

Bir Kaynak Operatörünün Çalışma Maruziyetinin QEC Tekniği ile Değerlendirilmesi

Bekir GÜNEY^{1*}, Mehmet Akif ERDEN²

¹Karamanoğlu Mehmetbey University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Motor Vehicles and Transportation Technology, Automotive Technology Program, Karaman, Turkey

ORCID: 0000-0001-9764-9313

²Karabük University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Karabük, Turkey

ORCID: 0000-0003-1081-4713

*(guneyb03@hotmail.com)

Özet – Yapılan ergonomi çalışmalarının birçoğu incelendiğinde, işçi popülasyonları, endüstriyel ortamlar, kaynak teknikleri, çalışma süresi ve iş yeri çevresi gibi mesleki maruziyetler arasındaki farklılıklar nedeniyle, kaynak operatörlerinin duruşlarını değerlendirmek oldukça zordur. Kaynak, endüstriyel alanda, metal ve alaşımlarının birleştirilmesinde en çok tercih edilen bir imalat yöntemidir. Kaynaklı imalat esnasında kaynak operatörleri birçok mesleki tehlike ile karşı karşıya gelmektedir. Dünya çapında milyonlarca işçi günlük olarak zorlu kaynak duruşlarında çeşitli insan sağlığı ve iş güvenliği risklerine muhatap olmaktadır. Aktif kaynak uygulamaları yapılan işyerlerinde, çalışanların tekrar eden zorlu uygunsuz hareketlere maruz kalması kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, QEC indeksi ile yapılan çalışan postürü analizinde operatörlerin kas-iskelet rahatsızlıklarına maruz kaldığı bulunmuştur. Yapılan analizde en yaygın çalışılan kaynak pozisyonunda işlem yapan operatörün skorları bel için 46 puan çok yüksek, omuz/kol için 44 puan çok yüksek, boyun için 16 puan çok yüksek ve el/bilekler için ise 36 puan yüksek olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, diğer faktörlerden olan araç kullanma skoru 1 puan düşük riskli, titreşim skoru 4 puan orta riskli, iş temposu skoru 9 puan yüksek riskli ve stres skoru 16 puan yüksek riskli olarak tespit edilmiştir. Bu skorlara göre, çalışan yüksek riskli çalışma hareketlerine maruz kaldığından “Ergonomik düzenleme en erken zamanda yapılmalıdır” önerisi sunulmuştur. Bu nedenle, uygunsuz çalışma duruşlarına maruz kalmanın sağlık üzerindeki olası olumsuz etkilerinin anlaşılması, risk değerlendirmesi ve önleme stratejilerinin geliştirilmesi için gereklidir ve geniş bir çalışan kitlesini etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler – Kaynak Duruşu, Ergonomi, QEC İndeksi, İnsan Sağlığı ve İş Güvenliği

I. GİRİŞ

Çalışanların iş ortamının iş güvenliği ve insan sağlığı açısından yetersiz donanımına sahip olması ergonomik problemleri de beraberinde getirmektedir [1]. Buda çalışanlar ve işletmeleri, iş kazası ve meslek hastalıkları şeklinde meydana birçok maddi ve manevi zararlara uğramaktadır [2, 3]. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, dünyanın genelinde ortalama 1.71 milyar kişinin kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (WMSDs) ile mücadele ettiği ve bu oranın giderek artmasının tahmin edildiği belirtilmektedir [4]. Sinirler, kaslar, kemikler, bağlar, tendonlar, kıkırdak veya eklemler gibi vücut yapılarına WMSD'ler tarafından zarar verildiğinden, maruz kalan çalışanların hayat kalitesi düşmekte ve verimlilikleri azalmaktadır [5, 6]. WMSD'ler, maruz kalan uzuvlarda peyderpey oluştuğu için zamanla ortaya çıkar [7, 8], ancak tipik olarak düşme, takılma veya kayma şeklindeki doğrudan olay veya kazaya bağlı olmayan plansız ve ani olaylar bu kapsamda değerlendirilmez [9, 10]. WMSD'lere çok farklı iş kollarında farklı şekil ve derecelerde meydana gelebilir [11, 12]. Bu nedenle, son zamanlarda WMSD'leri önleme, politika yapıcılar, işletme sahipleri, uygulayıcılar ve araştırmacılar tarafından önem verilen konuların başında gelmektedir.

Ergonomi, insan yorgunluğunu azaltabilmek ve verimliliği artırabilmek için insanların kullandıkları araçları tasarlama ve sıralama ile ilgilenen, işe bağlı fiziki ve mental bozulmaları azaltarak çalışan kişilerin sağlığını korumak ve güvenli şartlarda çalışmaya sağlayan biyoteknoloji veya insan mühendisliği bilimidir [13, 14]. Endüstriyel alanda iş operatörleri, tekrarlayan fiziksel çaba gerektiren görevleri yaparken sağlıkları için birçok riskli problemle karşılaşmak zorunda kalabilirler [15]. Bu riskli durumların ergonomik açıdan değerlendirilebilmesi için birçok yöntem ve teknik geliştirilmiştir. Bunlar arasında: gözlem araçları ile raporlama [16], doğrudan ölçümler (hareket yakalama sistemi kullanılarak gerçek verilerin toplandığı) ve giyilebilir sensörler kullanarak [17] ve sanal simülasyonlar (dijital insan modellerinin oluşturulduğu ve etkinliklerinin simüle edildiği) [18] teknikleri sayılabilir.

