Kuzey Ege Teknik Bilimler ve Teknoloji Dergisi
https://dergipark.org.tr/tr/pub/ ketbt

Çok Tehlikeli Endüstride WERA Yöntemi ile Ergonomik Risk Analizi

Devran ATEŞ[a,*] , Muharrem Kemal ÖZFIRAT[b]

[a] *İş Sağlığı ve Güvenliği A.B.D., Fen Bil. Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, ORCID: 0009-0005-9399-1740*
[b] *Maden Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4074-1965*

ÖZET

Ergonomi, insanın fiziksel, zihinsel ve duygusal özelliklerini inceleyerek çalışma ortamlarını ve araçlarını en uygun hale getirmeyi amaçlayan bilim dalıdır. Ergonomi, iş güvenliği, verimlilik ve çalışan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Ergonominin temel amacı, çalışanın sağlığını korumaktır. Bunun yanı sıra iş kazalarının önlenmesi, iş verimliliğinin artırılması ve çalışan refahının sağlanması hedeflenir. Doğru bir ergonomi yaklaşımı hem çalışan verimliliğini hem de çalışma ekibinin verimliliğini olumlu etkiler.

Bu çalışmada Ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve sistematik bir şekilde analiz edilmesi için kullanılan WERA (Workplace Ergonomics Risk Assessment) yöntemi ile çok tehlikeli endüstri sınıfına giren gemi bakım, onarım ve montaj sektöründe çalışan gemi teknikeri üzerinden ergonomik risk değerlendirmesi yapılmış ve risk seviyesi tespit edilmiştir. Analiz sonucunda özellikle yüksek puan alan sırt, boyun ve bacak bölgeleri için ergonomik risk değerlendirilmeleri yapılmış, gereken değişiklik ve alınması gereken önlemler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: WERA, ergonomi, risk, değerlendirme, tehlikeli, işyeri.

Ergonomic Risk Analysis with the WERA Method in High-Hazard Industry

Devran ATEŞ[a,*] , Muharrem Kemal ÖZFIRAT[b]

[a] *Dept. of OHS, Institute of Science, Dokuz Eylül University, İzmir, Türkiye, ORCID: 0009-0005-9399-1740*
[b] [a] *Department of Mining Eng., Faculty of Engineering, Dokuz Eylül University, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4074-1965*

ABSTRACT

Ergonomics is a branch of science that aims to optimize work environments and equipment by examining human physical, mental, and emotional characteristics. Ergonomics is crucial for occupational safety, productivity, and employee health. The primary goal of ergonomics is to protect employee health. Furthermore, it aims to prevent workplace accidents, increase work efficiency, and ensure employee well-being. A sound ergonomics approach positively impacts both employee and team productivity.

In this study, the WERA (Workplace Ergonomics Risk Assessment) method, used to systematically assess and analyze ergonomic risks, was used to assess ergonomic risk for ship technicians working in the ship maintenance, repair, and assembly sector, a highly hazardous industry, and to determine their risk levels. Ergonomic risk assessments were conducted for the back, neck, and leg areas, which received particularly high scores, and necessary changes and precautions were researched.

Keywords: WERA, ergonomics, risk, assessment, hazardous, workplace.

**Sorumlu yazar*
E-posta:devranatesh@gmail.com

Geliş:30 Eylül 2025
Kabul: 31 Ekim 2025

1. Giriş

Ergonomi kelimesi, Yunanca "iş" anlamına gelen "ergon" ve "yasalar" anlamına gelen "nomos" kelimelerinden gelir. Çalışma bilimidir. Multidisipliner bir alan olan ergonomi ilk kez Polonya'da 1857 yılında Profesör Wojciech Jastrzebowski tarafından felsefe alanında kullanılmıştır. Ergonominin birinci amacı; insan-makine-ekipman uyumunu ve iş güvenliğini arttırmaktır. Çalışmanın sistemli bir şekilde düzenlenmesini amaçlayan ergonomi insanın kullandığı araç ve makinelerin yaptığı işin insanın antropometrik (Antropometri, kişinin vücut ölçülerini hesaplayan bir bilim dalı) özellikleri ile uygunluk içinde olmasını sağlamaya yöneliktir.

Ergonominin temelinde insan faktörünün merkeze alınması yer alır. Bu prensiplerin başında kişiye özel düzenlemeler yapılır. Her çalışanın boyu, kilosu, kas gücü ve alışkanlıkları farklıdır. Bu nedenle kullanılan araçların kişisel özelliklere göre ayarlanması gerekir. İkinci önemli ilke, tekrar eden hareketlerin azaltılmasıdır. Sürekli aynı hareketi yapmak kas ve eklem rahatsızlıklarına yol açabilir. Bu tür durumları önlemek için görev dağılımı yapılmalı ya da işleri çeşitlendirmek için dönüşümlü çalışma yöntemleri kullanılmalıdır. Üçüncü prensip, duruş ve pozisyonun düzenlenmesidir. Ayakta veya oturarak yapılan işler için uygun yükseklikte çalışma yüzeyleri kullanılmalıdır. Ayrıca çalışanların belirli aralıklarla pozisyon değiştirmesi sağlanmalıdır. Uzun süre aynı pozisyonda kalmak, vücut üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Dördüncü prensip ise dinlenme aralıklarının düzenlenmesidir. Ergonomik bir iş planı, çalışanlara düzenli dinlenme araları vermeyi içerir. Bu aralar fiziksel ve zihinsel olarak yenilenmeyi sağlar.

Mühendislik ve diğer sektörlerde çok tehlikeli endüstri çalışmalarında çalışanların çalışma koşullarını, çalıştığı andaki iş gereği duruş bozukluklarından kaynaklı risklerin azaltılması için çok fazla çözüm önerisi getiren çalışmalar yapılmıştır. Jahangiri vd. kas iskelet sistemi hastalıklarını azaltmak için ergonomik riskler üzerine çalışmışlardır [1]. Özfırat vd. yeraltı madenciliğinde kazı işi yapan işçinin ergonomik riskini REBA yöntemiyle araştırmıştır [2]. Chaudhary vd delici makine operatörlerinin uğradıkları tüm vücut titreşimi riskini araştırmışlardır [3]. Yağcı vd. yeraltı maden işçilerinin çalışma gereği duruş bozukluklarından kaynaklanan ergonomik riskler ve çözüm önerilerini çalışmıştır [4]. Shiri vd. vardiya programının ergonomik önerilerle yapılması durumunda iş kazalarındaki değişim üzerine çalışmışlardır [5]. Aksu vd. yeraltı madenciliğinde REBA ve RULA yöntemiyle çok tehlikeli sektörde çalışan işçilerde ergonomik risk analizleri yapılmıştır [6]. Çelikdağ tahkimat kurma işlemi sırasında çalışan bir işçinin REBA yöntemiyle ergonomik risk değerlendirmesini yapmıştır [7]. Brisbine vd. askerlerin kas iskelet sistemlerindeki ergonomik risk analizlerini çalışmışlardır [8]. Karhula vd. Finlandiya sağlık sektöründe yaptıkları deneyler ile ergonomik öneriler içeren bir vardiya programı değerlendirme aracının kullanımının çalışanların refahı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir [9].

WERA (Workplace Ergonomics Risk Assessment) yöntemi, ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve sistematik bir biçimde analiz edilip sınıflandırılması amacıyla geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem 1998 yılında Hignett ve McAtamney tarafından geliştirilmiş olup iş yerinden kaynaklanan fiziksel zorlukların değerlendirilerek çalışanların maruz kalmış olduğu kas-iskelet sistemindeki fiziksel olumsuzlukların tespit edilmesi, risk faktörlerinin ortaya çıkarılması ve çalışanların sakatlanması gibi muhtemel risklerin önüne geçilebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemle birlikte özellikle işyerinde yapılan işin şiddeti ve sürekliliği, kendisini tekrar eden hareketler, kuvvet ve postür gibi ergonomik risklerin birlikte değerlendirilmesi sağlanmaktadır [10]. Çalışmada çok tehlikeli sektörde bir çalışanın WERA yöntemi ile ergonomik risk analizi yapılmış ve çalışanın fiziksel ve çalışma refahı için çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Çalışmanın 2. Bölümünde materyal ve yöntem verildikten sonra, 3. Bölümde WERA yönteminin uygulaması bir gemi teknikeri çalışanı için yapılmıştır. Daha sonra 4. Bölümde bulgular ve tartışma kısmı verildikten sonra 5. Bölümde sonuç ile çalışma tamamlanmıştır.

2.Materyal ve Yöntem

WERA yöntemi genellikle fiziksel hasar riski yüksek iş gruplarını ve çeşitlerini tespit etmekte kullanılır. Bu yöntem ile çalışma esnasında oluşabilecek fiziksel olumsuzlukları etkileyen faktörler 9 kriter üzerinden değerlendirilmektedir. Bu kriterler sırasıyla; omuz posturü ve tekrar sayısı, bilek posturü ve tekrar sayısı, boyun postürü ve tekrar sayısı, sırt posturü ve tekrar sayısı, bacak posturü ve ayakta kalma süresi, kuvvet kullanımı, titreşim, temas stresi ve görev süresidir [11].

