

Yeni nesil ağrı yönetimi: Ortopedik cerrahide inovatif çözümler

Next generation pain management: Innovative solutions in orthopedic surgery

Sevilay Erden, İlknur Tura

Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği Ana Bilim Dalı, Adana

Ortopedik cerrahi ameliyatları, kas-iskelet sistemi dokusunda yoğun nosiseptif uyarımı nedeniyle ciddi ağrıya sebep olmaktadır. Bu ameliyatlar kemik doku, kas doku, yumuşak doku, kan damarları ve periferik sinirleri etkilediği için çoklu travmaya neden olarak, ameliyat sonrası ağrının en sık ve en yoğun yaşandığı ameliyat türlerinden biridir. Ancak ortopedi hastalarında gelişen akut ağrının en az iki aydan uzun sürmesinden kaynaklı, günümüzde sağlık alanındaki teknolojik ilerlemelere ve ağrı yönetimi konusunda artan farkındalığa rağmen, ağrı kontrol altına alınamamakta ve kronikleşebilmektedir. Çoklu ağrı kaynaklarının olması kas, kemik, eklem ve sinir ağrılarını azaltmak için hem nosiseptif hem de nöropatik ağrı kontrol yöntemlerinin yer aldığı multimodal analjezi kullanımını gerektirmektedir. Sağlık sektörü, teknolojik ve bilgi yoğunluğunun yüksek olduğu inovatif destekli sektörlerin içerisinde yer almaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte hastalıkların tedavi seçeneklerinin çeşitlenmesi etkili ağrı yönetimi için bu teknolojik yöntemlerden yararlanılmasını gerekli kılmaktadır. Ağrı yönetiminde anahtar rolü üstlenen hemşireler, bu rollerini yerine getirirken multidisipliner ekibi bir araya getirerek ağrı yönetim uygulamalarına güncel inovatif uygulamaların dâhil edilmesini desteklemektedir.

Anahtar sözcükler: ağrı yönetimi; ameliyat sonrası ağrı; inovasyon; ortopedik cerrahi

Orthopedic surgery operations cause serious pain due to intense nociceptive stimulation in the musculoskeletal tissue. Since these operations affect bone tissue, muscle tissue, soft tissue, blood vessels and peripheral nerves, they cause multiple trauma and are one of the most common and intense types of surgery in which postoperative pain is experienced. However, due to the fact that acute pain in orthopedic patients lasts for at least two months, despite technological advances in the field of health and increasing awareness about pain management, pain cannot be controlled and can become chronic. The presence of multiple sources of pain necessitates the use of multimodal analgesia, which includes both nociceptive and neuropathic pain control methods, to reduce muscle, bone, joint and nerve pain. The health sector is among the innovative supported sectors with high technological and knowledge density. With the developing technology, the diversification of treatment options for diseases necessitates the use of these technological methods for effective pain management. Nurses, who play a key role in pain management, should bring together the multidisciplinary team while fulfilling this role and support the inclusion of current innovative practices in pain management practices.

Key words: pain management; postoperative pain; innovation; orthopedic surgery

Ortopedik cerrahi girişim gerektiren başlıca durumlar arasında romatoid artrit, osteoartrit, gonartroz, kemik tümörleri ve eklem içi sorunlar sayılabilir.^[1] Bu sorunların tedavisinde total kalça artroplastisi, total diz artroplastisi, revizyon cerrahisi, artroskopi, osteotomi ve kırık cerrahisi yapılmaktadır. Ortopedi ameliyatlarının uzun sürmesi, ameliyat sonrasında hastanın belirli bir süre hareket kaybının olması, hastada protez, alçı, atel, dren gibi araç gereçlerin bulunması, aynı zamanda ameliyat sonrası dönemde yaşanan korku ve anksiyete, hastaların ağrı yaşamasına neden olmaktadır.^[2]

Ortopedik cerrahi ameliyatları, kas-iskelet sistemi dokusunda yoğun nosiseptif uyarımı nedeniyle ciddi ağrıya sebep olmaktadır. Bu ameliyatlar kemik doku, kas doku, yumuşak doku, kan damarları ve periferik sinirleri etkilediği için çoklu travmaya neden olarak, ameliyat sonrası ağrının en sık ve en yoğun şekilde yaşanmasına yol açmaktadır.^[1,2] Ek olarak, ortopedi hastalarında gelişen akut ağrının en az iki aydan uzun sürmesinden kaynaklı, günümüzde sağlık alanındaki teknolojik ilerlemelere ve ağrı yönetimi konusunda artan farkındalığa rağmen, ağrı kontrol altına alınamamakta ve kronikleşmektedir.

İletişim / Contact: Prof. Dr. Sevilay Erden • E-posta / E-mail: sevilaygil@gmail.com

ORCID ID: Sevilay Erden, 0000-0002-6519-864X • İlknur Tura, 0000-0002-1371-9458

Geliş / Received: 31 Aralık 2024 • **Revizyon / Revised:** 4 Ocak 2025, 12 Şubat 2025 • **Kabul / Accepted:** 13 Şubat 2025

Gelişen teknolojiyle birlikte hastalıkların tedavi seçeneklerinin çeşitlenmesi etkili ağrı yönetimi için bu teknolojik yöntemlerden yararlanılmasını gerekli kılmaktadır.^[2]

ORTOPEDİK CERRAHİDE İNOVATİF AĞRI YÖNETİMİ

Sağlık sektörü, teknolojik ve bilgi yoğunluğunun yüksek olduğu inovatif destekli sektörlerin içerisinde yer almaktadır. Sürekli gelişen internet, sosyal medya, mobil uygulamalar gibi teknolojik imkânlarla hastaların daha da bilinçlenmesine, istedikleri iletişim teknolojilerini tercih etmesine, sağlık kuruluşlarından kaliteli hizmet beklemesine olanak sağlamaktadır.^[2] Bu bağlamda, ameliyat sonrası ağrının yönetiminde de teknolojiyle desteklenen hizmet sunumu önemli bir girişimdir. Ameliyat sonrası ağrının yönetiminde temel hedef, hem ağrının doğru bir şekilde değerlendirilmesi hem de yeterli düzeyde analjezi sağlayarak sonrasında da hasta takibinin, kayıtlarının doğru alınmasıdır.^[3] Etkin ağrı yönetimi; ağrının değerlendirilmesini, tedavisini, ağrı nedeniyle gelişebilecek komplikasyonların izlenmesini, komplikasyonlara müdahale edilmesini ve tüm bu sürecin kaydedilmesini içermektedir.^[3,4] Ağrının nesnel bir duygu olduğu göz önünde bulundurulduğunda, yenilikçi yaklaşımların geniş yelpazesi içinde ağrı gibi duygusal ve duysal deneyimi yönetebilecek güvenilir yaklaşımlara yer verilmelidir. Bu bağlamda, ağrı yönetiminde anahtar rolü üstlenen hemşireler, gelişen teknolojiye ayak uydurabilmek için güncel uygulamaları takip ederek yeni nesil ağrı yönetim çözümlerini kullanmalıdır.^[4,5]