Bu nedenle, alanda faaliyet gösteren sorumlular çalışma şartlarını düzenleyen bir takım fiziki, ruhi ve sosyal tedbirler olarak oluşabilecek ergonomik riskleri yok etmeye çalışmaktadır. Kas-iskelet sistemindeki riskleri değerlendirmeye yönelik, çalışanların duruşlarına bağlı, iş yükleri, duruşlar, çalışma süresi ve görev yapma yöntemleri gibi çalışma şartlarının iyileştirilmesi amacıyla çeşitli değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir.

Giyilebilir sensörler kullanılarak yapılan doğrudan ölçümler gerçek iş yerlerinde etkin bir şekilde kullanılabilir. Atalet ölçüm birimlerinin (IMU) kullanımı, önceki çalışmalarda açıklandığı gibi [17, 19, 20], Hızlı Maruziyet indeksi (Quick Exposure Check - QEC) [21-23], mesleki tekrarlamalı hareketler indeksi (Occupational Repetitive Action-OCRA) [24, 25], hızlı tüm vücut analizi (REBA), hızlı üst limit analizi (RULA), duruş değerlendirme indeksi (PEI), iş hücresi değerlendirme indeksi (WEI), ovako çalışma postürü analiz sistemi (OWAS) gibi tipik ergonomik indekslerin değerlendirilmesine izin verir [26, 27]. Başka bir çalışmada da [28], yorgun kaslardaki önemli biyomekanik ve fizyolojik değişikliklerin değerlendirilmesinde yüzey elektromiyografisi (SEMG) sinyalleri kullanıldığı açıklanmıştır. Bu teknikler, tipik olarak tüm vücut postüral yüklerin değerlendirildiği endüstrilerde uygulanır [29].

QEC, 1998'de İngiltere'de Surrey Üniversitesinde, Li ve Buckle [30], hem statik hem de dinamik görevler için maruziyetteki değişikliği değerlendirmek amacıyla, farklı vücut bölgeleri için vücut duruşları, hareket tekrarı, kuvvet/yük ve görev süresi için maruz kalma düzeylerini, etkileşimleri için varsayılan bir puan tablosuyla tahmin edilerek geliştirilmiştir. Woods, David ve Buckle [21] 2003'de bu tekniği daha da geliştirmiştir. Epidemiyolojik çalışmalarda, işe bağlı kas iskelet hastalıkları (İKİH) üst ekstremiteler, omuz bel ve boyunda, alt ekstremiteye kıyasla çok fazla meydana geldiğinden gözleme dayalı risk analiz teknikleri bu bölgelerin değerlendirilmesinde daha yaygın tercih edilmiştir. Vücudun üst bölgelerindeki risk faktörlerini bir bütün olarak analiz edebilen sayısal tekniklerden biride QEC yöntemidir [23, 31].

Hareket sağlığı, vücudumuzun yürüme, kaldırma, taşıma, uzanma, eğilme, itme, çekme, tutma veya diğer temel fiziki işlemler gibi günlük hayattaki aktiviteler sırasında hareketleri gerçekleştirme yeteneği olarak tanımlanmaktadır [32]. Genel anlamda duruş; baş, gövde, vücut, bacaklar ve kolların boşlukta kendi doğal denge pozisyonundaki duruşu olarak kabul edilmektedir. Çalışma duruşu ise; baş, gövde, vücut, bacaklar ve kolların çalışmanın niteliğine göre pozisyon alınması olarak tanımlanmaktadır. Kas ve iskelet sistemi bozukluklarının temel sebeplerinden biri olan uygunsuz çalışma duruşu ise, vücut eklemlerinin normal duruşunun bozulması olarak tanımlanmaktadır [33]. Çalışma duruşu analizleriyle ortaya çıkarılan veriler; ekseriyetle yüksek riskli işlerin belirlenerek, azaltılmasında gerekli düzeltici çalışmaların yapılmasına imkân sağlar. Çalışma ortamlarında, uzun süreli tekrarlanan görevler ve uygun olmayan çalışma duruşları gibi fiziki sebeplerin sonucunda, operatörlerin yaptıkları iş nedeniyle kas-iskelet bozulmaları meydana gelebilmektedir. Bu durum ergonomik düzenlemeler yapılmadığı takdirde, iş gücü zararı, beden rahatsızlanması sebebiyle oluşan tazminatlar ve işçinin tedavisine yapılan harcamalar gibi maliyetleri gider kalemlerini arttıracaktır [34].

Elle taşıma ve vücudu aktif olarak kullanan kaynak işçisinin motor becerileri ve çalışma duruşlarının ergonomik açıdan değerlendirilmesi bedende oluşabilecek rahatsızlıklara önceden önlem alınmasını sağlayabilir. Vücudun pozisyonu, el hareketleri, özellikle ellerin ve parmakların kaynak elektrotu tutucusunu ve diğer koruyucuları (maske vb.) taşıması, kaynak dikişinin farklı pozisyonlarında (yatay, dikey, baş üstü) doğru elektrot hareketinin yapılabilmesi yapılan işin kalitesi açısından önem arz etmektedir. Bu durum da kaynakçı postürünün önemini ortaya çıkarmaktadır. Karmaşık pozisyonlar işle ilgili kas-iskelet sistemi hastalıklarının (WMSD'ler) meydana gelmesine sebep olabilir. Bu da işin kalitesinin bozulması enerji ve malzeme maliyetinin artmasına sebep olur [35].