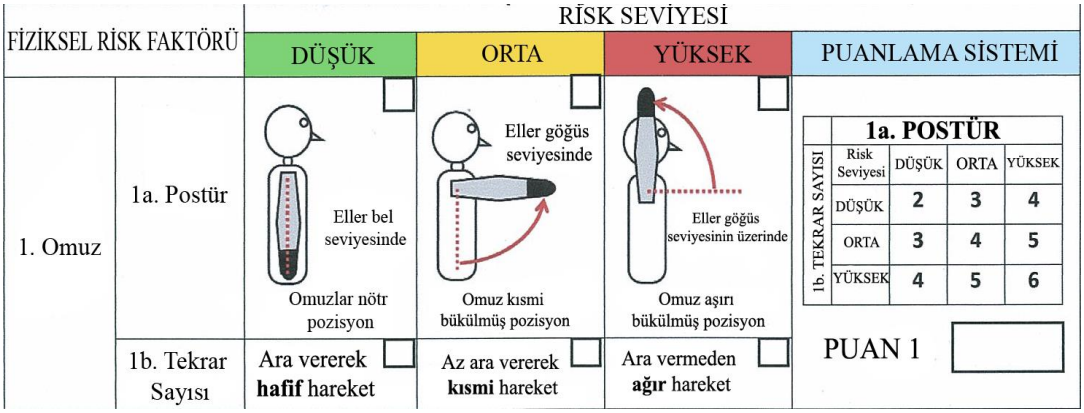
2.1 Omuz Postürü ve Tekrar Sayısı

Antony ve Keir kol posturü, el gücü kullanma ve dinamik efor gibi dışsal faktörlerin omuz kası hareketi üzerine etkisi gibi dışsal faktörler ile alakalı ampirik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışması omuz eklemi üzerine içsel ve dışsal yük bindirme arasındaki ilişki hakkında bir öngörü sağlamıştır [12].

Bernard'ın çalışmaları sonuncunda yüksek tekrarlı omuz veyahut kol hareketlerinin omuz tendon bozukluğu riskini artırdığı ortaya çıkmıştır. Dakikada 2.5'den daha fazla olan omuz hareketlerinin kas ve iskelet sistemi bozukluğu ile ilişkilendirildiği açıkça belirtilmiştir [13].

Şekil 1'de Omuz posturü için kullanılan WERA yöntemi 3 farklı risk seviyesi üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; 20° uzanma ve 20° esneme için düşük risk seviyesini, 20° den daha büyük uzanma veya 20 °- 45 ° esneme için orta risk seviyesini, 45 °- 90 ° veya 90 ° den fazla esneme için yüksek risk seviyesini ifade etmektedir.

WERA yöntemi ile verilen zaman dilimindeki kolun hareket sayısından ziyade hareket modeli temel alınmaktadır. Bu yaklaşım diğer araştırmacılar tarafından da desteklenmektedir. Risk seviyesini sınıflandırmak için hafif, orta ve ağır olmak üzere tanımlayıcı terimler kullanılmaktadır. Düşük risk "çok aralıklı hafif derecede hareketleri" belirtirken orta risk ise "az aralıklı orta derece hareketleri" belirtmektedir. Son olarak yüksek risk seviyesi ise "aralık vermeden gerçekleştirilen ağır derecede hareketleri" ifade etmektedir [14].



Şekil 1. WERA omuz risk değerlendirme kriterleri [11]

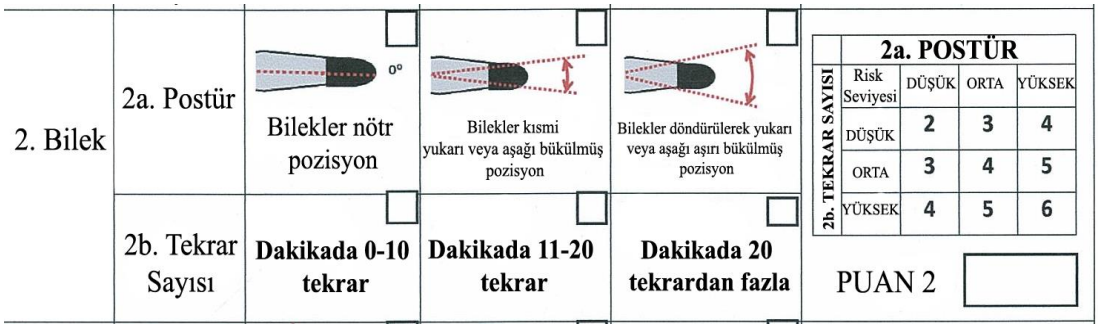
2.2 Bilek Posturü ve Tekrar Sayısı

Bernard'ın yaptığı çalışmalar sonucunda uygunsuz el ve bilek postürünün özellikle "kuvvet, tekrar ve görev süresi" olguları ile birleştiği zaman bilek bozukluğu riskini arttırdığı ortaya çıkmıştır [13].

Arvidsson'ın yaptığı araştırmalar sonucunda; özellikle sağ bilek yönünden kas ve iskelet sistemi bozukluğunun yaygın olarak görüldüğü ve bu durumun kısa sürede çok fazla tekrarlayıcı hareketten kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Aynı hareketin veyahut postürün iş döngüsü içinde sürekli olarak tekrarlanması ergonomik risk seviyesini arttırmaktadır [15].

Şekil 2'de yer alan bilek postürü için kullanılan WERA yöntemi, 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; 0° nötr duruş düşük risk seviyesini, 0°- 15° arasında uzanma veya esneme hareketi orta risk seviyesini, 15° veya daha fazla uzanma veya esneme hareketi yüksek risk seviyesini ifade etmektedir [11].

WERA yöntemi ile bilek tekrar sayısı puanını hesaplamak için benzer hareket modelinin kaç defa tekrar edildiği üzerinden bir değerlendirme yapıldığı görülmektedir. Risk seviyesini sınıflandırmak için "hafif, orta ve ağır" olmak üzere tanımlayıcı terimler kullanılmaktadır. Dakika başı 10 tekrarlayıcı hareketten az olan işler düşük risk seviyesi, dakika başı 11- 20 arasındaki tekrarlayıcı hareket olan işler orta risk seviyesini, dakika başı 20 tekrarlayıcı hareketten fazla olan işler ise yüksek risk seviyesini tanımlamaktadır [16].



Şekil 2. WERA bilek risk değerlendirme kriterleri [11]

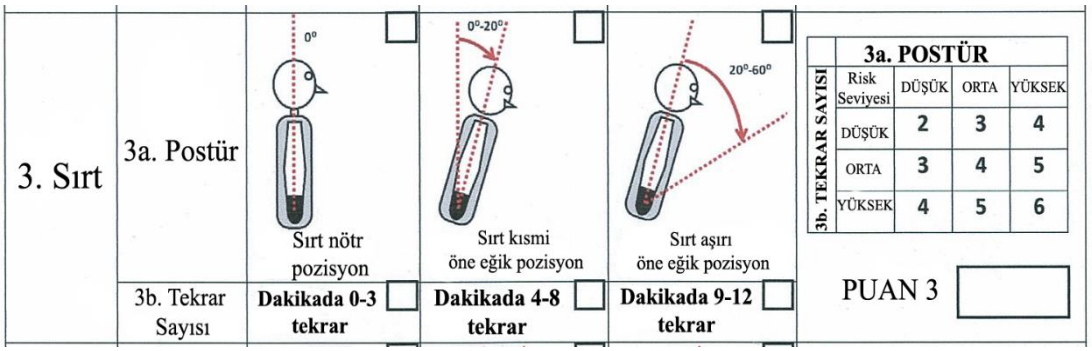
2.3 Sırt Posturü ve Tekrar Sayısı

Mork ve Westgaard yapmış olduğu çalışmalarda; sırt postürünün, kısmi olarak elektromiyografik hareketliliği etkilediğini vurgulamıştır. Ayrıca daha önceden burkulma ile ağrı öyküsü bulunan endüstriyel işçilerde görülen; esnek omurga postürü, sırt kaslarının dayanıklılığının azalması, fiziksel yönden hareketsizlik ve sırt ağrısı arasında kuvvetli bir neden-sonuç ilişkisi bulunduğunu değerlendirmiştir [17].

Şekil 3'te yer alan sırt postürü için kullanılan WERA yöntemi, 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; 0° nötr duruş düşük risk seviyesini, 0°- 20° arasında kısmi öne eğilme orta risk seviyesini, 20°- 60° arasında aşırı öne eğilme ise yüksek risk seviyesini ifade etmektedir [18].

Bernard'ın yaptığı araştırmalarda; yüksek sırt ağrısı riskinin, el ile yapılması gereken işlerde artan sırt hareket tekrar sayısının sıklığına bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. İş döngüsü içerisindeki kendisini tekrar eden sırta ilişkin hareketlerin sürekliliği ve yoğunluğu fiziksel rahatsızlık riskini ciddi oranda arttırmaktadır [13].