Yeni Nesil Ağrı Değerlendirmesi: Ortopedik Cerrahide İnovatif Yaklaşımlar

Ortopedik cerrahi sonrası yaşanan yoğun ağrı nedeniyle, ağrının değerlendirilmesi, ağrı yönetim merdiveni- nin öncelikli ve en önemli basamağıdır.^[6] Ağrı değerlendirmesinde ağrının yeri, şiddeti, nedeni, karakteri, ağrıyı arttırıcı ve azaltıcı faktörler gibi bilgiler sorgulanmakta olup, değerlendirme sonunda uygun analjezi seçeneği belirlenirken aynı zamanda tedavinin etkinliği de değerlendirilmektedir. Ağrı değerlendirmesi yapılırken objektif veriler elde etmek amacıyla geçerlilik ve güvenilirliği kanıtlanmış, altın standardı oluşturan ölçeklere (sayısal ve sözel ağrı ölçekleri, görsel kıyaslama ölçeği gibi) dayanmaktadır.^[4,5] Bu ölçeklerin özellikleri kısaca aşağıda yer almaktadır.^[6,7]

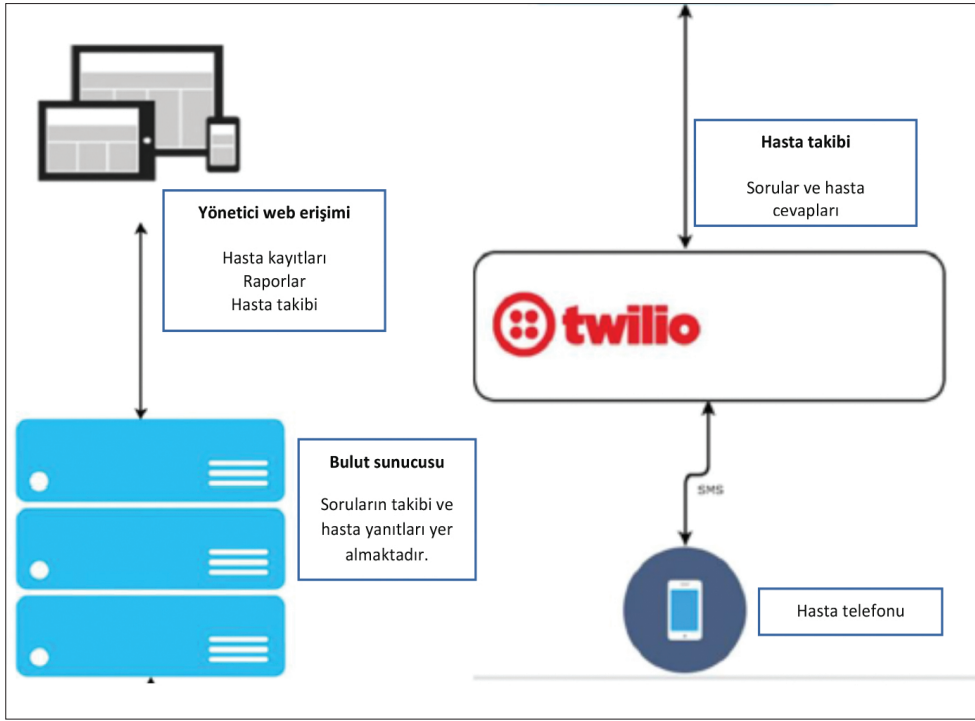
Mevcut ölçeklerin yararlı olduğu kanıtlanmıştır; ancak, kronik ağrı değerlendirmesinde kullanıldıklarında önemli ölçüde hatırlama yanlılığına eğilimli olabilmektedir. Bu yanlılıkların önüne geçebilmek için ağrı değerlendirmesinde yeni nesil araçlar geliştirilmiştir.^[7] Bu araçlarda hem ağrı ölçeklerini kullanmak hem de hasta takibini kolaylaştırmak amaçlanmıştır. Mobil teknolojiler, giyilebilir elektronik cihazlar, nosisepsiyon düzeyi indeksi, analjezi nosisepsiyon indeksi, cerrahi plet indeksi hastanın sağlık durumu hakkında doğru, anında ve sürekli bilgi sağladıkları için ağrı değerlendirmesine pratik bir çözüm sunmaktadır.^[8-12]

Mobil teknolojiler: Mobil teknolojiler içerisinde, akıllı telefonlar, tablet bilgisayarlar, taşınabilir video-oyun konsolları ve taşınabilir medya oynatıcıları gibi el tipi ve ultra portatif bilgisayarlar yer almaktadır.^[8] Özellikle ortopedik cerrahi sonrası ev yaşam koşullarında hastanın takibini kolaylaştırmak, hastaların ağrısının izlenmesinde ve tedavisinin planlanmasında kullanılmaktadır. Mobil teknolojiler içerisinde çeşitli uygulamalar yer alsa da sadece ortopedik cerrahi geçiren hastaların ağrı değerlendirmesi için geliştirilen ve biyopsikososyal ağrı değerlendirmesi sağlayan bir uygulama bulunmaktadır.^[11]

Twilio (San Francisco, CA, Amerika Birleşik Devletleri) uygulamasında, tek merkezli yerel internet protokolü (İP) adresine bağlı, oluşturulan veri tabanı ile kısa mesaj hizmeti, *short message service* (SMS) birbirine bağlıdır. Hasta takibinin yapılabilmesi için sağlık çalışanları bu portalı kullanmıştır. Bu uygulamaya göre, total kalça ve diz artroplastisi veya omurga cerrahisi geçiren hastaların, ameliyat sonrası dönemden başlamak üzere altıncı haftaya kadar günlük ağrı düzeyleri (0-10 sayısal derecelendirme ölçeğinde) ve opioid tüketimi sorgulanmıştır. Sistemde ayrıca hastaların opioid kullanımına bağlı olduğuna inandıkları herhangi bir olumsuz etki yaşayıp yaşamadıklarını da *cloud server* kısmında kayıt altına alınmıştır. Sorulara verilen cevaplara göre hastaların en az dört gün üst üste opioid kullanımı devam ettikçe, hastaya bildirimler gönderilmeye devam etmiştir. Ancak opioid kullanımı olmayan hastaya anket sonu soruları gönderilerek işlemlerin tamamlandığı bildirilmiştir. Üç gün boyunca hiçbir soruya yanıt vermeyen hastalar olduğunda hastalar, sağlık çalışanları tarafından aranmıştır. Bu sayede hem hastaların takibi daha kolay hâle gelmiştir hem de hasta memnuniyeti artmıştır.^[11] Bu uygulamanın arayüzü aşağıda yer almaktadır (Şekil 1).