Kaynak, birden çok malzemenin birleştirilerek yeni konstrüksiyonlar veya aparatların üretilmesi için en popüler yöntemlerden biridir [36-40]. Kaynakla ilgili çalışmalar birçok bilim adamının araştırma konusu olmuştur. Manuel kaynak işleri (özellikle

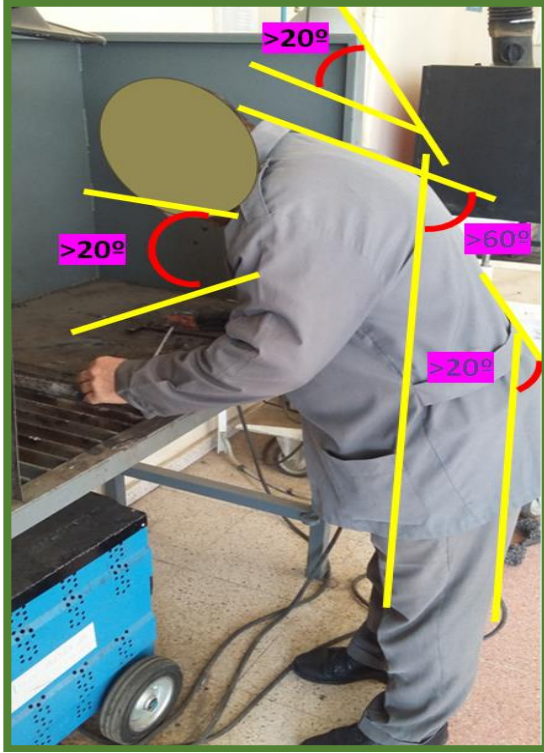
baş üstü kaynak, dikey ve ağır kaldırma) bu bozukluklara katkıda bulunabilir. Kaynakçıların uygun eğitimi ve kaldırma teknikleri ile kaynak sırasında karşılaşılan problemlerin önüne geçilebilir [13]. Bu noktadan hareketle, vücudun işe bağlı kas -iskelet hastalıklarını değerlendirmede hızlı maruziyet indeksi (QEC) tekniği yaygın kullanılan bir tekniktir. Bu nedenle, QEC yönteminin, endüstriyel alanda kaynak işlemlerinde çalışanların kas ve iskelet duruşlarına bağlı riskleri değerlendirmek için uygun yöntem olduğu düşünülmüştür. Kaynakçılar, sırt yaralanmaları, omuz ağrısı, tendinit, azalmış kas gücü, karpal tünel sendromu ve diz eklemi hastalıkları dâhil olmak üzere yüksek sıklıkta kas-iskelet sistemi şikâyetlerine sahiptir [41]. Bu çalışmada, yatay kaynak pozisyonunda sürekli iş yapan bir çalışanın ergonomik riskleri, QEC (hızlı maruziyet değerlendirme) kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, endüstriyel alanda sürekli aynı işi yapan kaynak operatörlerinin yaptıkları işler esnasında mesleki kas-iskelet rahatsızlıkları risklerinin QEC tekniği ile belirlemek amacıyla yapılmıştır. Böylece, kaynak işlemi esnasında çalışanın duruşuna ait risk değeri belirlenerek öneriler yapılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma da, kaynaklı birleştirmelerde sıklıkla çalışmak zorunda kalınan yatay pozisyonundaki işlemlere ait Şekil 1'deki öne eğik pozisyonda çalışan operatörün maruziyetini değerlendirmek ve yapılacak iyileştirmeleri önermek için QEC yöntemi seçilmiştir. Dünya çapında milyonlarca işçinin kaynak işlemlerinde çalıştığı [4] düşünüldüğünde, çalışma duruşlarına bağlı risklere karşı önlem alınmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Kaynak işlemi süreçlerinde farklı alet ve cihazın kullanımı da operatörün eforlarını değerlendirmek için önemli bir durumu ortaya koymaktadır. Şekil 1'deki resim, kaynak çalışanlarının çok sık uyguladıkları belden öne eğilme pozisyonu duruşunu simüle etmektedir. Sürekli yatay kaynak pozisyonunda görev yapan operatörün resmi Şekil 1'de gösterilmiştir. Kaynak

süreçlerinde birçok pozisyonda çalışmak mümkündür. Ancak, bu pozisyon, kaynak işlemlerinde çalışanların çok yaygın çalışmak zorunda kaldıkları bir duruş olduğu için seçilmiştir.



Şekil 1. Yatay kaynak pozisyonunda çalışan işçinin duruşu.