WERA yöntemi ile sırt tekrar sayısı puanını hesaplamak için benzer hareket modelinin kaç defa tekrar edildiği üzerinden bir değerlendirme yapıldığı görülür. Risk seviyeleri dakikada yapılan tekrar sayısına göre "hafif, orta ve ağır" olmak üzere 3 kategoride sınıflandırılmıştır. Düşük risk seviyesi dakika başı yapılan tekrarlayıcı hareket sayısı 1-3 olan işleri, orta risk seviyesi dakika başı yapılan tekrarlayıcı hareket sayısı 4-8 olan işleri, yüksek risk seviyesi ise dakika başı yapılan tekrarlayıcı hareket sayısı 9-12 olan işleri kapsar [11].



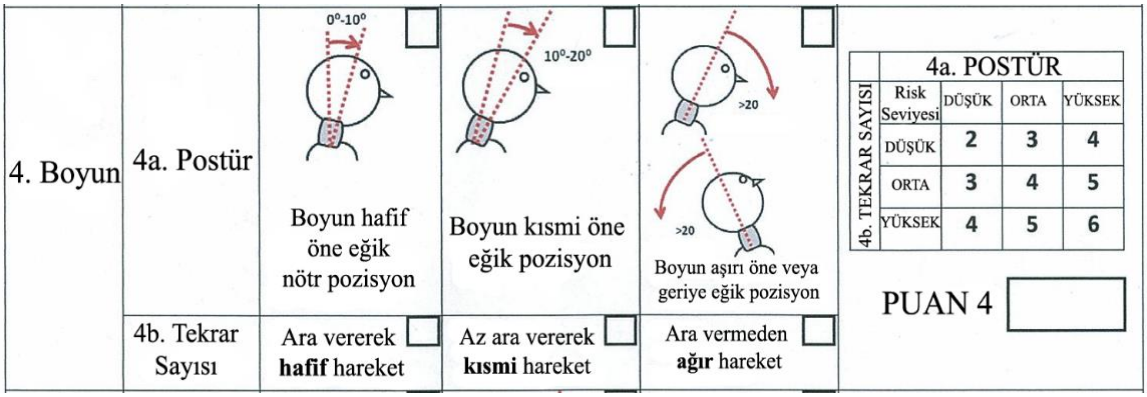
Şekil 3. WERA sırt risk değerlendirme kriterleri [11]

2.4 Boyun Postürü ve Tekrar Sayısı

Boyun ağrısı genç yaş grubunda yaygın olarak görülen bir rahatsızlık olmakla birlikte bu rahatsızlığı ortaya çıkaran faktörler arasında boyun postürü ön plana çıkmaktadır. Boyun ekstansiyonu ile uzun süreli bilgisayarda çalışmanın, yüksek boyun-omuz bozukluğu riski ile yakından ilişkisi olduğu yönündeki inanış yaygındır [19]

Şekil 4'de yer alan boyun postürü için kullanılan WERA yöntemi 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; 0°- 10° arasındaki esneme hareketi düşük risk seviyesini, 10°-20° arasındaki esneme hareketi orta risk seviyesini ve son olarak 20° ya da daha fazla oranda esneme ve uzanma hareketi yüksek risk seviyesini ifade eder.

WERA yöntemi ile verilen zaman dilimindeki boynun hareket sayısından ziyade boynun hareket modeli ve dinlenme sıklığı temel alınır. Risk seviyesini sınıflandırmak için hafif, orta ve ağır olmak üzere tanımlayıcı terimler kullanılmaktadır. Düşük risk "çok aralıklı hafif derecede hareketleri" belirtirken orta risk ise "az aralıklı orta derece hareketleri" belirtmektedir. Son olarak yüksek risk seviyesi ise "aralık vermeden gerçekleştirilen ağır derecede hareketleri" ifade eder.



Şekil 4. WERA boyun risk değerlendirme kriterleri [11]

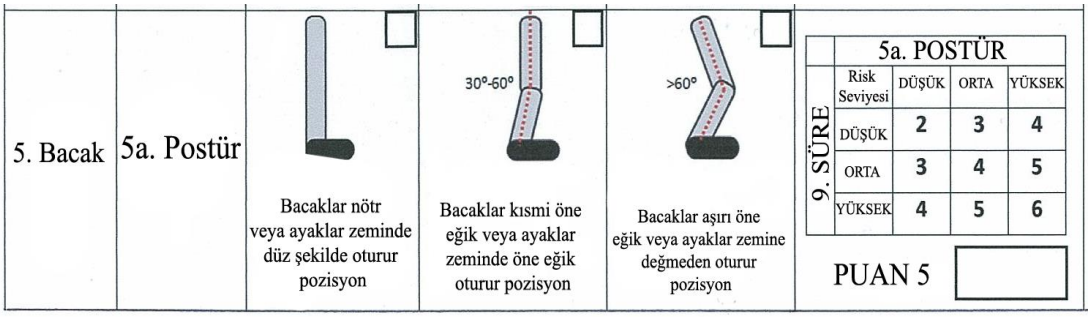
2.5 Bacak Posturü

Shinya tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, asimetrik yük taşıma işleminin tek bacakla taşıma görevi için gereken süreyi belirleyen basit bir biyomekanik faktör olduğu belirtilmiştir. Bu durum ise yük dağılımındaki dengesizliğin hareketi başlatma sürecini doğrudan etkilediğini göstermektedir [20].

Fong, Savelsbergh ve Leijsen tarafından yapılan çalışmalarda ise yerçekimi kuvvetinde olan artışın bacak duruşu üzerinde daha fazla etkisi olduğu hususu ortaya konulmuştur [21].

Talis, Grishin, Solopova, Oskanyan, Belenky ve Ivanenko (2008) yapmış oldukları çalışmada; ekstrem kasılmalar, yürüyüş ve hareketsiz ayakta durma esnasında iki bacak arasındaki maksimal güç üretimi veya ağırlık taşıma farkının genellikle %10'dan az olduğunu belirtmiştir**.** Oturma ve ayağa kalkma gibi hareketli geçişlerde ise bu asimetrinin daha belirgin hale geldiği ve denge açısından daha kritik olduğu ifade edilmiştir [22].

Şekil 5'te yer alan bacak postürü için kullanılan WERA yöntemi 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; 0° nötr pozisyon düşük risk seviyesini, 30°-60° arasındaki esneme hareketi orta risk seviyesini ve son olarak 60° ya da daha fazla oranda esneme hareketi yüksek risk seviyesini ifade eder.

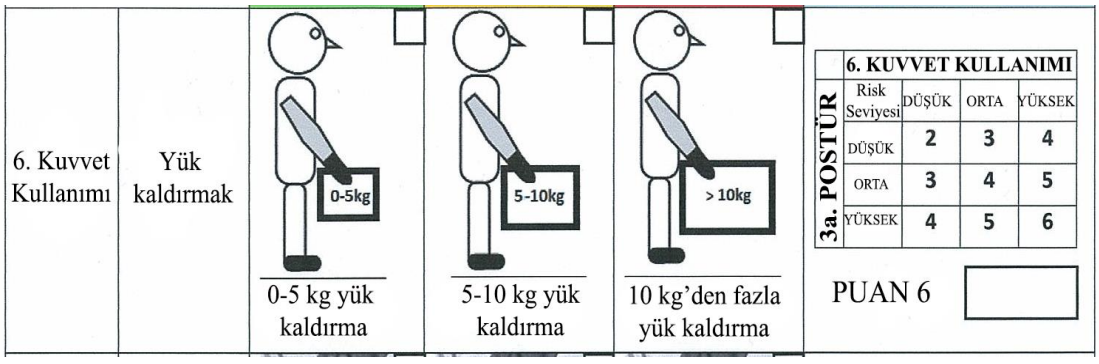


Şekil 5. WERA bacak risk değerlendirme kriterleri [11]

2.6 Kuvvet Uygulanması

Kuvvet uygulanmasına ilişkin risk faktörleri incelenirken çalışanın özellikle itme, çekme, ağırlık kaldırma ve taşıma gibi fiziksel aktivitelerde ne kadar kuvvet harcadığı incelenir. Uygulanan kuvvetin fazla oluşu vücutta fiziksel zorlanmalara neden olacağından kas-iskelet sistemine zarar verebilmektedir. Faber tarafından yürütülen çalışmalarda, el ile yük taşımanın sırt, bel ve omuz ağrısı oluşmasında önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Araç ve gereçlerin vücudun ön tarafında taşıması yerine, her iki elde yanda taşınması yükün ağırlığını böleceği için sırt ağrılarını azaltması beklenmektedir [23].

Şekil 6'da yer alan kuvvet kullanım puanı için kullanılan WERA yöntemi, taşınan yükün ağrılığına göre 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış ve bu seviyeler; düşük risk seviyesi için 0-5 kg yük, orta risk seviyesi için 6-10 kg ve son olarak yüksek risk seviyesi için 11 kg ve daha fazlası olarak belirlenmiştir.