Giyilebilir elektronik cihazlar: Literatürde giyilebilir teknoloji için giyilebilir cihazlar, giyilebilir bilgisayarlar ve giyilebilir elektronikler gibi tanımlamalar bulunmaktadır.^[9,10] Genel olarak giyilebilir bir bilgisayar, vücuda takılan, her yerde ve her zaman bilgiye erişim ve etkileşim sağlayan, tamamen işlevsel, kendi gücüyle çalışan, bağımsız bir bilgisayar olarak tanımlanabilir. Piyasadaki en popüler giyilebilir teknoloji cihazları akıllı gözlükler, akıllı saatler, akıllı kemerler, akıllı giysiler, akıllı ayakkabılar, spor bantları/takip cihazlarıdır.^[9-11]

Giyilebilir elektronik cihazlar aracılığıyla ağrı düzeyinin ölçülmesi tüm hastalar için objektif bir ağrı değerlendirmesini sağlamaktadır. Literatüre göre giyilebilir elektronik cihazlar aracılığıyla ağrı düzeyi indeksi, analjezi nosisepsiyon indeksi, cerrahi plet indeksi hastanın sağlık durumu hakkında doğru, anında ve sürekli bilgi sağladıkları için ağrı değerlendirmesine pratik bir çözüm sunmaktadır.^[8-12]

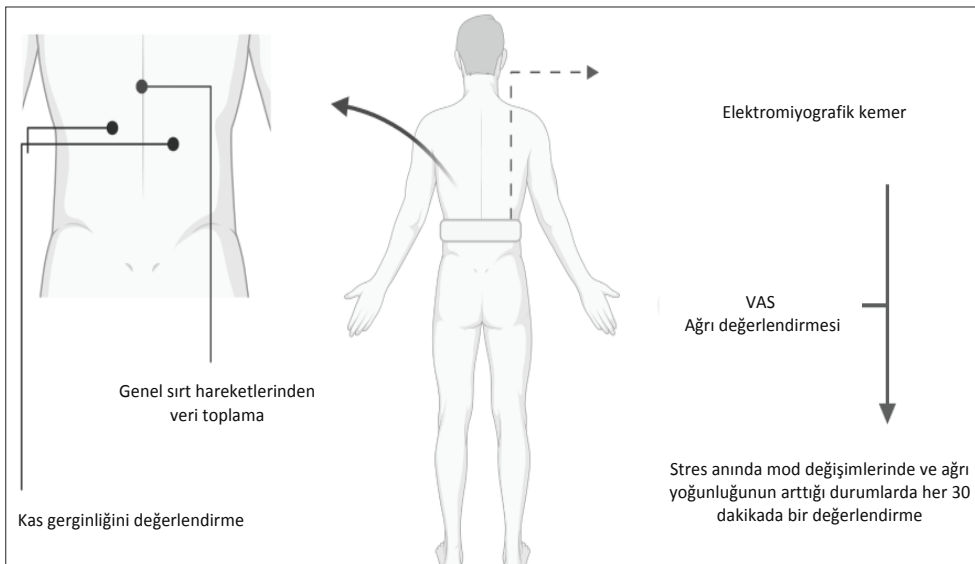


Şekil 1. Twilio (San Francisco, CA, Amerika Birleşik Devletleri) uygulamasında ağrı düzeyi ve opioid miktarı.^[11]

lebilir elektronik cihazları kullanırken ağrı düzeyini ölçebilmek için ağrı değerlendirmesinin altın standardı olan ölçeklerle entegre bir şekilde kullanılmalıdır. Buna göre, sayısal ağrı ölçekleri (SAÖ), görsel analog ölçek (GAS) ve kısa ağrı envanteri (KAE) ve fizyolojik veya biyometrik parametrelerin bu cihazlara kurulumu sağlanarak ağrı değerlendirmesi yapılmaktadır.^[9,14-16] Fizyolojik parametreler, ağrısını rahat ifade edemeyen veya bilişsel bozukluğu olan yaşlı hastalarda daha

yararlı olmaktadır. Ortopedi cerrahisi sonrası giyilebilir elektronik cihazların örnekleri şu şekildedir;

Elektromiyografik kemer: Sherman ve ark., kas ağrısı olan hastalarda kas gerginliğini, gövde hareketini ve ağrı düzeyini kaydedebilen, bel bölgesine takılan elektromiyografik bir ağrı değerlendirme aracı geliştirmiştir (Şekil 2).^[17] Cihaz üç elektrotla sahip olup, sol ve sağ paraspinal kas gerginliğini ve genel sırt hareketlerini ölçmektedir.



Şekil 2. Elektromiyografik kemer monitorizasyonu.^[19]

Ayrıca hastanın ağrı düzeyini değerlendiren ve yorgunluk durumundaki değişiklikleri kaydetmesine olanak sağlayan komutları da yer almaktadır.^[9,17] Ağrı değerlendirmesi için GAS kullanılmaktadır. Bu kemerin kullanıldığı hastalarda, artan kas gerginliğinin aralıklı bel ve kas ağrısının ağrı şiddetindeki değişikliklerle ilişkili olduğu bulunmuştur. Ancak cihazın kullanımındaki bazı açıklamalar yetersiz olduğu için kullanımı sınırlı olarak kalmıştır.^[9,17]

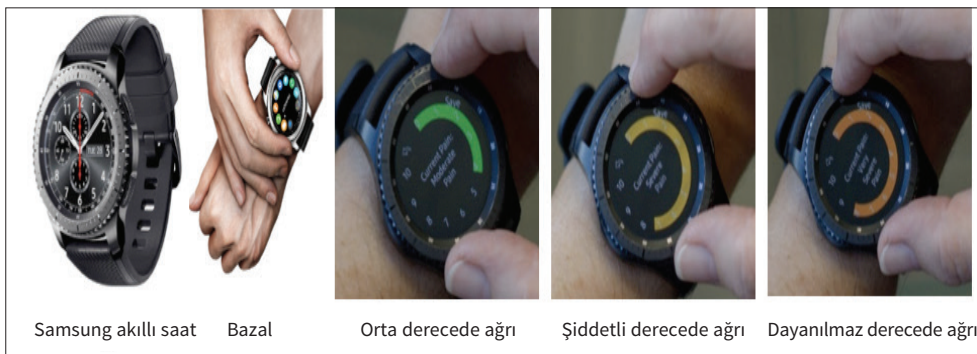
Akıllı saat: Mardini ve ark. tarafından geliştirilen sistemde, diz osteoartriti olan yaşlı hastaların gün içerisindeki hareketlerinin ve ağrı düzeyinin takibini yapan, akıllı saatten elde edilen küresel konumlama sistemi verilerini kullanmışlardır.^[18] Bu sisteme göre ağrı düzeyi sabah, öğleden sonra ve akşam yapılırken sayısal ağrı ölçeği, sözel ağrı ölçeği veya *box* ölçeği (0= ağrı yok, 1-2= hafif ağrı, 3-5= orta ağrı, 6= şiddetli ağrı, 7-9= çok şiddetli ağrı, 10= mümkün olan en kötü ağrı) kullanılarak ağrı değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Elektronik el tipi cihazlar, sensörleri tarafından üretilen anlık verileri yansıtmaya sayesinde hastaların hareket sırasındaki ağırları anlık olarak değerlendirilmektedir.^[9,14-16,18]

Akıllı saatler fiziksel aktivite ve konum verilerini toplamak için uygun çeşitli sensörlere sahiptir (Şekil 3). Giyme kolaylığı ve sürekli veri toplama yeteneği onları zaten kazançlı bir araştırma aracı hâline getirirken, sensörlere uzaktan erişim ve kontrol yetenekleriyle sağlık çalışanlarıyla doğrudan iletişim kurma potansiyeliyle ağrı değer-