2.2. Metot

2.2.1 QEC skoru hesaplama rehberi

QEC tekniği WMSD'larının meydana gelme durumunu, ergonomik iyileştir öncesi ve sonrası değişimlere göre analiz etmek amacıyla geliştirilmiştir. Risk değerlendirmesi, kontrol listesindeki tüm bilgilerin kayıt altına alınarak, iş döngüsü birkaç kez gözlemlenerek yapılmalıdır. Az tekrarlı, kolay yapılabilen hareketler, iyi postür ve iyi tasarlanmış iş istasyonları mesleki-kas iskelet hastalıkları risklerini azaltmaktadır. İş ortamının ergonomik risk analizini yapmak kas-iskelet hastalıkları azaltılması açısından oldukça önemlidir. Bu yüzden, risk analizlerinde gözleme dayalı teknikler yaygın olarak tercih edilmektedir. Bunlardan birisi de Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD)-Quick Exposure Check (QEC) tekniğidir. Kolay ve basit uygulanabilen bu yöntemde, değerlendirmeye çalışanlarda katılabilir. QEC indeksi Özcan vd.(2004)'nın çalışmaları ile geliştirilmiştir [23, 42].

QEC tekniğinde; gözlemciye ait olan bölümde ve çalışma sırasında boyun, bel, el bileği/el ve omuz/kol hareketleri toplamda 18 madde ile değerlendirilmektedir. Çalışana ait olan bölümde ise iş süresi, taşınan en büyük ağırlık, elle kaldırılan yük, elle uygulanan en büyük kuvvet, dikkat, görsel taşıt kullanımı, iş stresini, titreşim ve iş temposu kriterleri toplamda 25 maddede değerlendirilmektedir. Kaynak uygulamaları sebebiyle kas-iskelet sisteminin muhatap olduğu fiziki riskleri, önceki çalışmalara dayanarak QEC yöntemi ile hesaplamak ve değerlendirmek oldukça hızlı bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada, Tablo 1'de verilen maruziyet risk seviyeleri QEC risk değerlendirmesi yapılmıştır. Aynı şekilde Tablo 2'de verilen diğer faktörlere ait maruziyet risk puanları eklenerek çalışanın risk skoru puanı hesaplanarak WMSD riskleri açıklanmıştır [22, 42, 43].

QEC yöntemi değerlendirme skoru 5 adımda belirlenir. Birinci adım: eğitim/ bilgilendirme, çalışanın ve gözlemcinin değerlendirmelerini hatasız yapılabilmesi, QEC formunun nasıl doldurulacağı ve yorumlanacağı safhasının öğrenilmesi adımdır. İkinci adım: gözlemci değerlendirmesi, Tablo 1'de verilen QEC tekniği değerlendirme formunun sol tarafındaki Bilek/el, Sırt, Boyun ve Omuz/Kol duruşları ile ilgili A/B/C/D/E/F/G sorularını gözlemcinin doğru cevaplayabildiği adımdır. Değerlendirme en az bir defa doğrudan gözlem veya video/fotoğraf yardımıyla yapılabilir. Değerlendirme her bir göreve form kullanılarak yapılır. Değerlendirmenin çalışan açısından daha sağlıklı sonuç vermesi amacıyla en kötü duruş puanlamaya dâhil edilmesi gerekmektedir. Üçüncü adım: çalışan değerlendirmesi, çalışanın Tablo 1'in sağındaki H/J/K/L/M/N/P/Q sorularını doğru cevaplayabildiği adımdır. Gerektiğinde çalışana ifadeler hakkında açıklama yapılabilir. Dördüncü adımda, skorların hesaplanması, 2 ve 3 adımlarda elde edilen gözlemlerin skorları Tablo 2'de verilen kriterlere göre hesaplanır. Beşinci adımda 4. Adımda hesaplanan skorlara göre operatörün yaptığı işteki maruziyetine göre risk seviyeleri belirlenir. Eğer operatörün çalıştığı işyerinin toplan maruziyet puanı hesaplanmak istenirse, gözlemci ve çalışan tarafından yapılan değerlendirmelerin birleştirilmesiyle skor puanı ve risk seviyeleri tespit edilmektedir [23, 44].

Tablo 1. QEC yöntemi hızlı maruziyet değerlendirme formu [21, 23, 44-46].

