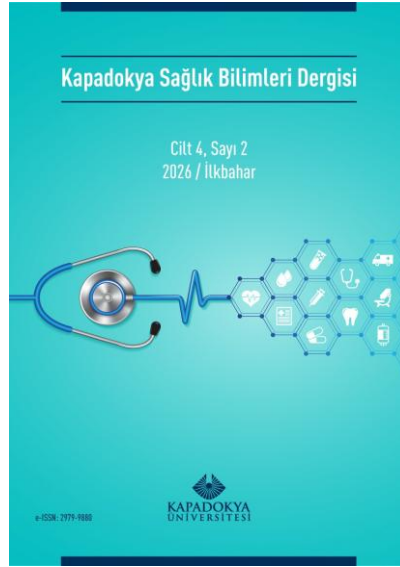




Cilt 4/ Sayı 2/ Mayıs 2026

Derleme

Görsel Kısıtlımalı Egzersiz Müdahalelerinin Nöromotor Uyum ve Fonksiyonel Performans Üzerine Etkileri

Mahmut SEVİM¹, Selda BAŞAR²

¹ Öğr. Gör., Kapadokya Üniversitesi Sağlık Bilimler Yüksekokulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, mahmut.sevim@kapadokya.edu.tr, ORCID; 0000-0002-6455-434X

²Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, seldabsr@yahoo.com, ORCID; 0000-0002-1433-4349

*Sorumlu yazar: mahmut.sevim@kapadokya.edu.tr

Sevim, M., & Basar, S. (2026). Görsel Kısıtlımalı Egzersiz Müdahalelerinin Nöromotor Uyum ve Fonksiyonel Performans Üzerine Etkileri, *Kapadokya Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(2), 835-856. DOI: <https://doi.org/10.58241/ksbd.59>

Received/Gönderilme tarihi: 13.04.2026; Accepted/Kabul tarihi: 31.05.2026; Publication/Yayın tarihi: 31.05.2026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Effects of Visually Restrictive Exercise Interventions on Neuromotor Coordination and Functional Performance

Abstract

Exercise interventions involving visual deprivation have become an increasingly prominent area of research in terms of motor control, neuroplasticity, and performance development. The systematic reduction of visual input affects the sensory reweighting mechanism in the central nervous system, thereby increasing the relative contribution of proprioceptive and vestibular inputs, which can reorganize sensory and motor integration. Studies indicate that visual deprivation interventions yield significant improvements, particularly in perceptual abilities and information processing speed, while reducing reaction time and producing positive effects on performance outcomes in sports requiring open-skill tasks. Conversely, the effects on attention and higher-order decision-making skills are reported to be limited or heterogeneous. It is noted that neuroplasticity-based adaptations are more pronounced in trained individuals and result in the strengthening of existing neural structures in line with the facilitation model. At the biomechanical level, it is stated that visual constraint interventions lead to adaptations characterized by strategies requiring greater attention in walking and postural control parameters. In clinical practice, visual deprivation approaches are highlighted as an innovative and potentially effective tool in the rehabilitation of sensorimotor deficits. However, factors such as dosage, individual differences, and task variety must be carefully planned in these applications. In conclusion, while visual deprivation exercises offer multidimensional benefits in both performance enhancement and rehabilitation processes, they are considered an intervention area requiring methodological standardization.

Key Words: stroboscopic visual training, visual deprivation, sensory reweighting, neuromotor adaptation

Görsel Kısıtlamalı Egzersiz Müdahalelerinin Nöromotor Uyum ve Fonksiyonel Performans Üzerine Etkileri

Öz

Görsel kısıtlamalı egzersiz müdahaleleri motor kontrol, nöroplastisite ve performans gelişimi açısından zaman geçtikçe artan bir araştırma konusu haline gelmiştir. Görsel girdinin belli bir sistematik doğrultusunda azaltılması, merkezi sinir sisteminde duyuusal yeniden ağırlıklandırma mekanizmasını etkileyerek proprioseptif ve vestibüler girdilerin göreceli katkısını artırmakta, bu durum algısal ve motor entegrasyonu yeniden düzenleyebilmektedir. Yapılan çalışmalar, görsel kısıtlamalı müdahalelerinin özellikle algısal yetenek ve bilgi işlem hızında anlamlı iyileşmeler sağladığını belirtirken, reaksiyon süresini azalttığını ve açık beceri gerektiren spor dallarında performans çıktıları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bu durumun aksine dikkat ve üst düzey karar verme becerilerindeki etkilerin sınırlı veya heterojen olduğu belirtilmektedir. Nöroplastisite temelli adaptasyonların, antrenmanlı bireylerde daha belirgin olduğu belirtilirken kolaylaştırma modeli doğrultusunda mevcut nöral yapıların güçlendirilmesiyle sonuçlandığı açıklanmaktadır. Biyomekanik düzeyde ise görsel kısıtlama müdahalelerinin, yürüyüş ve postüral kontrol parametrelerinde daha dikkat gerektiren stratejilerle karakterize adaptasyonlara yol açtığı belirtilmektedir. Klinik pratikte, görsel kısıtlama yaklaşımları sensörimotor defisitlerin rehabilitasyonunda yenilikçi ve potansiyel olarak etkili bir araç olarak öne çıktığı belirtilmektedir. Ancak bu uygulamalarda dozaj, bireysel farklılıklar ve görevlerin çeşitliliği gibi faktörlerin dikkatle planlanması gerekmektedir. Sonuç

olarak, görsel kısıtlamalı egzersizler hem performans geliştirme hem de rehabilitasyon süreçlerinde çok boyutlu kazanımlar sunarken, metodolojik standardizasyon gerektiren bir müdahale alanı olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Stroboskopik görsel eğitim, görsel kısıtlama, duyuusal yeniden ağırlıklandırma, nöromotor adaptasyon