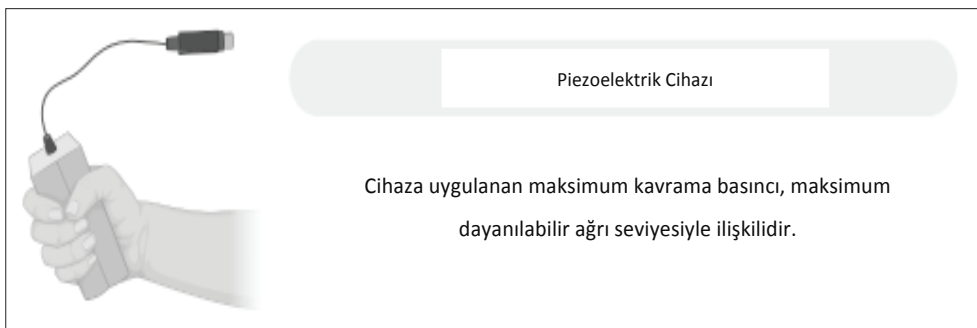
lendirmesi ve tedavi planlamasında önemli yere sahip olmaktadır.^[9,14,16]

Piezoelektrik cihazı: Basıncı tespit edebilen giyilebilir cihazlar, ortopedik cerrahi geçiren hastalar ve protez kullanan hastaların kullanımı başta olmak üzere pek çok yatan hasta için uygundur. Adams ve ark., ikisi silindirik ve biri düğme şeklinde olmak üzere üç adet basınç algılama cihazı prototipi oluşturmuştur (Şekil 4).^[19] Çalışma, uygulanan basıncın sayısal ve sözel ağrı ölçekleriyle ilişkisini değerlendirmedikten, araştırmacılar kalibrasyon sırasında uygulanan maksimum kuvveti en yüksek ağrı şiddeti olarak tanımlamışlardır. Bu şekilde, her hasta için bireysel bir ağrı şiddeti ölçeği oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, bu cihazın ağrı şiddetini ölçmenin sezgisel bir yolu olduğunu ve hastalar için olumlu sonuçları deneyen hastalar arasında iyi kabul gördüğü sonucuna varmıştır. Ancak cihazı geliştirme aşamaları devam etmektedir.^[19]

Nosisepsiyon düzeyi indeksi (Nociception level index, NDI): Nosisepsiyon düzeyi indeksi, yapay zekâ temelli çok parametrelili bir indekstir. Nosisepsiyon düzeyi indeksi, ağrıya verilen bireysel fizyolojik tepkiyi gerçek zamanlı, sürekli ve invaziv olmayan bir şekilde ölçen tescilli, patentli bir yapay zekâ teknolojisine dayanmaktadır.^[20] Çok boyutlu sorunları yönetmek için klinisyenlerin, ağrıya hasta bazlı olacak şekilde tespit etmeye yönelik objektif ve etkili standartlar sağlamaları gerekmektedir. Yeni bir teknoloji olan NDI'nin, çok



Şekil 3. Akıllı saat monitorizasyonu.^[15]



Şekil 4. Piezoelektrik cihazı basınç algılama monitörü.^[19]



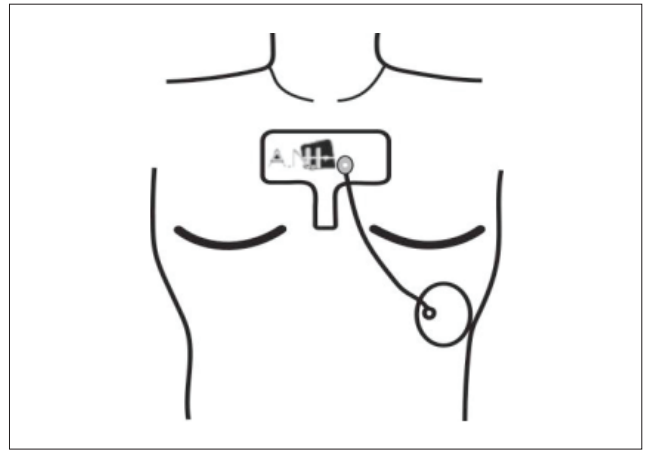
Şekil 5. Nosisepsiyon düzeyi indeksi monitorizasyonu.^[20]

parametrelili değerlendirilmesiyle ağrı değerlendirmesi için umut verici bir uygulama olacağı düşünülmektedir. Nosisepsiyon düzeyi indeksi, her beş saniyede bir güncellenen, 0-100 arasında değişen, birimsiz bir dizin olmakla birlikte daha düşük değerler, daha düşük sempatik aktivasyonu, daha derin analjeziyi ifade eder (önerilen değerler idame için 10 ile 25 arasındadır) (Şekil 5). Bu indeks rehberliğinde ortopedik cerrahide gerçekleştirilmiş bir çalışmaya rastlanmamış olup diğer çalışmalarda hastaların ameliyat sonrası ağrı düzeylerinde azalma görülmüştür.^[20] Ancak bu uygulamanın gelecek çalışmalara rehber olacağı düşünülmektedir.

Analjezi nosisepsiyon indeksi (Analgesia Nociception Index, ANI): Analjezi nosisepsiyon indeksi monitörü, esas olarak solunumla kalp atış hızı değişimini hesaplamaktadır. Analjezi nosisepsiyon indeksi öncelikli olarak intraoperatif ağrıyı değerlendirmek için üretilmiş olsa da ameliyat sonrası ağrı değerlendirme araçları olarak da kullanılmıştır.^[21] Literatürde ortopedi hastalarıyla yapılmış olan çalışmaları inceleyen sistematik derlemede, hastaların ameliyat sırasında ANİ ile izlemesi, hem cerrahi prosedür sırasında hem de sonrasında hastanın ağrısını tahmin etmeye yardımcı olduğunu belirlemişlerdir (Şekil 6).^[22]

Cerrahi Plet İndeksi (Surgical Pleth Index, CPI): Genel anestezi altındaki hasta yeterli düzeyde analjezi sağlanamadığı durumda, merkezi sinir sistemi uyarılarak kalp, atım hızını arttırmakta ve vazokonstriksiyona neden olmaktadır. Cerrahi plet indeksi, bu iki durumdaki değişikliği analiz ederek hastanın ağrısını değerlendirmektedir.^[12,13] Cerrahi plet indeksi, nabız dalgasının ve kalp atım aralığının analizine dayanan boyutsuz, normalleştirilmiş bir puandır. Ameliyat sırasında nosiseptif uyarımları ve antinoseptif ilaç etkilerini izlemek için kullanılmaktadır.^[12,13]

Cerrahi plet indeksi, 0 ile 100 arasında değişen değerlerle ifade edilir ve yüksek CPI değerinin yüksek stres düzeyiyle ilişkili olduğu bildirilmekte olup 50 değerinin CPI için ortalama stres düzeyini yansıttığı düşünülmek-



Şekil 6. Analjezi nosisepsiyon indeksi monitörü elektrotlarının yerleşimi.^[23]

tedir. Cerrahi plet indeksi değerini göstermek için kullanılan parmak probu aynı zamanda oksijen satürasyon değerini de monitöre yansıtmaktadır. Ayrıca satürasyon probu kullanımına gerek kalmamaktadır (Şekil 7).^[12,13]

Bu indeks rehberliğinde literatürde ortopedik cerrahide gerçekleştirilmiş olan bir adet çalışmaya rastlanmamış olup intraoperatif dönemde hastanın ağrısını da değerlendiren ve bu sayede sağlık çalışanlarına anlık analjezi dozu değiştirmesine olanak sağlayan efektif bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Literatürdeki bu sınırlılığın gelecek çalışmalara rehber olacağı düşünülmektedir.