| Çalışma Adı: | Tarihi: |
|--|--|
| Gözlemcinin Değerlendirmesi | |
| Bel | |
| A Görev yapılırken bel:(en kötü durumu seçiniz) | |
| A1 | Hemen hemen doğal mı? |
| A2 | Orta derecede öne ya da yana eğilmiş veya dönmüş mü? |
| A3 | Aşırı derecede öne ya da yana eğilmiş veya dönmüş mü? |
| A3 | |
| B Aşağıdaki iki görev seçeneğinden YALNIZCA BİRİNİ seçiniz | |
| 1. Sabit, oturarak ya da ayakta yapılan görevler | |
| Sırt çoğunlukla sabit pozisyonda mı kalıyor? | |
| B1 | Hayır |
| B2 | Evet |
| B1 | |
| 2. Kaldırma, itme/çekme ve taşıma görevleri | |
| (Bir yükün hareket ettirilmesi vb.) Sırtın Hareketi | |
| B3 | Nadiren (dakikada yaklaşık 3 kez veya daha az mı?) |
| B4 | Sık (dakikada yaklaşık 8 kez) mi? |
| B5 | Çok sık (dakikada yaklaşık 12 kez veya daha fazla mi?) |
| B3 | |
| Omuz/Kol | |
| C Görev yapılırken eller: (en kötü durumu seçiniz) | |
| C1 | Bel seviyesinde ya da daha aşağıda mı? |
| C2 | Yaklaşık göğüs seviyesinde mi? |
| C3 | Omuz seviyesinde ya da daha yukarıda mı? |
| C1 | |
| D Omuz/kol hareketi: | |
| D1 | Nadiren (aralıklı) mi? |
| D2 | Sık (bazı duraklamalarla düzenli hareket) mi? |
| D3 | Çok sık (hemen hemen sürekli hareket) mi? |
| D2 | |
| Bilek/El | |
| E Görev yapılırken: (en kötü durumu seçiniz) | |
| E1 | Yaklaşık düzgün bilek pozisyonu mu? |
| E2 | Eğilmiş ya da dönmüş bilek pozisyonu mu? |
| E2 | |
| F Benzer tekrarlı hareketler: | |
| F1 | Dakikada 10 kez ya da daha az mı? |
| F2 | Dakikada 11-20 kez mi? |
| F3 | Dakikada 20 kezden fazla mı? |
| F1 | |
| Boyun | |
| G Görev yapılırken baş/boyun eğilmiş ya da dönmüş mü? | |
| G1 | Hayır |
| G2 | Evet, bazen |
| G3 | Evet, sürekli |
| G3 | |
| * Gerktiğinde L, P, Q için detaylı bilgiler | |
| * L | |
| * P | |
| * Q | |
| Çalışanın Değerlendirmesi | |
| H Görev yapılırken elle kaldırdığınız en fazla ağırlık? | |
| H1 | Hafif (5 kg veya daha az) |
| H2 | Orta (6-10 kg) |
| H3 | Ağır (11-20 kg) |
| H4 | Çok ağır (20 kg'dan fazla) |
| H4 | |
| J Görevi yaparken günde ortalama ne kadar zaman harcıyorsunuz ? | |
| J1 | 2 saatten daha az |
| J2 | 2-4 saat |
| J3 | 4 saatten daha fazla |
| J3 | |
| K Görev yapılırken bir elle uygulanan en fazla güç? | |
| K1 | Düşük (örn. 1 kg'dan daha az) |
| K2 | Orta (örn. 1-4 kg) |
| K3 | Yüksek (örn. 4 kg'dan daha fazla) |
| K1 | |
| L Görevin gerektirdiği görsel dikkat: | |
| L1 | Düşük (ince ayrıntıları görmeye gerek yoktur) |
| L2 | Yüksek (bazı ince ayrıntıları görmek gerekli) |
| * Eğer yüksekse belirtiniz | |
| L2 | |
| M Görevdeyken günlük taşıt kullanma süreniz: | |
| M1 | Bir saatten az ya da hiç mi? |
| M2 | Günde 1-4 saat mi? |
| M3 | Günde 4 saatten fazla mı? |
| M1 | |
| N Görevinizde titreşimli alet kullanma süreniz: | |
| N1 | Bir saatten az ya da hiç mi? |
| N2 | Günde 1-4 saat mi? |
| N3 | Günde 4 saatten fazla mı? |
| N2 | |
| P Bu görevi yaparken zorluk çekiyor musunuz? | |
| P1 | Hiçbir zaman |
| P2 | Bazen |
| P3 | Sık sık |
| * Eğer yüksekse aşağıda detayları belirtiniz | |
| P3 | |
| Q Genel olarak bu işi nasıl buluyorsunuz? | |
| Q1 | Hiç stresli değil mi? |
| Q2 | Biraz stresli mi? |
| Q3 | Orta stresli mi? |
| Q4 | Çok stresli mi? |
| *Eğer yüksekse aşağıda detayları belirtiniz | |
| Q4 | |

Tablo 2: QEC yöntemi skor hesaplama çizelgesi [21, 23, 44, 46].

| Maruziyet puanları | Çalışanın adı | | Tarih |
|---|--|--|--|
| Bel | Omuz/Kol | Bilek/El | Boyun |
| Bel duruşu (A) / Ağırılık (H) A1 A2 A3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 PUANI:12 | Yükseldik (C) / Ağırılık (H) C1 C2 C3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 PUANI:8 | Tekrarlayan Hareket (F) / Kuvvet (K) F1 F2 F3 K1 2 4 6 K2 4 6 8 K3 6 8 10 PUANI:2 | Boyun duruşu (G) / Süre (J) G1 G2 G3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 PUANI:10 |
| Bel duruşu (A) / Süre (J) A1 A2 A3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 PUANI:10 | Yükseldik (C) / Süre (J) C1 C2 C3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 PUANI:6 | Tekrarlayan Hareket (F) / Süre (J) F1 F2 F3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 PUANI:6 | Görsel dikkat (L) / Süre (J) L1 L2 J1 2 4 J2 4 6 8 J3 6 8 PUANI:8 |
| Süre (J) & Ağırılık (H) J1 J2 J3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 PUANI:12 | Süre (J) & Ağırılık (H) J1 J2 J3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 PUANI:12 | Süre (J) & Kuvvet (K) J1 J2 J3 K1 2 4 6 K2 4 6 8 K3 6 8 10 PUANI:10 | Boyun için toplam puan 1 ve 2'nin toplamı 18 |
| Statikse yalnızca 4'ü, elle taşıma varsa 5 ve 6'yi işaretleyiniz. Statik duruş (B) & Süre (J) B1 B2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8 Puan 4 | Sıklık (D) & Ağırılık (H) D1 D2 D3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 PUANI:10 | Bilek duruşu (E) & Kuvvet (K) E1 E2 K1 2 4 K2 4 6 K3 6 8 PUANI:6 | Taşıt kullanma M1 M2 M3 1 4 9 Taşıt kullanma için toplam puan 1 |
| Sıklık (B) & Ağırılık (H) B3 B4 B5 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12 PUANI:8 | Sıklık (D) & Süre (J) D1 D2 D3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 PUANI:8 | Bilek Duruşu (E) & Süre (J) E1 E2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8 PUANI:8 | Titreşim N1 N2 N3 1 4 9 Titreşim için toplam puan 4 |
| Sıklık (B) & Süre (J) B3 B4 B5 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10 PUANI:6 | Omuz/Kol için toplam puan 1-5'in toplamı 44 | El/Bilek için toplam puan 1-5'in toplamı 32 | İş hızı P1 P2 P3 1 4 9 İş hızı için toplam puan 9 |
| Bel için toplam puan toplamıyada 1-3'e ek 46 | Stres Q1 Q2 Q3 Q4 1 4 9 16 Stres için toplam puan 16 | | |