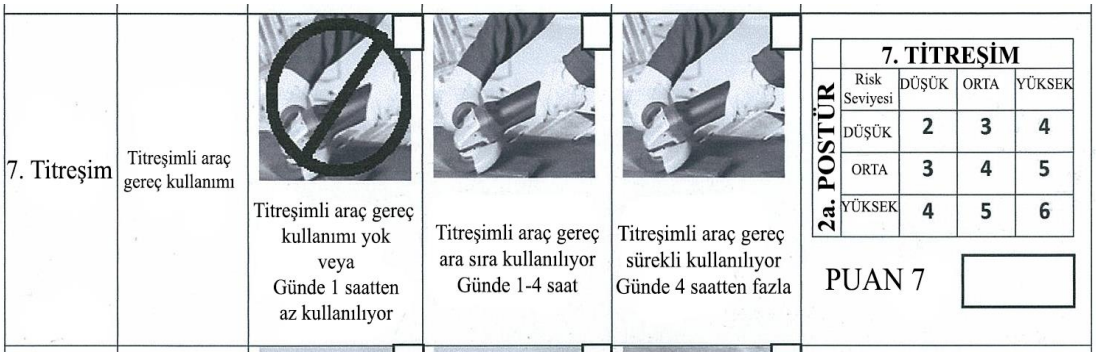


Şekil 6. WERA kuvvet kullanımı risk değerlendirme kriterleri [11]

2.7 Titreşim

Necking, Lundborg, Lundström ve Thornell tarafından yapılan çalışmada, el aletlerinin doğrudan ve uzun süreli kullanımının kas liflerine ve sinirlere zarar verebileceği belirtilmiştir. El ile yapılan çalışmalarda uzun süreli titreşime maruz kalmanın üst vücutta oluşabilecek damar, sinir ve kas-iskelet sistemlerini etkileyen çeşitli sağlık bozukluklarına sebep olabileceği belirtilmiştir [24].

Titreşime ilişkin risk faktörleri incelenirken çalışanların maruz kalmış oldukları alet titreşimlerinin yoğunluğu, süresi ve gücü incelenmektedir. Şekil 7'de yer alan titreşim puanı için kullanılan WERA yöntemi 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; hiç titreşimli araç ve gereç kullanmama durumu için düşük risk seviyesi, ara sıra titreşimli araç ve gereç kullanımı durumu için orta risk seviyesi ve son olarak sürekli titreşimli araç ve gereç kullanımı için yüksek risk seviyesi olarak ifade edilmiştir.

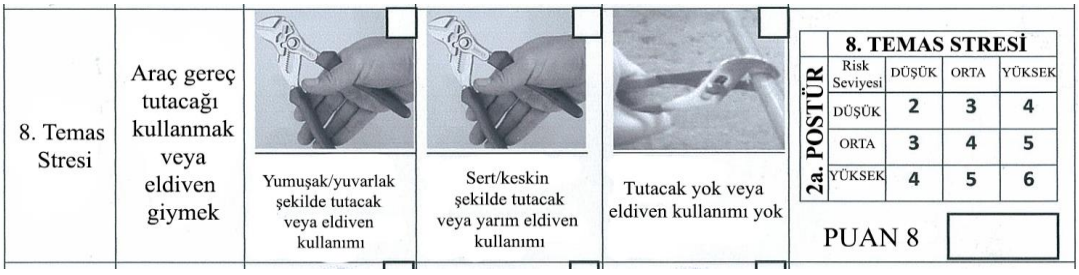


Şekil 7. WERA titreşim risk değerlendirme kriterleri [11]

2.8 Temas Stresi

WERA yönteminde kullanılan temas stresi kriteri, önemli risk faktörlerinden birisi olup çalışanların kullanmış olduğu araç ve gereçlerle temas ettikleri yüzey alanında oluşan baskı ve gerilimi ifade etmektedir. Çalışanların sert, keskin ve sivri yüzeyler üzerinden uygulamış olduğu tekrarlayıcı hareketler, vücut üzerinde basınç oluşturacağından yumuşak dokular, kas-iskelet ve damar ile sinir sistemleri hasarına neden olabilmektedir. Nitekim Chaffin vd. göre de el araç ve gereçlerinin kullanımı, üst vücut bölgesindeki pek çok kümülatif travma bozuklukları ile ilişkilendirilmiştir [25].

Şekil 8'de yer alan temas stresi puanı için kullanılan WERA yöntemi 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; kullanılan el araç ve gereci tutma yerinin yumuşak veya yuvarlak şekilde olması ya da eldiven kullanılması durumu için düşük risk seviyesi, kullanılan el araç ve gereci tutma yerinin sert veya keskin şekilde olması ya da yarım eldiven kullanılması durumu için orta risk seviyesi, kullanılan el araç ve gerecin tutma yerinin bulunmaması veya eldiven kullanılmaması durumu için yüksek risk seviyesi olarak ifade edilmiştir.



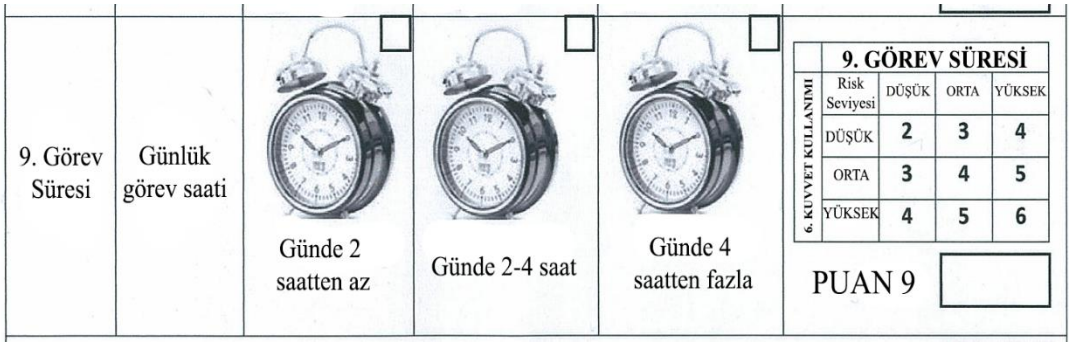
Şekil 8. WERA temas stresi risk değerlendirme kriterleri [11]

2.9 Görev Süresi

Bernard görev süresinin; sırt, omuz, kol, el, bilek ve boyun bölgelerinde görülen kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklar için ciddi bir risk faktörü olduğunu ifade etmiştir. [12]

Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığına bağlı İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi'nin 2000 yılında yayımlamış olduğu ergonomik standartlara göre; çalışanın gün içerisinde art arda 2 saatten fazla süreyle kesintisiz çalışması, başka risk faktörleri ile ele alındığında riskli olarak kabul edilmiştir [26].

Şekil 9'da yer alan görev süresi puanı için kullanılan WERA yöntemi 3 farklı seviye üzerinden sınıflandırılmış olup bu seviyeler; 2 saatten az süreyle yapılan çalışmalar için düşük risk seviyesi, 2 ile 4 saat arasında süren çalışmalar için orta risk seviyesi, 4 saatten fazla süreyle yapılan çalışmalar içinse yüksek risk seviyesi olarak ifade edilmiştir.



Şekil 9. WERA görev süresi risk değerlendirme kriterleri [11]

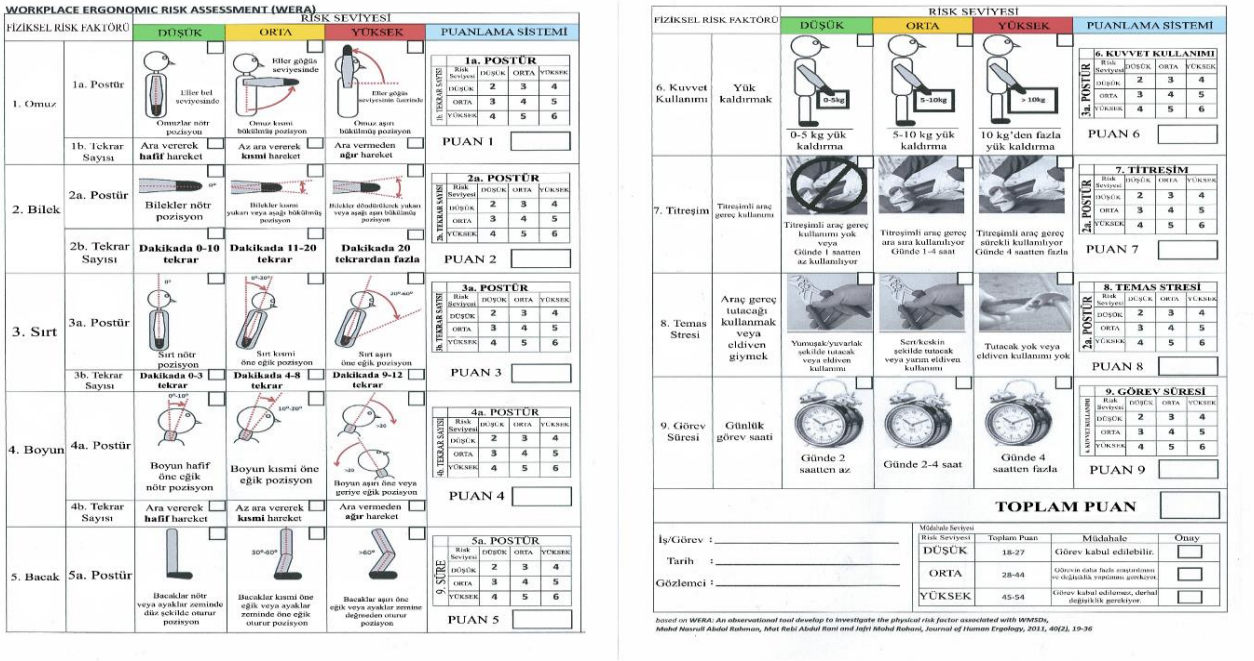
2.10 WERA Puanının Hesaplanması ve Müdahale Seviyesinin Belirlenmesi

Yapılan bilimsel çalışmalarda, ergonomik risk faktörlerinin kombinasyon şeklinde birbiriyle bağlantılı olarak incelenmesinin daha nesnel sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir. Yapılan birçok sağlık çalışmasında; birden fazla risk faktörünün bir arada değerlendirilmesinin, sadece tek bir risk faktörünün değerlendirmesine kıyasla kas ve iskelet sistemi hastalıkları açısından daha yüksek etkilenme düzeyiyle sonuçlandığını göstermiştir.