Literatür bilgileri ve gözlemlerimiz ağrı değerlendirmesinin yapılmadığını, ağrı değerlendirmesinde standart ölçeklerin kullanılmadığını, gözlemlerin hastanın ağrı özelliklerini ortaya koyarak ağrı tedavisine yön verecek bilgileri taşımadığını ve değerlendirmelerin kayıt edilmediği göstermektedir.^[4] Bu bağlamda ağrı, uluslararası rehberlere ve hastane prosedürlerine göre uygun şekilde değerlendirilmelidir. Erden ve ark. ortopedi hastalarında yaptığı bir çalışmada standart ağrı değerlendirme protokolünün ameliyat sonrası ağrıyı ve analjezi ihtiyacını azalttığını saptamıştır.^[24] Çalışmada, akut ağrı rehberle-



Şekil 7. Cerrahi plet indeksi probu ve monitorizasyonu.^[13]

rinden yola çıkılarak bir ağrı değerlendirme protokolü oluşturulmuştur. Bu standart ağrı değerlendirme protokolüne göre;

- Ameliyattan önce hasta ve ailesine ağrı değerlendirmesine ilişkin bilgi verilmesi,
- Ameliyattan önce ağrı ölçeğinin hastayla birlikte seçilerek kullanılması,
- Ağrı düzeyinin sadece hastaya sorularak belirlenmesi,
- Ameliyat sonrası ağrı değerlendirmesinin hastalara ve kliniğe göre düzenlenmesi (örneğin; ilk sekiz saat iki saatte bir kez, sonra 24 saate kadar dört saatte bir kez değerlendirilmesi),
- Parenteral analjeziden 30 dakika, oral analjezik/farmakolojik olmayan analjeziden bir saat sonra ağrının yeniden değerlendirilmesi,
- Hem dinlenme hem de öksürme/mobilizasyon sırasında ağrının değerlendirilmesi,
- Ağrı düzeyinin ve analjeziklerin hemşire gözlem formuna kaydedilmesini içermektedir.

Yeni Nesil Ağrı Tedavisi: Ortopedik Cerrahide İnovatif Yaklaşımlar

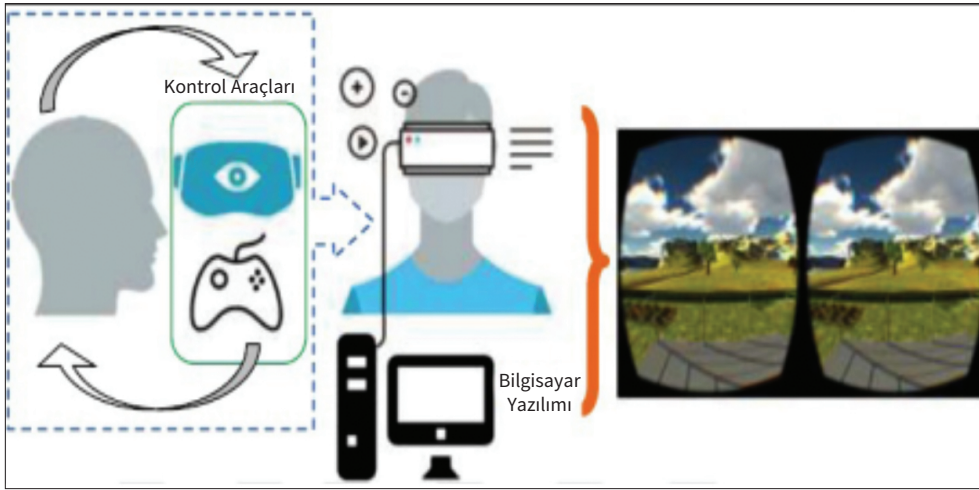
Ortopedik cerrahi çoklu ağrı kaynaklarının olması kas, kemik, eklem ve sinir ağrılarını azaltmak için hem nosiseptif hem de nöropatik ağrı kontrol yöntemlerinin yer aldığı multimodal analjezi kullanımını gerektirmektedir.^[5] Bu analjezi yöntemi farmakolojik ajanlara, farmakolojik olmayan analjezik yöntemlerin eklenmesini içermektedir. Farmakolojik analjezikler, opioidler, opioid olmayan analjezikler (asetaminofen, steroid olmayan antienflamatuvar analjezikler), antikonvülanlar, N-metil-D-aspartat reseptör antagonistleri, alfa 2 adrenerjik agonistler ve antidepresan ilaçlar gibi yardımcı analjezik ilaçlardır. Farmakolojik olmayan analjezik yöntemlerde ise sıcak-soğuk uygulamalar, masaj, transkütanöz

nöz elektriksel sinir uyarımı, dikkati başka yöne çekme gibi yöntemlerden oluşmaktadır. Ancak son yıllarda teknolojik ilerlemelerle birlikte analjezik tedavilerin kullanımında da yeni nesil yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerde sıklıkla hastaların dikkatini başka yöne çekerek ağrılarını azaltmaya yönelik uygulamalardır.^[4,5]

Dikkati başka yöne çekme (distraksiyon): Bu yöntem kişinin hoşlandığı şeylere dikkatini vermesini sağlayarak ağrı eşliğini ve toleransını artırmaktadır.^[2] Bu yöntemde, ağrı mekanizması vücudun doğal morfini olan endorfinlerin salınımıyla açıklanmaktadır. Beta endorfin, enkefalin ve dinorfin en iyi bilinen endorfinler olup ağrı uyarısının serebral kortekse ulaşmasını önlemek için beyin ve spinal kord sinir uçlarındaki narkotik reseptörlerde tutulmaktadır. Endorfinler, nörotransmitter madde salınımını bloke eden periferik sinirlerin μ -reseptörlerini (mü reseptörü) bağlayarak ağrı sinyallerinin iletimini inhibe etmektedir.^[25]

Dikkati başka yöne çekme yöntemleri yorucu olduğundan iki saatten fazla uygulanmamalıdır. Yöntem ilgi çekici olmalı ve birden fazla duyuya (işitme-görme-dokunma) hitap etmelidir. Bu yöntem akut ve kronik ağrılarda kısa süreli olarak kullanılabilir. Ağrıyı gidermede duysal faktörlerle oluşturdukları değişiklik yoluyla etki göstermektedirler. Dikkati başka yöne çekme uygulamalarından en sık kullanılan yöntem sanal gerçeklik simülasyonlarıdır.^[2]

Sanal gerçeklik simülasyonları (SGS): Sanal gerçeklik simülasyonları arasında sıklıkla, sanal gerçeklik gözlüğü, hareket yakalama sistemleri, projeksiyonlar yer almaktadır.^[2,26] İnsan makine ara yüzü (örneğin sanal gerçeklik gözlüğü) bir ya da birçok duyunun (görme, duyma, dokunma vb.) hissedilmesini sağlamaktadır. Bu duysal veriler merkezi sinir sistemine iletilerek, vücut izleme teknolojisiyle gerçek dünyadaki hareketler sanal ortama aktarılmaktadır. Bu sanal ortamın görüntülenmesi monitörler veya projeksiyonlar aracılığıyla sağlanmaktadır.^[27] Bu sistemlerde amaç, bilgisayarda oluşturulmuş sanal bir