Tablo 3. QEC tekniğinde temel ve diğer faktörlerin maruziyet risk seviyeleri [21, 23, 42, 44].

| Skor | Düşük | Orta | Yüksek | Çok yüksek |
|-----------------|-------|-------|--------|------------|
| Bel (Statik) | 8-15 | 16-22 | 23-29 | 29-54 |
| Bel (Hareketli) | 10-20 | 21-30 | 31-40 | 41-56 |
| Omuz/kol | 10-20 | 21-30 | 31-40 | 41-56 |
| Bilek/el | 10-20 | 21-30 | 31-40 | 41-46 |
| Boyun | 4-6 | 8-10 | 12-14 | 16-18 |
| Araç kullanma | 1 | 4 | 9 | - |
| Titreşim | 1 | 4 | 9 | - |
| İş temposu | 1 | 4 | 9 | - |
| Stres | 1 | 4 | 9 | 16 |

III. BULGULAR

Çalışma kapsamında yatay kaynak pozisyonunda çalışan bir operatöre uygulanan QEC yöntemi ile belirlenen bel, omuz/kol, el/bilek ve boyun risk seviyeleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Yatay kaynak pozisyonunda çalışan bir operatörün temel faktörlerin risk seviyeleri [21, 23, 42, 44].

| | Bel (Hareketli) | Omuz/Kol | El/Bilek | Boyun |
|-----------------------------|-----------------|------------|----------|------------|
| Hesaplanan risk skoru | 46 | 44 | 32 | 16 |
| Tespit edilen risk seviyesi | Çok yüksek | Çok yüksek | Yüksek | Çok yüksek |

Tablo 5. Yatay kaynak pozisyonunda çalışan bir operatörün diğer faktörlerin risk seviyeleri [21, 23, 42, 44].

| | Araç kullanma | Titreşim | İş temposu | Stres |
|-----------------------------|---------------|----------|------------|------------|
| Hesaplanan risk skoru | 1 | 4 | 9 | 16 |
| Tespit edilen risk seviyesi | Düşük | Orta | Yüksek | Çok yüksek |

Çalışmalar sonunda, yatay kaynak pozisyonunda çalışan bir operatörün (Şekil 1) omuz/kol, boyun, bel ve el/bilek hareketlerine göre risk skorları ve Tablo 3’deki kılavuza ve Tablo 4’teki risk seviyelerine göre tespit edilen bel için 46 puan çok yüksek, omuz/kol için 44 puan çok yüksek, boyun için 16 puan çok yüksek ve el/bilekler için ise 32 puan yüksek olarak tespit edilmiştir. Araştırmada QEC metoduna göre diğer faktörlerden olan araç kullanma titreşim, iş temposu ve stres skorları da tespit edilerek Tablo 3’deki kılavuz verilerine ve Tablo 5’deki risk seviyelerine göre değerlendirilmiştir. Buna göre, araç kullanma skoru 1 puan düşük riskli, titreşim skoru 4 puan orta riskli, iş temposu skoru 9 puan yüksek riskli ve stres skoru 16 puan yüksek riskli olarak tespit edilmiştir. Bu durumda bu operatörün çalışma durumları gözden

geçirilerek acil olarak ergonomik düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde kaynak operatörlerinin gelecekte mesleki kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına maruz kalabileceği varsayılmaktadır.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, yatay kaynak işlemlerinde çalışan bir operatörün bir postürü ergonomik açıdan değerlendirilmiştir. Analiz sürecinde QEC indeksi kullanılarak operatörlerin sürekli maruz kaldığı hareketlerin risk skorları ve seviyeleri analiz edilmiştir. Yapılan skor hesaplama ve risk seviyesi belirleme çalışmalarından şu sonuçlar çıkarılmıştır:

Operatörün işlem sürecinde maruz kaldığı omuz/kol, boyun, bel ve el/bilek hareketlerine göre risk skorları belirlenmiştir. Bel için 46 puan çok yüksek, omuz/kol için 44 puan çok yüksek, boyun için 16 puan çok yüksek ve el/bilekler için ise 32 puan yüksek olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, diğer faktörlerden olan araç kullanma titreşim, iş temposu ve stres skorları da tespit edilerek risk seviyeleri belirlenmiştir. Araç kullanma skoru 1 puan düşük riskli, titreşim skoru 4 puan orta riskli, iş temposu skoru 9 puan yüksek riskli ve stres skoru 16 puan yüksek riskli olarak tespit edilmiştir. Kaynak işlemi sonunda uzun süre tekrarlanan işlemlere bağlı olarak belirli derecelerde WMSD’lerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Kullanılan alet ve güvenlik ekipmanları da bu rahatsızlıkları artırabilir. Bu sonuçlara bağlı olarak WMSD’lerin önlenmesi veya azaltılması için aşağıdaki önerilerde bulunabiliriz;

1. Kaynak operatörleri çalışma alanlarında ergonomik standartlar en üst seviyede uygulanmalıdır.
2. Operatörlerin çalışma düzeni, farklı iş istasyonlarında ve farklı pozisyonlarda değişken işlemler içerecek biçimde tasarlanmalıdır.
3. Operatörlerin kullanacağı iş ekipmanı, yardımcı ekipman ve koruyucu ekipmanların WMSD’lerin azaltılmasına katkı sağlayacak yüksek teknolojik özelliklerde olması, sağlanmalıdır.
4. İş yerlerinin, WMSD’lerin azaltılmasına katkı sağlayacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin üst seviyede olması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Akyol, Ş.D., *Bir Teksti İşletmesinde Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması*. Ergonomi, 2022. **5**(2): p. 72-83.
2. David, G., et al., *The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders*. Applied ergonomics, 2008. **39**(1): p. 57-69.
3. Erdemir, F. and C. Eldem, *Bir döküm atölyesindeki çalışma duruşlarının dijital insan modelleme tabanlı REBA yöntemi ile ergonomik analizi*. Politeknik Dergisi, 2020. **23**(2): p. 435-443.
4. WHO. *Musculoskeletal Health.. 2023* [cited 2023 11/05/2023]; Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>.
5. Goes, R.A., et al., *Musculoskeletal injuries in athletes from five modalities: a cross-sectional study*. BMC musculoskeletal disorders, 2020. **21**: p. 1-9.
6. Smith, P., et al., *Are there differences in the return to work process for work-related psychological and musculoskeletal injuries? A longitudinal path analysis*. Social psychiatry and psychiatric epidemiology, 2020. **55**: p. 1041-1051.
7. Gallagher, S. and M.C. Schall Jr, *Musculoskeletal disorders as a fatigue failure process: evidence, implications and research needs*. Ergonomics, 2017. **60**(2): p. 255-269.
8. McGill, S.M., *The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic*. Journal of biomechanics, 1997. **30**(5): p. 465-475.
9. Hales, T.R. and B.P. Bernard, *Epidemiology of work-related musculoskeletal disorders*. Orthopedic Clinics of North America, 1996. **27**(4): p. 679-709.
10. Anghel, M., et al., *Musculoskeletal disorders (MSDS) consequences of prolonged static postures*. J Exper Med Surg Res, 2007. **4**: p. 167-172.
11. De Kok, J., et al., *Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU*. European agency for safety and health at work, 2019. **1**.
12. Patel, D.R., A. Yamasaki, and K. Brown, *Epidemiology of sports-related musculoskeletal injuries in young athletes in United States*. Translational pediatrics, 2017. **6**(3): p. 160.
13. Singh, B. and P. Singhal. *Work related musculoskeletal disorders (wmsds) risk assessment for different welding positions and processes*. in *14th International Conference on Humanizing Work and Work Environment HWWE*. 2016.
14. Yörükoğlu, K., A. Sayiner, and E. Akalın, *Patoloji laboratuvarında mesleki riskler ve güvenlik önlemleri*. Aegean Pathology Journal, 2005. **2**: p. 98-115.
15. Shin, H.-J. and J.-Y. Kim, *Measurement of trunk muscle fatigue during dynamic lifting and lowering as recovery time changes*. International journal of industrial ergonomics, 2007. **37**(6): p. 545-551.
16. Battini, D., A. Persona, and F. Sgarbossa, *Innovative real-time system to integrate ergonomic evaluations into warehouse design and management*. Computers & Industrial Engineering, 2014. **77**: p. 1-10.
17. Panariello, D., et al., *Biomechanical analysis of the upper body during overhead industrial tasks using electromyography and motion capture integrated with digital human models*. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 2022. **16**(2): p. 733-752.
18. Tarallo, A., et al., *Robust interactive design for ergonomics and safety: R-IDEaS procedure and applications*. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 2019. **13**: p. 1259-1268.
19. Caputo, F., et al. *Imu-based motion capture wearable system for ergonomic assessment in industrial environment*. in *Advances in Human Factors in Wearable Technologies and Game Design: Proceedings of the AHFE 2018 International Conferences on Human Factors and Wearable Technologies, and Human Factors in Game Design and Virtual Environments, Held on July 21–25, 2018, in Loews Sapphire Falls Resort at Universal Studios, Orlando, Florida, USA 9*. 2019. Springer.
20. Akhmad, S., et al. *Wearable IMU Wireless Sensors Network for Smart Instrument of Ergonomic Risk Assessment*. in *2020 6th Information Technology International Seminar (ITIS)*. 2020. IEEE.
21. David, G., P. Buckle, and V. Woods, *Further development of the usability and validity of the Quick Exposure Check (QEC)*. 2005: Health & Safety Executive.
22. Özcan, E., *İş Yerinde Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi ve Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HDM) Yöntemi*. Engineer & the Machinery Magazine, 2011(616).
23. Kesiktaş, N., et al., *İşe bağlı kas iskelet hastalıklarında risk değerlendirilmesi: Hızlı maruziyet değerlendirme (HMD) yöntemi-Quick Exposure Check (QEC)*. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 2007. **34**(7): p. 25-27.
24. Occhipinti, E., *OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs*. Ergonomics, 1998. **41**(9): p. 1290-1311.
25. Colombini, D., *Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs: Job Analysis, Ocra Risk Indices, Prevention Strategies and Design Principles*. 2002: Elsevier.
26. Caporaso, T., S. Grazioso, and G. Di Gironimo, *Development of an integrated virtual reality system with wearable sensors for ergonomic evaluation of human-robot cooperative workplaces*. Sensors, 2022. **22**(6): p. 2413.
27. Fauziah, A., K. Muslim, and S.D. Chandra. *Development of a Real-Time Ergonomic Assessment Tool to Minimize Musculoskeletal Disorders Risk*. in *Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Surakarta, Indonesia*. 2021.
28. Lorenzini, M., et al. *A new overloading fatigue model for ergonomic risk assessment with application to human-robot collaboration*. in *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2019. IEEE.