Örneğin yüksek düzeyde kuvvet uygulaması ile yüksek düzeyde tekrarlayıcı hareketlerin bir araya gelmesi, el ve bilek rahatsızlıkları üzerinde önemli bir etki yaratmaktayken; postür hataları, yük kaldırma sıklığı ve yük miktarının bir araya gelmesi bel ağrısının artmasına sebebiyet verecektir [27].

Yukarıda belirtilen temel prensipler doğrultusunda, WERA yönteminin puanlama sistemi tablosu oluşturulmuştur. Şekil 10 incelendiği zaman omuz, boyun, sırt, bilek ve bacak olmak üzere bütün fiziksel risk faktörlerinin; postür, tekrar sayısı, kuvvet kullanımı, titreşim, temas stresi ve görev süresi gibi olgularla birlikte değerlendirildiği görülmektedir [11].

Şekil 10. WERA risk değerlendirme tablosu [11]



Tablo 1. Risk kombinasyon tablosu

Fiziksel Risk Faktörleri	**Fiziksel Risk Kombinasyonu**
Omuz	Postür + Tekrar Sayısı
Bilek	Postür + Tekrar Sayısı
Sırt	Postür + Tekrar Sayısı
Boyun	Postür + Tekrar Sayısı
Bacak	Postür + Görev Süresi
Kuvvet Kullanımı	Kuvvet Kullanımı + Sırt Postürü
Titreşim	Titreşim + Bilek Postürü
Temas Stresi	Temas Stresi + Bilek Postürü
Görev Süresi	Görev Süresi + Kuvvet Kullanımı

Tablo 1'de görüldüğü üzere WERA yönteminde; omuz, bilek, sırt ve boyun bölgeleri için postür ile tekrar sayısı birlikte ele alınırken bacak bölgesi için postür ve görev süresi şeklinde bir kombinasyon kullanılmıştır. Titreşimin daha objektif bir biçimde değerlendirilmesi amacıyla, bilek postürü ile titreşim arasındaki kombinasyon dikkate alınmıştır. Benzer şekilde temas stresi de bilek postürü ile birlikte değerlendirilerek daha duyarlı bir sonuç alınması hedeflenmiştir. Kuvvet kullanımı incelenirken ise

kuvvet ile birlikte sırt postürü birlikte ele alınmıştır. Görev süresine ilişkin değerlendirme yapılırken kuvvet kullanımı ve yapılan işin süresi dikkate alınmıştır.

Tablo 2. WERA risk seviyelendirme tablosu [11]

Risk Seviyesi	Toplam Puan	Müdahale
Düşük	18-27	Görev kabul edilebilir.
Orta	28-44	Görevin daha fazla araştırılması ve değişiklik yapılması gerekiyor.
Yüksek	45-54	Görev kabul edilemez, derhal değişiklik yapılması gerekiyor.

Çalışan tarafından yapılan çalışmanın ergonomik açıdan uygunluğunun tespit edilebilmesi amacıyla Tablo 2'de yer alan toplam puanlama sistemi oluşturulmuştur. Bu puanlama sistemi, Şekil 10'da belirtilen ergonomik risk faktörlerinin birer birer incelemesi sonucunda elde edilen toplam puana göre hesaplanmıştır. Tablo 2'de yer alan puanlama sisteminin genel amacı, çalışma ortamındaki ergonomik risk düzeyini sınıflandırmak, iş güvenliği ve sağlığı açısından müdahale seviyelerini belirlemektir.

Yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda çalışma ortamındaki ergonomik risk; elde edilen toplam puana göre "düşük, orta ve yüksek riskli" olarak belirlenmektedir. Hesaplanan sonuca göre; 18-27 arası puanlandırma düşük risk seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Bu seviyede tespit edilen riskler minimum düzeyde olup herhangi bir müdahale gerekmeksizin ergonomik standartlara göre çalışma koşullarının sürdürülmesi beklenir. 28-44 arası puanlandırma orta risk seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Bu seviyede ergonomik açıdan olumlu iyileşmelerin neler olabileceği, kullanılan ekipman seçimleri ve işin planlaması gibi konuların daha fazla araştırma yapılarak değişiklik yapılması uygun görülmektedir. 45-54 arası puanlandırma ise yüksek risk seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Bu seviye ergonomik risk açısından kabul edilemez bir seviye olup çalışma koşulları, çalışma şekli, çalışma ortamı ve işteki pozisyonların değiştirilmesi gibi ivedi değişiklikler yapılması zorunludur.

2.11 WERA Yönteminin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

WERA yöntemi ile birlikte kas ve iskelet sisteminde bozukluklarına neden olabilecek faktörler bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Omuz, sırt, bilek, boyun ve bacak gibi bölgeler için ayrı ayrı puanlama sistemi oluşturulması sayesinde bölgesel olarak da ergonomik risk analizi yapılabilmektedir [28-34].

WERA yönteminin; ağırlıklı olarak gözleme dayalı olması, çalışma koşulları açısından doğrudan doğruya uygulanabilmesi ve ölçüm için herhangi bir cihaz gerektirmemesi sebebiyle hem pratik hem de zamansal açından daha verimlidir. Ergonomik risk faktörlerinin tespit edilmesinde kullanılan diğer yöntemlerle mukayese edildiği zaman, daha düşük maliyetli bir değerlendirme aracı olduğu görülmektedir. Diğer yandan risk faktörüne ilişkin kriterlerin ayrı ayrı puanlama yoluyla değerlendirilip toplam puan elde edilmesi, ergonomik müdahale gerekliliğini hızlı bir biçimde öğrenme imkânı sunmaktır [16].

WERA yönteminde kas aktivasyonu ve oksijen tüketimi gibi nesnel ölçümler bulunmaması ve sadece saha gözlemi ile pozisyon analizine dayanması sebebiyle fiziksel yüklenmelerin tam anlamıyla değerlendirilmesini engellenmektedir. [18].

WERA yöntemi durağan pozisyon ve gözleme dayanırken, sürekli olarak değişen dinamik iş endüstrilerinde ergonomik risk değerlendirilmesi yapmakta yetersiz olarak değerlendirilebilir. Özellikle vardiyalı olan çalışma koşullarında ya da iş rotasyonu uygulanan iş yerlerinde bu yöntemin etkinliği sınırlanabilmektedir [35].

WERA yöntemi ile daha çok makro ve genel düzeyde bir ergonomik risk değerlendirilmesi yapılmakta olup mikro düzeyde yapılan detaylı iş analizlerinde yöntemin hassasiyeti azalmaktadır. Bu sebeple kompleks ve detaylı iş yerlerinde RULA ve REBA gibi daha ayrıntılı risk değerlendirme yöntemleri kullanılması gerekmektedir [10]

3. WERA Yönteminin Uygulanması

Ülkemizdeki yasal mevzuat incelendiği zaman işyeri tehlike sınıflarının daha önceden belirlendiği ve bu sınıfların değişen iş koşullarına göre de güncellendiği görülmektedir. 26.12.2012 tarihinde yayınlanan 28509 sayılı Resmi Gazete'deki İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde "Gemi İnşaat, Yapım, Onarım, Bakım ve Montaj" işlerinin çok tehlikeli işyeri kapsamında yer aldığı görülmektedir. (Resmi Gazete (RG). (2013). İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. RG No: 28509.)

Bu nedenle çalışmada çok tehlikeli olarak sınıflandırılan gemi inşaat sektöründeki ergonomik risklerin değerlendirilmesi amacıyla İstanbul'da bulunan bir gemi tersanesinde çalışmakta olan gemi teknikeri personelinin çalışma ortamı ve sistemi üzerine araştırma yapılmıştır. Personelin çalışma pozisyonu ve sıklıkla tekrar ettiği hareketler fotoğraf makinesi ile çekilerek açı analizleri yapılmış ve boyun, sırt, bilek, bacak postürlerine ilişkin tespit edilen açısal değerler Şekil 11'de gösterilmiştir. Gözlemlenen gemi teknikerine ilişkin 9 farklı fiziksel risk faktörü değerlendirilmiş olup hesaplanan toplam WERA puanı Tablo 3'te verilmiştir.