Şekil 8. Sanal gerçeklik teknolojisi bileşenleri. [36]

dünyada üç boyutlu hareketlere izin veren, ayna nöron sistemini aktive ederek çalışan, insan zihninde gerçek bir mekânda bulunma duygusu yaratan ve o mekânda bulunan diğer objelerle etkileşim içerisinde bulunmasına imkân sağlayan yeni bir teknolojidir. [28]

Sanal gerçeklik simülasyonları sistemlerinin eğitimi son yıllarda özellikle ortopedi alanlarında kullanımı artış göstermektedir. Travmalar, omurga cerrahisi, artroskopi, artroplasti ve ameliyat sonrası rehabilitasyon ve ağrı süreçleri için SGS uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır. Öncelikli olarak, SGS ile insan anatomisinin tanınması, kemik ve yumuşak doku müdahalelerinin taklit edilmesi gibi ortopedi cerrahisinin eğitim temelini geliştirmek hedeflenmektedir. [28,29] Daha sonraki aşamalarda ise hem cerrahi açısından hem de cerrahi sonrası ağrı yönetimi süreçlerine yardımcı olmaktadır. Literatüre bakıldığında ortopedik cerrahisinde uygulanan pek çok farklı SGS programları bulunurken ağrı değerlendirmesi yapan kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. [30-34]

Sanal gerçeklik simülasyonları içerisinde en sık kullanılan yöntemler sanal gerçeklik gözlükleri ve bilgisayar destekli simülasyon programlarıdır. Sanal gerçeklik simülasyonları vasıtasıyla ağrı tedavisi, distraksiyon ve geri bildirim olarak tanımlanan iki temel aşamayla etkinliğini göstermektedir. [2]

- Distraksiyon temelli SGS'de, kullanıcının dikkatini dağıtması için aktif bilişsel sürecin harekete geçirilmesini içermektedir. [2] Dikkat dağıtmaya yönelik uyarılar, nosiseptif sinyallerin modülasyonunu sağlayarak ağrıyı hafifletebilmektedir. Ayrıca SGS ile dikkat başka yöne çekilerek, ortopedi hastalarında sıklıkla görülen ağrı korkusu nedeniyle, hareket etmeyen ve egzersiz yapmayan hastaları hareket etmeye teşvik etmektedir. [33-35] Hastanın dikkatini dağıtmak için yapılan uygulamalar, ağrı

eşliğini arttırmakta ve algılanan ağrı düzeyini azaltmaktadır. Literatürde ortopedi hastalarıyla yapılan çalışmalarda, SGS'nin, farmakolojik analjezi tedavileriyle birlikte uygulandığında, hastaların ağrı düzeyinin, sadece tek tür analjeziklere göre daha etkin analjezi sağladığı bildirilmiştir. [2,30]

- Geri bildirim temelli SGS'de, ağırlı ekstremitenin sağlıklı ve fonksiyonel bir ekstremiten olarak görsel temsili sağlanmaktadır (Şekil 8). Geri bildirim temelli SGS'de önemli etki mekanizması, ağırlı ekstremiten hareket ettirmekten kaynaklanan anksiyeteyi ve korkuyu azaltmaktadır. [31] Bu sistemde, sağlıklı ekstremitenin ufak bir hareketi artırılarak veya azaltılarak hastanın problemli ekstremitesine dair geri bildirim verilmektedir. Bu etki mekanizması dikkate alınarak sanal gerçekliğin fantom ağrısı üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada; hastalardan fantom ağrılı ekstremitesinin sanal temsiliyle sanal nesnelere dokunmaları istenmiş ve hastaların ağrı düzeylerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. [2,35]

Literatür incelendiğinde Kaya ve Şahin çalışmalarında, sanal gerçeklik gözlüğünün 6-12 yaş grubundaki çocuklara uygulanan atel işlemi sırasında görülen ağrıyı ve buna bağlı olarak anksiyeteyi azalttığını belirtmişlerdir. [29] Bel ağırlı olgularda, sanal gerçekliğin entegre edildiği fizyoterapi programının ağrı, fonksiyon ve hareket korkusu düzeyi üzerine etkilerinin incelendiği bir randomize kontrollü çalışmada, sanal gerçeklik tedavisi uygulanan grupta geleneksel tedavi grubuna göre tüm parametrelerde daha iyi düzeyde iyileşme sağlandığı gösterilmiştir. [37]

Geri bildirim temelli SGS'de ayna terapisiyle entegre olarak uygulanabilmektedir. Bu sistem, özellikle kompleks bölgesel ağrı sendromu veya fantom ağrısı gibi

patolojik ağrı sendromlarında etkin bulunmuştur. Bu sistemin etki mekanizması, vücut bölümlerinin bozulmuş ağrı belleğinin düzeltilmesi, korku ve ağrılı ekstremitayı hareket ettirmekten dolayı oluşan anksiyetenin azaltılmasıdır.^[38]

Ayna terapisi uygulamaları için haptik eldiven kullanımı

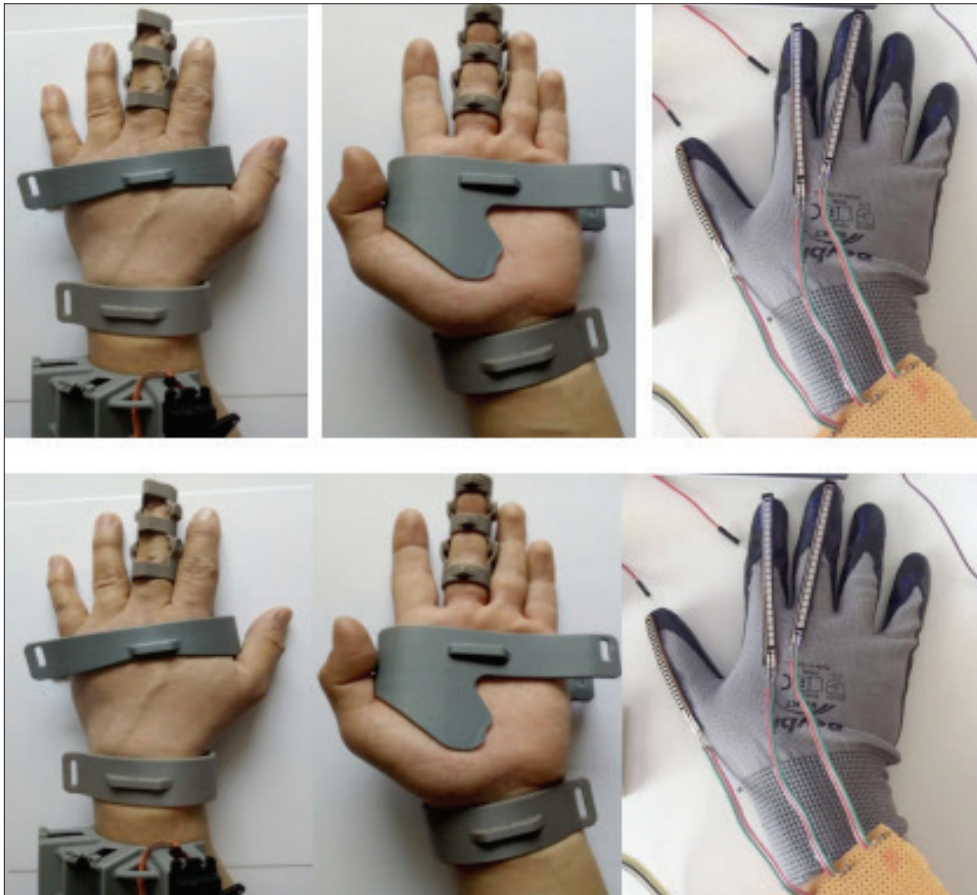
Sanal gerçeklik simülasyonlarında haptik teknolojiler kullanıcıya kuvvet, titreşim ve hareketler uygulayarak bir dokunma deneyimi oluşturan eldiven, parmak pedi gibi teknolojileri ifade etmektedir.^[39]

