alan sonuçlar ile uyumaktadır.

G3'de bilek zorlanması hem çalışma duruşunun gözlenmesi ile hem de AHP yöntemi sonucunda diğer vücut bölümlerine göre daha fazla çıkmıştır. İşçi sürekli olarak bileği ile plakayı çeşitli açılardan tutarak plaka kesme işlemini gerçekleştirmektedir.

G4'de tüpün kavranması, taşınması, pistonların indirilip ve kaldırılması gibi işlemler kol gücü gerektiren ve kolun aktif olarak kullanıldığı işlemlerdir. Dolayısıyla bu işlemleri gerçekleştirirken sergilenen çalışma duruşlarında en çok kol bölgesi zorlanacaktır. Yani tabloda bulunan sonuçlar ile gözlemlenen sonuçlar birbiri ile tutarlıdır.

G5'de en çok zorlanan vücut bölümü AHP hesaplaması sonucu gövde (0,28), bilek (0,22) ve kol (0,20) olarak çıkmıştır. Sürekli işçinin belden eğilerek tüpü yerden alıp asma hareketi sırasında gövde, sırt bölümlerinde, kol bölgesinde ve asma hareketi sırasında bileğin bükülmesi nedeniyle bilek bölgesinde zorlanma olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlem sonuçları AHP sonuçları ile desteklenmiştir.

G6'da ise; çalışma duruşu sırasında en çok zorlanılan bölge bilek olarak belirlenmiştir. Her seferinde tüpleri askıdan alıp yere koyma sırasında bileklerin çeşitli açılarda bükülmesi nedeniyle bileklerdeki zorlanma diğer vücut bölümlerine göre daha fazla olmaktadır.

Sonuç olarak hem Tablo 9'da gösterilen görevlerin risk önceliklerinin hem de Tablo 10'da gösterilen vücut bölümlerinin risk önceliklerinin birlikte değerlendirilmesi ile hangi görevde hangi vücut bölümü için ilk olarak ergonomik iyileştirme yapılması gerektiği belirlenmiştir.

5. Sonuç ve Tartışma

İşyerinin çalışma koşullarının ve çevresinin ergonomik açıdan uygun olmayışı hem işçilerin işe bağlı sağlık sorunları yaşamalarına hem de işverenin tazminat ve tedavi masraflarını ödemelerine neden olabilir. Bu nedenle ergonomik düzenlemelerin yapılması hem çalışan hem de işveren bakımından oldukça yararlı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Bununla birlikte, ergonomik düzenleme çalışmaları içerisinde çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirmeleri sıklıkla yapılmakta olan önemli değerlendirmelerdir.

Bu çalışmada REBA, OWAS, QEC ve MANTRA yöntemleri kullanılarak elde edilen ergonomik risk değerleri bir ÇKKV yöntemi olan AHP yöntemi kullanılarak bütünlük bir risk değerlendirmesine dönüştürülmüştür. Hangi görevde hangi vücut bölümü için öncelikli olarak ergonomik açıdan tedbirler alınması gerektiği ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarılmıştır. Böylece, risk önceliklerine göre çalışma görevleri ve vücut bölümleri için iyileştirme çalışmaları başlatılabilir.

Bu çalışma sonucunda en riskli görev G5 ve zorlanma derecelerine göre sırasıyla bilek, gövde ve kol en riskli vücut bölümleri olarak belirlenmiştir. G5 görevinde taşınan tüpün ağırlığı 12 kg'dır ve NIOSH değerlerine göre çalışanların 23 kg kadar gün içerisinde sıklıkla kaldırma ve taşıma hareketlerini yapmaları antropometrik açıdan ciddi boyutta bir risk oluşturmamaktadır. Bununla birlikte, işçinin tüpleri uygun olmayan duruşlarda kaldırılması, kaldırma ve taşıma faaliyetlerinin sıklıkla yapılması, uzanma mesafelerinin fazla olması ve sık sık tekrarlanması gibi faktörler çalışan üzerinde zorlanmalara neden olmaktadır. Bu zorlanmaların giderilmesi için ilk olarak G5'de işçinin eğilmesi önlemeli ve bunun için yüksekliği ayarlanabilir bir paletin üzerine tüpler sıralanarak işçinin yer yerine paletten tüpleri alması sağlanmalıdır. Paletin asma yerine yakınlaştırılması ile hem yükün uzun süre taşınması hem de her defasında işçinin fazla yürümesi engellenmelidir. Tüpleri asma yüksekliğinin de omuz hizasından daha yüksekte olmaması sağlanarak hem kolların zorlanması azaltılmalı hem de uzanma mesafesi kısaltılmalıdır. Bu düzenlemelerin yansın Elle Taşıma İşleri yönetmeliği gereğince uygun elle taşıma pozisyonlarını içeren eğitimlerin de verilmesi ile bilek, gövde ve kol bölgelerinin zorlanma seviyelerinde ciddi azalma sağlayacaktır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar dikkate alınarak en riskli görevler ve vücut duruşları için sırasıyla önlemler alınmalı, gerekli ergonomik iş istasyonu düzenlemeleri yapılmalıdır. Ayrıca, işçilerin rotasyonu ile farklı görevlerde çalışmaları sağlanarak iş yükü ve zorlanma farklı vücut bölümlerine dağıtılmalıdır. Diğer görevler de çalışanlara bilinçlendirme aşamasında elle taşıma işleri için eğitimlerin verilmesi ergonomik bir düzenleme