29. Lowe, B.D., P.G. Dempsey, and E.M. Jones, *Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals*. Applied ergonomics, 2019. **81**: p. 102882.
30. Li, G. and P. Buckle, *Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods*. Ergonomics, 1999. **42**(5): p. 674-695.
31. Erdiñ, O. and Ö. Vayvay, *Hızlı Maruziyet Değerlendirme Ölçütü (Quick Exposure Check) Yöntemiyle Tekstil Üretimindeki Ergonomik İyileştirmelerin Kas-İskelet Risklerine Etkisinin İncelenmesi*, 12. Ulusal Ergonomi Kongresi Bildirileri, 2006. **82**: p. 86.
32. Fanton, M., et al., *Validation of Amazon Halo Movement: a smartphone camera-based assessment of movement health*. npj Digital Medicine, 2022. **5**(1): p. 134.
33. Kara, Y., Y. Atasagun, and A. Peker, *Montaj hatlarında çalışma duruşlarının reba yöntemi ile analizi ve ergonomik risk değerlendirmesi*, 7. Uluslararası İş Sağlığı Ve Güvenliği Konferansı, İstanbul-Türkiye, 2014. **5**(7).
34. Sağıroğlu, H., M.B. Coşkun, and N. Erginel, *Reba İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi*. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2015. **3**(3): p. 339-345.
35. Dukhovnyi, L.F., *Author's experimental program of the health culture development at future electric welders in the process of vocational training*. Pedagogical Journal, 2014(1-2): p. 26-41.
36. Güney, B., *Microstructure analysis of welding fume of low and medium carbon steels*. Revista de Metalurgia, 2021. **57**(1): p. e187.
37. Güney, B., *Sürtünme Karıştırma Kaynağı*, in *Güncel Multidisipliner Teknik Araştırmalar*, A. Öz, Editor. 2022, Lithuania: SRA. p. 1-20.
38. Erden, M.A., et al., *Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alaşımsız ve hardoks çeliklerin mikroyapı ve sertlik özelliklerinin araştırılması*. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 2018. **33**(1): p. 221-226.
39. Köse, C. and R. Kaçar, *AISI 420 Martenzitik Çeliğin CO2 Lazer Işını Kaynak Yöntemiyle Kaynak Kaynak Kabiliyetinin Araştırılması*. Technological Applied Sciences. **10**(4): p. 13-27.
40. Durgutlu, A., et al., *Effect of continuous and pulsed currents on microstructural evolution of stainless steel joined by TIG welding*. Practical Metallography, 2015. **52**(11): p. 627-637.
41. Rahman, A., et al. *Musculoskeletal health and safety of aged workers in manual handling works*. in *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*. 2015. IEEE.
42. Bulduk, E., T. Süren, and K. Songül, *Gazi Üniversitesi Mesleki Eğitim Fakültesi Giyim Endüstrisi ve Moda Tasarımı Eğitimi Bölümü Son Sınıf Öğrencilerinin Atölye Çalışmalarının Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) Yöntemi ile Değerlendirilmesi*. Verimlilik Dergisi, (2): p. 59-66.
43. Sakar, N.K., et al., *Mesleki Kas İskelet Risklerinin Değerlendirilmesinde QEC Ölçeğinin (Quick Exposure Check-Hızlı Maruziyet Değerlendirme) Türkçe Uygulamasının Güvenilirliği*. Journal of Istanbul Faculty of Medicine, 2007. **70**(4): p. 98-102.
44. Mert, E.A., *Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir çanta imalat atölyesinde uygulanması*. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, TC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2014.
45. Saka Demir, M., *Hekim dışı sağlık personelinde kas iskelet sistemi hastalıkları sıklığı ve hızlı maruziyet değerlendirme ölçeği ile risklerin değerlendirilmesi*. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
46. Çiçek, E., N. Kazanç, and E. Kahya, *Bir Mobilya İşletmesinin Montaj Hattında Ergonomik Risk Analizi*. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2018. **6**: p. 67-82.