Literatürde inme hastaları için haptik teknolojiler kapsamında tasarlanan bir haptik eldiven bulunmaktadır. Ancak bu eldiven sadece inme hastaları için değil ortopedik cerrahi geçiren hastalar için de kullanılması uygun olmaktadır.^[40] Geliştirilen eldiven, sağlam elden gelen uyarıcılar aracılığıyla alınan sinyali, sağlam olmayan el parmaklarına aktarmaktadır. Dışarıdan denetlenebilen ve üzerinde çeşitli uyarıcıların olduğu haptik eldiven, 3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi kullanılarak imal edilmiştir (Şekil 9).

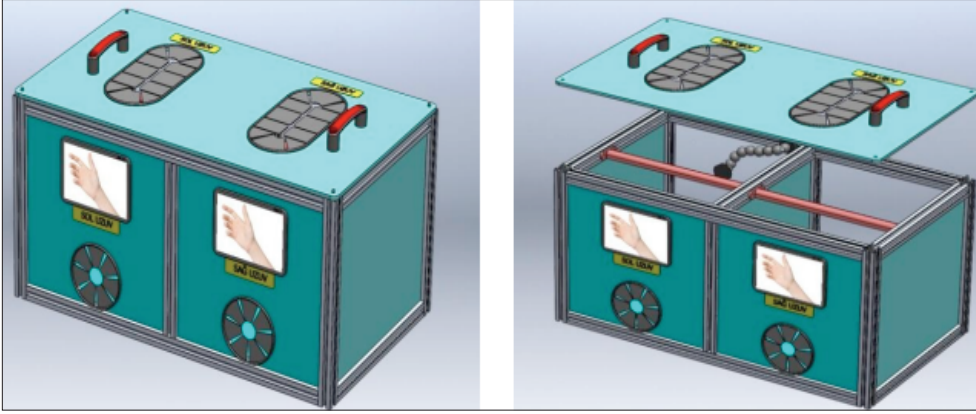
Sanal gerçeklik simülasyonlarında eldivenin kullanılabilmesi için bir kutucuk tasarlanmıştır. Bu kutucuk sağlam elin ve sağlam olmayan elin yerleştirilebileceği iki bölmeden oluşmaktadır. Bu iki bölme içerisinde yer alan kameralar yardımıyla her iki elin hareketine ait görüntüler kayıt altına alınmaktadır (Şekil 10). Hastanın sağlam eliyle yapmış olduğu hareketlerin algılayıcı eldiven üzerindeki algılayıcılar tarafından algılanarak sağlam olmayan ele eyleyici eldiven aracılığıyla iletilmesi sağlanmaktadır. Sanal gerçeklik simülasyonları kutusu içinde yer alan kameralar sayesinde hastaya gerçek elinin ayna görüntüsü sağlam olmayan eline aittmiş gibi yansıtılmaktadır. Görüntü aktif hâle getirildiğinde hasta ekranda kendi inmeli elini gördüğünü düşünecektir.^[40]

SONUÇ

Gelişen teknolojiyle birlikte, yapay zekâ, simülasyon uygulamaları yeni nesil tedavi yöntemlerini, sağlık alanlarında uygulamayı zorunlu kılmaktadır. Ağrı yönetimi de bu alanlardan biri olup multimodal bir yaklaşım ve multidisipliner bir ekip çalışmasını içermektedir. Sağlık profesyonellerinin bilgisayar, yazılım ya da elektrik elektronik mühendisliği gibi alanlardan uzmanlarla birlikte



Şekil 9. Haptik eldiven.^[40]



Şekil 10. Sanal gerçeklik simülasyonu kutusu.^[40]

çalışarak, farmakolojik tedavilerin farmakolojik olmayan inovatif tedavi yöntemleriyle birlikte kullanılması gerekmektedir. Ancak literatüre bakıldığında, bu uygulamaların ağrının tedavisinde kısıtlı sayıda kullanıldığı görülmektedir. Ağrı yönetiminde anahtar rolü üstlenen hemşireler, bu rollerini yerine getirirken multidisipliner ekibi bir araya getirerek ağrı yönetim uygulamalarına güncel inovatif uygulamaların dâhil edilmesini desteklemelidir. Bu bağlamda, literatürde ortopedik cerrahide ağrının değerlendirilmesinde ve tedavisinde kısıtlı sayıda çalışmalara rastlanması nedeniyle, güncel ve yenilikçi yaklaşımların yer aldığı ağrı yönetim planları için daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Khalil H, Shajrawi A, Henker R. Predictors of severe postoperative pain after orthopedic surgery in the immediate postoperative period. *Int J Orthop Trauma Nurs* 2021;43:100864. [Crossref](#)
2. Öztür Ö, Feyzioğlu Ö. Virtual reality technologies and chronic pain. *J Tradit Med Complement Ther* 2020;3(2):211-6. [Crossref](#)
3. Erden S, Arslan S, Deniz S, Kaya P, Gezer D. A review of postoperative pain assessment records of nurses. *Appl Nurs Res* 2017;38:1-4. [Crossref](#)
4. Tura İ, Erden S. Postoperatif ağrı kontrolünde kanıt temelli öneriler. *Dent Med J R* 2022;4(1):34-47.
5. Reisli R, Akkaya ÖT, Arıcan Ş, Can ÖS, Çetingök H, Güleç MS. Akut postoperatif ağrının farmakolojik tedavisi: Türk Algoloji-Ağrı Derneği klinik uygulama kılavuzu. *Ağrı* 2021;33(1):1-51
6. Tura İ, Erden S. Travma ağrısının kontrolü: Multimodal analjezi ve hemşirenin rolleri. *Selçuk Sağlık Dergisi* 2021;2(2):151-67.
7. Yurtseven Ş, Doğan SD, Arslan S, Nazik E, Erden YS. Ameliyat sonrası ağrı şiddetinin farklı ağrı ölçekleri ile değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri J Nurs Sci* 2021;13(1):1-7. [Crossref](#)
8. Turan Aİ, Çoban SD. Dijital yaşam teknolojileri bağlamında akıllı saat kullanıcılarının deneyimleri üzerine nitel bir çalışma. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi* 2023;13(1):531-51. [Crossref](#)
9. Avila FR, McLeod CJ, Huayllani MT, Boczar D, Giardi D, Bruce CJ, et al. Wearable electronic devices for chronic pain intensity assessment: A systematic review. *Pain Pract* 2021;21(8):955-65. [Crossref](#)
10. Leroux A, Rzasa-Lynn R, Crainiceanu C, Sharma T. Wearable devices: Current status and opportunities in pain assessment and management. *Digital Biomarkers* 2021;5(1):89-102. [Crossref](#)
11. Premkumar A, Lovecchio FC, Stepan JG, Kahlenberg CA, Blevins JL, Albert TJ, et al. A novel mobile phone text messaging platform improves collection of patient-reported post-operative pain and opioid use following orthopedic surgery. *HSS J* 2019;15(1):37-41. [Crossref](#)
12. Oh SK, Won YJ, Lim BG. Surgical pleth index monitoring in perioperative pain management: Usefulness and limitations. *Korean J Anesthesiol* 2024;77(1):31-45. [Crossref](#)
13. Çimen M, Özzybek S. Anestezi Derinliğinin Belirlenmesinde Cerrahi Plet İndeksinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi. İzmir, 2015.*
14. Kheirhahan M, Nair S, Davoudi A, Rashidi P, Wanigatunga AA, Corbett DB, et al. A smartwatch-based framework for real-time and online assessment and mobility monitoring. *J Biomed Inform* 2019;89:29-40. [Crossref](#)
15. Manini TM, Mendoza T, Battula M, Davoudi A, Kheirhahan M, Young ME, et al. Perception of older adults toward smartwatch technology for assessing pain and related patient-reported outcomes: Pilot study. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019;7(3):e10044. [Crossref](#)
16. Chen J, Abbod M, Shieh JS. Pain and stress detection using wearable sensors and devices-a review. *Sensors (Basel)* 2021;21(4):1030. [Crossref](#)
17. Sherman RA, Arena JG, Searle JR, Ginther JR. Development of an ambulatory recorder for evaluation of muscle tension-related low back pain and fatigue in soldiers' normal environments. *Mil Med* 1991;156(5):245-8. [Crossref](#)
18. Mardini MT, Nerella S, Kheirhahan M, Ranka S, Fillingim RB, Hu Y, et al. The temporal relationship between ecological pain and life-space mobility in older adults with knee osteoarthritis: A smartwatch-based demonstration study. *JMIR mHealth uHealth* 2021;9(1):e19609. [Crossref](#)