öncesinde çalışan için işlemin basitleştirilmesini sağlayabilir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı işlere ve görevlere uygun ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılması ve bu yöntemlerin diğer ÇKKV yöntemleri ile hibritlenmesiyle daha etkin sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca ACGIH TLV, NIOSH kaldırma eşitliği, Snook Tabloları, MAC gibi elle taşıma işine özel kullanılan risk değerlendirme yöntemleri ile ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanılması ile elle taşımanın sıklıkla yapıldığı sektörlerde daha kapsamlı araştırmalar gerçekleştirilebilir.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M., 2003. Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(3), 73-84.

Atıcı H., Gönen D., Oral A., 2015. Ergonomic Analysis Of Postures Causing Strain On Employes With REBA Method, 3(3), 239-244.

Ayan B., 2015. Montaj hattında ergonomik risk unsurlarının incelenmesi: otomotiv sektörüne yönelik bir uygulama. Yayınlanmış Uzmanlık Tezi. İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

Bartnicka, J., 2015. Knowledge-based ergonomic assessment of working conditions in surgical ward - A case study. Safety Science, 71, 178-188.

Basahel, A. M., 2015. Investigation of work-related musculoskeletal disorders (MSDs) in warehouse workers in Saudi Arabia. Procedia Manufacturing, 3, 4643-4649.

Bulduk, E. Ö., Bulduk, S., Süren, T. ve Ovalı, F., 2014. Assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders using Quick Exposure Check (QEC) in taxi drivers. International Journal of Industrial Ergonomics, 44 (6), 817-820.

Can G.F., Delice, E.K., Özçakmak B, C., 2017. Selection Of Seating Arrangement By Using Multi Criteria Decision Making Approach. Journal of Engineering Sciences and Design, 5, 213-225,

Çoşkun B., Sağıroğlu H., Erginel N., 2015. Defining The Ergonomic Risk Of Work Stations via NIOSH Method. Journal of Engineering Sciences and Design, 3(3), 1308-6693.

Chiasson, M. E., Imbeau, D., Aubry, K. ve Delisle, A., 2012, Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, 42 (5), 478-488.

Duran F.M. and Yeşilova T., 2015. An Ergonomic Improvement at a Manually Loading Station. Journal of Engineering Sciences and Design, 3(3), 507-510.

Eriş, H. Can, G.F., Fırlalı, N., 2014. Çalışma Duruşu Ve Kas-iskelet Sistemi Rahatsızlıkları. <https://www.isgturkiye.com/konu/calisma-durusu-ve-kas-iskelet-sistemi-rahatsizliklari.1555/2014>

Felekoğlu, S., Taşan, Ö., 2017. Ergonomic risk assessment for work-related musculoskeletal disorders: A systematic reactive / proactive integrated approach. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 32(3), 777-793

Kahraman M. 2012. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri İle Önceliklendirilmesi ve Bütünleşik Bir Model Önerisi, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.

Karabacak, N., 2016. Diş hekimlerinin çalışma duruşlarının ergonomik analizi, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya

Kara Y., Atasagun Y., Peker A., 2014. Montaj hatlarında çalışma duruşlarının reba yöntemi ile analizi ve ergonomik risk değerlendirmesi. 7. Uluslararası İş Sağlığı Ve Güvenliği Konferansı, İstanbul-Türkiye, 5-7 Mayıs.

Liu, D. R., 2014. Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. Applied Ergonomics, 45 (3), 420-427.

Mert E.A., 2014. Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir çanta

imalat atölyesinde uygulanması. Yayınlanmış Uzmanlık Tezi, İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

Moosavia, S., Desai, R., Hallajb, S., Sundaramb, K. K. ve Hegde, V. S., 2015, Ergonomic analysis to study the intensity of MSDs among practicing Indian dentists. *Procedia Manufacturing*, 3, 5419-5426.

Mork, M. A. ve Choi, S. D., 2015. An ergonomic assessment of sample preparation job tasks in a chemical laboratory. *Journal of Chemical Health and Safety*, 22 (4), 23-32.

Özel, E., Çetik, O., 2010. Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar ve Bir Uygulama Örneği. *Dumlupınar üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22:41-56.

Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in a hierarchichal structure. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281.

Sarıkaya C., 2014. Elle taşıma işlerinde risklerin değerlendirilmesi ve sektöre uygulanması, Yayınlanmış Uzmanlık Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ülker, O. ve Burdurlu, E., 2012. Panel mobilya imalatında kullanılan bazı makinelerde OWAS yöntemi ile eylemsel duruş analizi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2), 291-300.