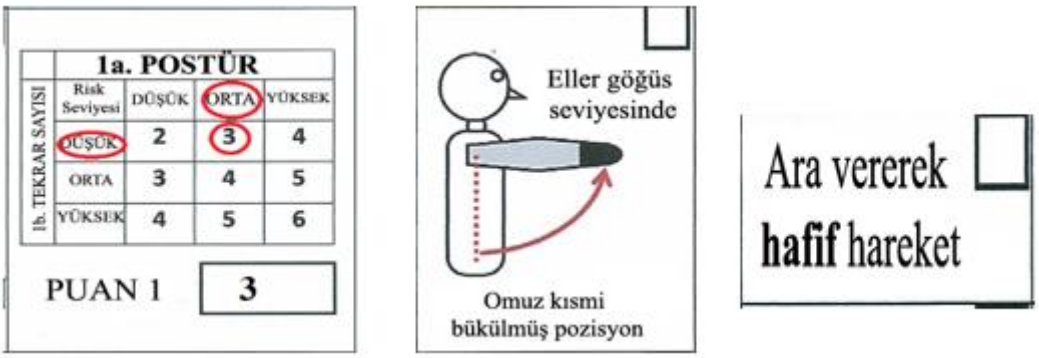


Şekil 11. Çok tehlikeli endüstride çalışan duruşu

3.1 WERA Analizi Değerlendirme Kriterleri

3.1.1 Omuz Postürü ve Tekrar Sayısı

Gemi teknikerinin çalışma günü içerisinde yaptığı görevlerin başında gelen kaynak işi esnasında omuzların postürü ve tekrar sayısı Şekil 10'da belirtildiği üzere gözlemlenmiştir. Teknikerin omuz postürünün, kaynak işini yaptığı sırada 25° göğüs hizasına doğru kaldırdığı tespit edilmiştir. Bu nedenle omuz postürü Şekil 12'de belirtilen kriterlere göre orta risk seviyesi olarak işaretlenmiştir. Omuz tekrar sayısı içinse teknikerin görev süresi boyunca "sık aralıklı hafif hareketler" yaptığı anlaşıldığından Şekil 12'de belirtilen kriterlere göre düşük risk seviyesi kapsamındadır. Bu nedenle omuz bölgesi için risk puanı 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 12. WERA Omuz Değerlendirmesi

3.1.2 Bilek Postürü ve Tekrar Sayısı

Teknikerin gün içerisinde kaynak işini yaparken çok sık bilek esneme hareketi yapmadığı ve sabit tuttuğu görülmüştür. Bilek postürünün 18° olduğu tespit edilmiş ve Şekil 13'te orta risk seviyesi işaretlenmiştir. Tekrar sayısı ise dakikada 0-10 tekrar arasında olup düşük risk seviyesi olarak işaretlenmiştir. Bu nedenle bilek bölgesi için risk puanı 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 13. WERA Bilek Değerlendirmesi

3.1.3 Sırt Postürü ve Tekrar Sayısı

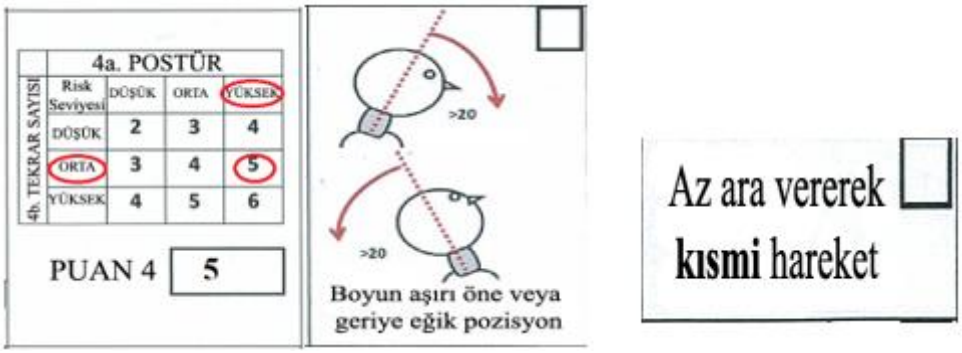
Teknikerin gün içerisinde yaptığı hareketlerin çoğunluğunda sırtının belirgin biçimde öne doğru eğilmiş durumda olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlemler doğrultusunda en sık durduğu çalışma pozisyonunda dikey eksene göre sırt açısının 37° olduğu tespit edilmiş ve Şekil 14'de postür puanı yüksek risk seviyesi olarak işaretlenmiştir. Tekrar sayısı ise dakikada 10 tekrar olup yüksek risk seviyesine dahil edilmiştir. Bu nedenle sırt bölgesi için risk puanı 6 olarak belirlenmiştir.



Şekil 14. WERA Sırt Değerlendirmesi

3.1.4 Boyun Postürü ve Tekrar Sayısı

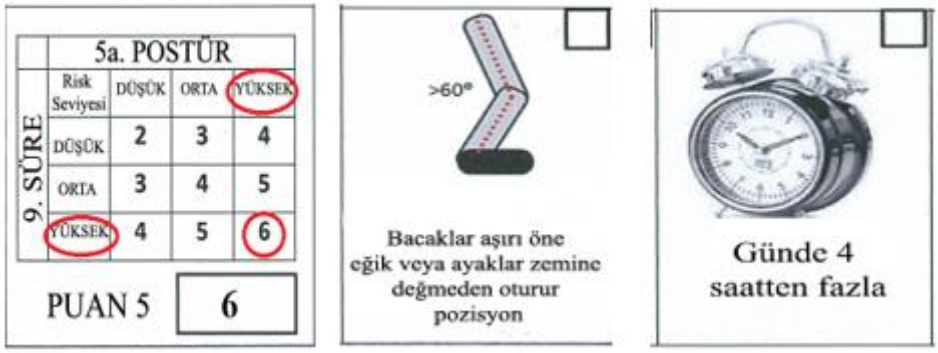
Teknikerin görev esnasında en sık kullandığı pozisyonlardan yola çıkarak gün içerisinde boyun postürü açısının genel olarak 27,3° yani yüksek risk seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Tekrar sayısı ise "az aralıklı kısmi hareket" düzeyi yani orta risk seviyesindedir. Bu nedenle Şekil 15'te boyun bölgesi için risk puanı 5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 15. WERA Boyun Değerlendirmesi

3.1.5 Bacak Postürü

Teknikerin kaynak esnasında çoğunlukla bacağını büküp eğilerek çalıştığı kaydedilmiştir. Bu bükülme esnasında bacak postüründe oluşan açı 108°'dir. Oluşan bu açı, postür değerlendirmesi açısından yüksek risk seviyesi olarak sınıflandırılmaktadır. Görev süresi açısından ele alındığında personelin günde 4 saatten fazla çalıştığı tespit edilmiş olup yüksek risk seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle Şekil 16'da bacak bölgesi için risk puanı 6 olarak belirlenmiştir.



Şekil 16. WERA Bacak Değerlendirmesi

3.1.6 Kuvvet Uygulanması

Personelin kaynak işi yaparken çok fazla yük kaldırmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle kaldırılan yük açısından düşük risk seviyesindedir. Sırt açısının 37° olması sebebiyle sırt postür puanlandırması ise yüksek risk seviyesindedir. Şekil 17'de kuvvet kullanımına ilişkin puanı 4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 17. WERA Kuvvet Uygulanması Değerlendirmesi

3.1.7 Titreşim

Tekniker görevini yaparken titreşimli araç gereç kullanmamış olup bu sebeple titreşim risk seviyesi düşük olarak gözlemlenmiştir. Daha önce değerlendirilen risk faktörlerinden biri olan bilek açısı ise 18° ile orta risk seviyesindedir. Şekil 18'de titreşim risk faktörüne ilişkin puanı 2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 18. WERA Titreşim Değerlendirmesi

3.1.8 Temas Stresi

Bu değerlendirmede personelin eldiven kullanımı ve bilek postürü değerlendirilmiştir. Personel sürekli olarak eldiven kullandığından temas stresi risk seviyesi düşük olarak belirlenmiştir. Bilek postürü risk seviyesi ise 18° ile düşük risk seviyesindedir. Şekil 19'da temas stresi yönünden puanı 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 19. WERA temas stresi değerlendirmesi

3.1.9 Görev Süresi

Personelin günlük görev süresinin 8 saat olduğu gözlemlendiğinden yüksek risk seviyesi kapsamındadır. Kuvvet kullanımı ise 2 puanla düşük risk seviyesindedir. Şekil 20'de görev süresi yönünden puanı 5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 20. WERA görev süresi değerlendirmesi

3.1.10 Bölgesel Risk Değerlendirmesi ve Toplam WERA Puanın Hesaplanması

WERA değerlendirme yönteminin öne çıkan özelliklerinden birisi kas ve iskelet sistemi bozukluklarını tespit ederken hem bütüncül hem de bölgesel olarak risk puanı hesaplaması yapılabilmesidir. Bu bağlamda yapmış olduğumuz çalışmada risk puanı 2-3 (düşük risk seviyesi) olan vücut bölgeleri omuz ve bilektir. Risk puanı 4 (orta risk seviyesi) olan herhangi bir bölge bulunmamaktadır. Son olarak risk puanı 5-6 (yüksek risk seviyesi) olan bölgeler ise; bacak, sırt ve boyundur. Her bir fiziksel risk faktörünün WERA puanı ölçüt alınarak Tablo 3'te fiziksel risk özeti oluşturulmuştur. Bu özet doğrultusunda çalışanın görevi esnasında kas ve iskelet sisteminde en çok yıpranan vücut bölgelerinin sırt, boyun ve bacak olduğu anlaşılmıştır. Müdahale seviyesinin tespit edilebilmesi için birbiriyle ilişkilendirilmiş olan dokuz farklı risk faktörünün puanları ölçüt alınarak toplam (WERA) puan hesaplanmıştır.