19. Adams AT, Adams P, Murnane EL, Elfenbein M, Sannon S, Gay G, et al. Keppi: A tangible user interface for self-reporting pain. *ACM Trans Appl Percept* 2018;502. [Crossref](#)
20. Fuica R, Krochek C, Weissbrod R, Greenman D, Freundlich A, Gozal Y. Reduced postoperative pain in patients receiving nociception monitor guided analgesia during elective major abdominal surgery: A randomized, controlled trial. *J Clin Monit Comput* 2023;37(2):481-91. [Crossref](#)
21. Shahiri TS, Richebé P, Richard-Lalonde M, Gélinaş C. Description of the validity of the Analgesia Nociception Index (ANI) and Nociception Level Index (NOL) for nociception assessment in anesthetized patients undergoing surgery: A systematized review. *J Clin Monit Comput* 2022;36(3):623-35. [Crossref](#)
22. Kim MK, Choi GJ, Oh KS, Lee SP, Kang H. Pain assessment using the Analgesia Nociception Index (ANI) in Patients Undergoing General Anesthesia: A systematic review and meta-analysis. *J Pers Med* 2023;13(10):1461. [Crossref](#)
23. Promed Technologies. Analgesia Nociception Index (ANI). Erişim Adresi: <https://www.promedtech.co.nz/products/analgesia-nociception-index-ani-moc-9-module> (Erişim tarihi: Eylül 2024).
24. Erden S, Demir SG, Kanatlı, U, Danacı F, Carboğa B. The effect of standard pain assessment on pain and analgesic consumption amount in patients undergoing arthroscopic shoulder surgery. *Applied Nursing Research* 2017;33:121-6 [Crossref](#)
25. Hall JE, Hall ME. Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book. Elsevier Health Sciences. 14th Edition 2020.
26. Şenyuva E. Sağlık eğitiminde bilişim teknolojilerinin kullanımı: Güçlü ve zayıf yönler. *Türkiye Klinikleri J Nurs Sci* 2021;13(4):994-1004. [Crossref](#)
27. Chi B, Chau B, Yeo E, Ta P. Virtual reality for spinal cord injury-associated neuropathic pain: Systematic review. *Ann Phys Rehabil Med* 2019;62(1):49-57. [Crossref](#)
28. Elvan D, Vatansever TŞ. Ayak Bileği Burkulmalarında Sanal Gerçeklik Egzersizlerinin Etkileri: Sistematik Derleme. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi. Bursa, 2012.
29. Kaya Ç, Şahin ÖÖ. Çocuklarda atel uygulaması sırasında kullanılan sanal gerçeklik gözlüğünün ağrı ve kaygı düzeyine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi. Karabük, 2022.
30. Clarke E. Virtual reality simulation-the future of orthopaedic training? A systematic review and narrative analysis. *Adv Simul (Lond)* 2021;6(1):2. [Crossref](#)
31. Prvu Bettger J, Green CL, Holmes DN, Chokshi A, Mather RC 3rd, Hoch BT, et al. Effects of virtual exercise rehabilitation in-home therapy compared with traditional care after total knee arthroplasty: VERITAS, a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(2):101-9. [Crossref](#)
32. Song S, Liu Z, Zhang Q. Application of virtual reality technology in postoperative rehabilitation following total knee arthroplasty: A scoping review. *Int J Orthop Trauma Nurs* 2024;54:101124. [Crossref](#)
33. Lin HT, Li YI, Hu WP, Huang CC, Du YC. Ascoping review of the efficacy of virtual reality and exergaming on patients of musculoskeletal system disorder. *J Clin Med* 2019;8(6):791. [Crossref](#)
34. Pourmand A, Davis S, Marchak A, Whiteside T, Sikka N. Virtual reality as a clinical tool for pain management. *Curr Pain Headache Rep* 2018;22(8):53. [Crossref](#)
35. Osumi M, Ichinose A, Sumitani M, Wake N, Sano Y, Yozu A, et al. Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through short-term neurorehabilitation with a virtual reality system. *Eur J Pain* 2017;21(1):140-7. [Crossref](#)
36. Gökoğlu S, Çakıroğlu Ü. Sanal gerçeklik temelli öğrenme ortamının yangın güvenliğine yönelik davranışsal becerilerin gelişimine etkisi. Doktora Tezi, Trabzon Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Trabzon, 2019.
37. Yılmaz Yelvar GD, Çırak Y, Dalkılıç M, Parlak Demir Y, Güner Z, Boydak A. Is physiotherapy integrated virtual walking effective on pain, function, and kinesiophobia in patients with non-specific lowback pain? Randomised controlled trial. *Eur Spine J* 2017;26(2):538-45. [Crossref](#)
38. Wittkopf PG, Lloyd DM, Johnson MI. Managing limb pain using virtual reality: A systematic review of clinical and experimental studies. *Disabil Rehabil* 2019;41(26):3103-17. [Crossref](#)
39. Soysal T. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının ceza hukuku üzerindeki olası etkileri üzerine bir deneme. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi* 2023;(53):169-246. [Crossref](#)
40. Daş T, Keskin D, Mulazımoğlu G, Usluoğlu O, Tasdemir K. Haptik eldiven tasarımı: Üst ekstremitenin rehabilitasyonu için geliştirilmiş ayna terapisi. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry* 2018;2(3):49-54.