Tablo 3. WERA Puan Hesaplaması

Düşük Risk Seviyesi			**Orta Risk Seviyesi**		**Yüksek Risk Seviyesi**				**Toplam Puan**
Omuz	Bilek	Titreşim	Temas Stresi	Kuvvet	Görev Süresi	Bacak	Boyun	Sırt	**37**
3	3	3	3	4	4	6	5	6	

3.1.11 WERA Müdahale Seviyesi

Tablo 3'te belirtildiği üzere ilgili çalışma yönünden WERA puanı hesaplandığında toplam 37 puan olduğu ve müdahale seviyesinin orta risk seviyesi kapsamında kaldığı anlaşılmaktadır.

Müdahale Seviyesi

Risk Seviyesi	Toplam Puan	Müdahale	Onay
DÜŞÜK	18-27	Görev kabul edilebilir.	☐
ORTA	28-44	Görevin daha fazla araştırılması ve değişiklik yapılması gerekiyor.	☑
YÜKSEK	45-54	Görev kabul edilemez, derhal değişiklik gerekiyor.	☐

Şekil 21. WERA müdahale seviyesinin belirlenmesi tablosu

Şekil 21'de belirtilen sonuca göre ergonomik risklerin azaltılması ve çalışanların iş sağlığı ve güvenliğinin korunması amacıyla çalışma koşullarının daha detaylı araştırılması, değişiklik ve iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

4. Bulgular ve Tartışma

Yapılan araştırma ve elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere; gemi gibi fiziksel kapasitenin yeterli olmadığı iş yerlerinde; montaj, kaynak ve inşaat gibi işlemler yürütülürken tekrarlayıcı hareketler, uygunsuz vücut postürleri, uzun süreli çalışma gibi durumlar kas ve iskelet sistemine ciddi zararlar vermektedir. Bu bağlamda gözlemlenen gemi teknikeri açısından, özellikle test sonucunda yüksek puan alan sırt, boyun ve bacak bölgeleri için ergonomik risk değerlendirilmelerinin yapılması; gereken değişiklik ve önlemlerin alınması gerekmektedir.

4.1 Sırt Bölgesinin Değerlendirilmesi

Şekil 10'da sırt ve bel duruşunun aşırı derece öne doğru eğilmiş olduğu; çalışanın gün içerisinde gerek kaynak yaparken gerekse de gemi halatı bağlarken eğilmek zorunda kaldığı gözlemlenmiştir. Çalışanın sırt bölgesi açısından risk puanın 6 olduğu tespit edilmiş olup ergonomik açıdan kabul edilebilir seviyelere indirilmesi için;

- Sırtı destekleyen kemerlerin temin edilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması,
- Diz çökülmesi veya aşırı derece eğilmesi gereken işlerde sandalye, tabure gibi yardımcı eşyalardan faydalanılması,
- Yüksek alanlarda yapılacak çalışmalar yönünden yükselti, platform, merdiven veya iskele sisteminin kullanılması gerekmektedir.

4.2 Boyun Bölgesinin Değerlendirilmesi

Şekil 11'de çalışanın boynunun aşağı yönde eğildiği ve bu pozisyonda işini yaptığı gözlemlenmiştir. Boyun bölgesi risk puanının 5 olduğu tespit edilmiş olup ergonomik açıdan kabul edilebilir seviyelere indirilmesi için;

- Kullanılan kaynak ekipmanlarının (kaynak maskesi ve kaynak makinesi) üretiminde hafif ham madde kullanılan ürünlerin tercih edilip boyun bölgesine uygulanan fiziksel baskının azaltılması,

- Çalışma süresinin bütünlüğü içerisinde çalışanın 45 dakikada bir mola verip dinlenmesi ve baş bölgesinin sağa-sola-yukarı-aşağı çevrilerek boyunda bulunan kas grubunun rahatlatılması sağlanmalı,

- Sürekli bir biçimde aynı kas grubunun çalışmasını önlemek amacıyla iş rotasyonu yapılmalıdır.

4.3 Bacak Bölgesinin Değerlendirilmesi

Şekil 10'da çalışanın bacağının öne doğru büküldüğü, tekrar edecek şekilde çömeldiği ve diz çöktüğü gözlemlenmiştir. Bacak bölgesi risk puanının 6 olduğu tespit edilmiş olup ergonomik açıdan kabul edilebilir seviyelere indirilmesi için;

- Bacak ağrısı ve sakatlığı riskini azaltmak için dizlik gibi koruyucu ekipmanların kullanımı sağlanmalı,

- Uzun süreli ayakta çalışma gerektiren durumlarda ayak sağlığının korunması ortopedik ayakkabı kullanımının yaygınlaştırılması,

- Uzun süreli ayakta çalışmak yerine yardımcı ekipmanlar aracılığıyla oturarak çalışmanın planlaması yapılmalı

Bölgesel olarak yapılan geliştirme ve iyileştirme önerileri dışında bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirildiği zaman, yukarıda belirtilen önlemlerin yanı sıra aşağıda belirtilen önlemlerinde uygulanması gerekmektedir.

- Güneşli ve sıcak günlerde açık alanda çalışan personelin güneşten etkilenmesini önlemek maksadıyla termal elbise kullanmasını sağlayarak termal konfor seviyesinin arttırılması sağlanmalı,

- Uzun süreli olarak aynı işin yapılması kas ve iskelet sistemine vereceğinden iş rotasyonu oluşturarak aynı işin sırasıyla farklı personel tarafından yaptırılması sağlanmalı,

- Personelde iş güvenliği ve sağlığı bilincinin oluşturulması amacıyla her sene 4 ile 10 Mayıs arasında kutlanan İş Sağlığı ve Güvenliği haftasının verimli bir biçimde değerlendirilmesi için uzman kişiler tarafından teknik eğitimlerin verilmesine önem gösterilmelidir.

Bulgu ve tartışmalar kısmında son olarak; ergonomik risk analiz yöntemlerinin çeşitliliğinin fazla olmasına ve ayrıntılı çalışmaların yapılabileceğine dikkat çekilmelidir. Ergonomik risk analiz yöntemleri; tüm sektörlerde kullanılacak şekilde oldukça fazla ve ayrıntılıdır. Bu yöntemler; Anahtar Gösterge Yöntemi (Leitmerkmalmethoden, LMM), REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemi, RULA (Rapid Upper Limb Assessment) yöntemi, ROSA (Rapid Office Strain Assessment) yöntemi, Ergo-Test yöntemi, NIOSH Kaldırma indeksi yöntemi, OCRA (The Occupational Repetitive Actions Methods) yöntemi, OWAS (Ovako Working Posture Assesment System) yöntemi, BRIEF (Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors) yöntemi, Muri dokuz nokta yöntemi, WISHA kaldırma hesaplaması yöntemi, ERAF (Ergonomik Risk Analizi Formu) yöntemi, Cornell Anketi yöntemi, QEC (Quick Exposure Check) yöntemi ve WERA (Workplace Ergonomic Risk Assessment) yöntemi şeklindedir. Detaylı ve çok çeşitli amaçlar için kullanılarak çok ayrıntılı ergonomik risk analizleri tüm sektörler için yapılarak sektöre ve tehlikeli işlere yönelik ergonomik riskler ayrıntılı olarak ortaya konur. Böylece tüm sektörlerde iş kazaları ve meslek hastalıkları ortaya çıkmadan engellenmiş olur.

5. Sonuç

Ergonomi son yıllarda hızla gelişen ve çalışma şartlarında çalışanlara ve çalışma ortamına yönelik bilimsel ve sistemli düzenlemeler yapan bir bilim dalıdır. Dolayısıyla çalışanların ergonomik risk analizleri yapıldığında çalışma refahı arttırılmış ve çalışma ortamı düzenlenmiş olacaktır. Böylece çalışma verimliliği artacak ve oluşan iş kazalarında azalmalar görülecektir.

Yapılan çalışmada gemi bakım, onarım ve montaj sektöründe çalışan gemi teknikeri üzerinden ergonomik risk değerlendirmesi WERA yöntemi ile yapılmıştır. Yöntemde omuz postürü ve tekrar sayısı, bilek postürü ve tekrar sayısı, sırt postürü ve tekrar sayısı, boyun postürü ve tekrar sayısı, bacak postürü, kuvvet uygulanması, titreşim, temas stresi ve görev süresi gemi teknikerinin çalışma duruşu için ayrı ayrı puan verilerek WERA müdahale seviyesi 37 puan olarak hesap edilmiştir. Müdahale seviyesi "28-44" puan aralığında olduğu için gemi teknikerinin "görevin daha fazla araştırılması ve değişiklik yapılması gerektiği" önlemli orta risk seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak ergonomik risklerin öncelikle doğru yöntem aracılığıyla tespit edilmesi, sonrasında yardımcı ekipman kullanımı, postür değişikliği, iş yerinin fiziksel koşullarının değiştirilmesi ve özbilinç yönünden iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verilmesi konusunda önlemlerin alınması gerekmektedir. Önlemlerin işin kaynağında, ortamında ve kişide uygulanması ile ergonomik risklerin en aza indirileceği ve iş kazalarının ve meslek hastalıklarının sayısının azaltılabileceği ortaya konmuştur.

Kaynaklar

[1] Jahangiri, M., Moussavi Najarkola, S. A., Gholami, T., Mohammadpour, H., Jahangiri, A., Hesam, G., Jalali, M. (2015). Ergonomics Intervention to Reduce Work-Related Musculoskeletal Disorders in a Lead Mine. Health Scope, 4(4).

[2] Özfırat, PM, Yetkin, ME, Özfırat, MK. (2017). Uzunayak Madenciliğinde Kazı İşçisinin Çalışma Ergonomisi, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi sağılığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Adana.

[3] Chaudhary,D.K., Bhattacherjee, A., Patra, A.K., Upadhyay, R., Chau, N.(2019). Associations Between Whole-Body Vibration Exposure and Occupational and Personal Factors in Drill Operators in Indian Iron Ore Mines. Mining, Metallurgy Exploration, 36(3),495-511.

[4] Yağcı, M., Yıldızlar, O., & Yıldırım, M. (2022). Madencilik Sektöründe Görülen Ergonomik Risk Faktörleri. Ergonomi, 5(1), 55-71. https://doi.org/10.33439/ergonomi.1070084.

[5] Shiri, R., Turunen, J., Karhula, K., Koskinen, A., Sallinen, M., Ropponen, A., Ervasti J, Härmä M. (2023). The association between the use of shift schedule evaluation tool with ergonomics recommendations and occupational injuries: a 4-year prospective cohort study among healthcare workers. Scand. J. Work. Environ. Health 49 (2), 108–116. https://doi.org/10.5271/sjweh.4068.

[6] Aksu, Ö., Keskin, Y., Özdemir, F., Has, S., Özfırat, PM. (2025). Yeraltı Madenciliğinde Reba ve Rula Yöntemiyle Ergonomik Risk Analizi, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş güvenliği Sempozyumu'2025 Bildiriler Kitabı, 14-15 Mayıs 2025, Soma - Türkiye.

[7] Çelikdağ, O. (2025). Yeraltı Maden İşlerinde Domuz Damı Uygulamasına Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirmesi: Reba Yöntemiyle Bir Alan İncelemesi, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş güvenliği Sempozyumu'2025 Bildiriler Kitabı, 14-15 Mayıs 2025, Soma - Türkiye.

[8] Brisbine, B.R, Molloy, RH., Carstairs, GL., Coltman, CE. (2026). Soldiers experience fit issues, musculoskeletal pain, and equipment and mobility interference with military body armour, Applied Ergonomics, Volume 130, 2026, 104645, ISSN 0003-6870.

[9] Karhula, K., Shiri, R., Ervasti, J., Koskinen, A., Ropponen, A., Sallinen, M., Turunen, J., Härmä, M., (2026). Effects of the use of a shift schedule evaluation tool with ergonomic recommendations on employee wellbeing - a quasi-experiment in the Finnish healthcare sector, Applied Ergonomics, Volume 130, 104638, ISSN 0003-6870.

[10] Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*. Applied Ergonomics, 31(2), 201–205.

[11] Rahman, M.N.A., Rani, M.R.A., and Rohani, J.M. (2011) WERA: An observational tool develop to investigate the physical risk factors associated with WMSDs, Journal of Human Ergology, 40 (2), 19-36.

[12] Antony, NT and Keir, PJ (2010) Effects of posture, movement and hand load on shoulder muscle activity. J. Electro. & Kines., 20: 191-198

[13] Bernard, BP (1997) Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for workrelated musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH

[14] Latko, WA, Armstrong, TJ, Franzblau, A, Ulin, SS, Werner, RA and Albers, JW (1999) Cross-sectional study of the relationship between repetitive work and the prevalence of upper limb musculoskeletal disorders. Am. J. Ind. Med,. 36: 248-259.

[15] Arvidsson, I, Åkesson, I and Hansson, GA (2003) Wrist movements among females in a repetitive, non-forceful work. Appl. Ergon., 34: 309-316.

[16] David, G, Woods, V, Li, G and Buckle, P (2008). "The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. Appl. Ergon., 39: 57-69

[17] Mork, PJ and Westgaard, RH (2009) Back posture and low back muscle activity in female computer workers: A field study. Clin.Biomech., 24: 169-175.

[18] McAtamney, L, and Corlett, EN (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Appl. Ergon., 24: 91-99.

[19] Straker, LM, O'Sullivan, PB, Smith, AJ and Perry, MC (2009) Relationships between prolonged neck/shoulder pain and sitting spinal posture in male and female adolescents. Manual Therapy., 14: 321-329

[20] Shinya, M, Yamada, Y and Oda, S (2009) Weight distribution influences the time required to lift the leg even under normal standing condition. Gait & Posture., 29: 623-627.

[21] Fong, BF, Savelsbergh, GJP, Leijsen, MR and Vries, JIP (2009) The influence of prenatal breech presentation on neonatal leg posture. Early Hum. Dev., 85: 201-206.

[22] Talis, VL, Grishin, AA, Solopova, IA, Oskanyan, TL, Belenky, VE and Ivanenko, YP (2008) Asymmetric leg loading during sit-to-stand, walking and quiet standing in patients after unilateral total hip replacement surgery. Clin. Biomech., 23: 424- 433

[23] Faber, GS, Kingma, I, Bakker, AJM and Dieën, JHV (2009) Low-back loading in lifting two loads beside the body compared to lifting one load in front of the body. J. Biomech., 42: 35-41.

[24] Necking, LE, Lundborg, G, Lundström, R, Thornell, LE and Fridén, J (2004) Hand muscle pathology after long-term vibration exposure. J. Hand Surgery., 29: 431-437

[25] Chaffin, DB, Andersson, GBJ and Martin, BJ (2006) Occupational Biomechanics, Fourth ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.

[26] Occupational Safety and Health Administration - OSHA (2000) Ergonomics program standard. Federal Register 2000/Rules and Regulations; 65: 220,4. Washington, DC.

[27] Ciriello, VM, Snook, SH, Webster, BS and Dempsey, P (2001) Psychophysical study of six hand movements. Ergon., 44: 922- 936

[28] Hossain, M.D., et al. (2013). *Workplace ergonomic risk assessment in the ready-made garment industry of Bangladesh using WERA*. Advances in Human Factors and Ergonomics.

[29] Saedpanah K, Motamedzade M, Salimi K, Eskandari T, Samaei SE. Physical Risk Factors among Construction Workers by Workplace Ergonomic Risk Assessment (WERA) Method. Archives of Occupational Health. 2018; 2(1): 56-62.

[30]Joshi, M, Deshpande, V. (2019). A systematic review of comparative studies on ergonomic assessment techniques, International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 74, 102865, ISSN 0169-8141.

[31]Sukania, W, Ariyanti, S, Jayusman, M, Nasution, SR. (2020). Risk Assessment Of Working Posture And Implementation of New Workstation to Increase Productivity, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing.

[32]Siska, M., Harahap, AA. (2022). *Improvement in Body Posture of Sumedang Tofu Small Enterprise Workers Using Workplace Ergonomic Risk Assessment (WERA).* Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, 11 (2): 128-138.

[33]Krishnanmoorthy G, Rampal S, Karuthan SR, Baharudin F, Krishna R(2025). *Effectiveness of Participatory Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Disorders, Sick Absenteeism, and Work Performance Among Nurses: Systematic Review.* JMIR Hum Factors, 12: 68522.

[34]Mousavi M, Montazeri A, Esnaaharieh M, Izadi N, Poursadeghi M, Salehi Sahlabad A. Comparison and Agreement Assessment of WERA, QEC, and ART Methods in Evaluating Musculoskeletal Disorders Risk Among Urban Taxi Drivers in Tehran. Physical Treatments. (Article in Press)

[35] Takala, E. P., et al. (2010). *Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work*. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 36(1), 3–24.