GİRİŞ

Modern egzersiz bilimi, nörorehabilitasyon stratejileri ve motor öğrenme teorileriyle birlikte bireylerin performans kapasitesini artırmak ve sinir sistemi adaptasyonlarını optimize etmek amacıyla geleneksel fiziksel antrenman yöntemlerinin değişimini gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda, çevresel uyaranların manipüle edildiği, özellikle de görsel bilginin belirli bir sistematik çerçevesinde kısıtlandığı egzersiz müdahaleleri, elit sporcularda, nörolojik ve ortopedik rehabilitasyon süreçlerindeki hastalarda olumlu sonuçlar sunan bir araştırma alanına dönüşmüştür. Görsel kısıtlanmalı egzersiz müdahaleleri çatısı altında incelenen bu yenilikçi yaklaşımlar; zamansal kısıtlama ve uzamsal kısıtlama gibi çeşitli karmaşık metodolojileri içermektedir (D'Elia et al., 2023; Guo et al., 2025)

Zamansal kısıtlama, geleneksel olarak görsel bilginin farklı zaman periyotlarında maskelenmesini veya kaldırılmasını içerir (D'Elia et al., 2023). Bu metod genellikle çalışmalarda video tabanlı simülasyonlar aracılığıyla kullanılır. Bireyin bir eylemin gelecekteki sonucunu (örneğin bir futbol maçında köşe vuruşunda topun hangi noktada konumlanabileceğini) hareketin sadece belli bir kısmını görerek tahmin etmesi esasına dayanır. Zamansal kısıtlama, özellikle hareketin tahmin edilmesinde ve karar verme becerilerinin analizinde temel taşlardanır. Zamansal kısıtlama yöntemlerinden diğeri ise son yıllarda literatürde sıklıkla araştırılan Stroboskopik Görsel Eğitimidir (SGE) (Guo et al., 2025; Uzlaşır et al., 2021). Stroboskopik eğitim, sıvı kristal lenslere sahip gözlükler aracılığıyla şeffaf ve opak durumlar arasında belirli frekanslarda geçiş yaparak kesintili bir görüş alanı sunar (Guo et al., 2025). Gözlüklerin opaklaştığı anlarda görsel bilgi kısıtlanır ve MSS, ilgili fonksiyonu tamamlayabilmek için mevcut eksik verileri işlemeye zorlanır (Appelbaum & Erickson, 2018). Bu mekanizmanın altında yatan teori, stroboskopik görüşün bireylerin aldıkları kısıtlı görsel girdiyi daha verimli kullanmaya zorlaması ve normal görme koşullarına dönüldüğünde ise hassasiyet ve görsel becerilerde artış sağlamasıdır (Guo et al., 2025; Vasile & Stănescu, 2023).

Literatürde görsel bilginin kısıtlanma yöntemlerinden bir diğeri ise uzamsal kısıtlama olarak tanımlanır. Görsel motor çalışma alanından belirli bilgi kaynağının, (örneğin bir ekstremitenin veya kullanılan bir objenin) seçici olarak kaldırılmasını içerir (D'Elia et al., 2023). Spor biliminde uzamsal kısıtlama genellikle uygulamalı saha planlamalarında, sporcuların kendi alt gövdelerini veya ayaklarındaki topu görmelerini engelleyen özel uzamsal kısıtlama gözlükleri kullanılarak gerçekleştirilir (D'Elia et al., 2023). Bu metot, sporcunun dikkatini ve odağını vücut kompozisyonundan ziyade çevresel ipuçlarına yönlendirilmesine olanak sağlar.

Zamansal kısıtlama ve uzamsal kısıtlama uygulama biçimleri karşılaştırıldığında zamansal kısıtlama görsel bilginin ne zaman ve ne kadar süreyle görülebildiği sınırlar. Stroboskopik görüşe imkân tanıyan gözlüklerde çevresel görüşün kısa aralıklarla açılıp kapanması bu yöntemde girer. Birey hareket sırasında çevreyi ve vücut pozisyonunu sürekli olarak değil, kesintili bir biçimde görür. Uzamsal kısıtlama da ise görsel bilginin hangi alanının görülebildiğini sınırlar. Bireyin alt ekstremitelerini, üst ekstremitelerini veya hareket alanının belirli bir bölümünü görmesinin engellenmesi olarak uygulanır. Bu yöntemde görüş tamamen kesintili olmak değildir; fakat görsel alanın belirli bölümleri kapatılır veya daraltılır.

Nörolojik ve Algısal-Motor Uyum Mekanizmaları

Görsel kısıtlama antrenmanlarının motor beceriler ve performanstaki etkilerinin temelinde yatan nörolojik mekanizmalar, insan beyninin çevresel geri bildirimlerdeki ani değişikliklere ve belirsizliklere nasıl adapte olduğunu açıklamaktadır (Luo, Cao, et al., 2025). MSS'nin bu adaptasyon süreci sadece mekanik bir uyum değil, aynı zamanda nöral plastisiteyi tetikleyen derin bir kortikal yeniden yapılanma sürecidir (Luo, Cao, et al., 2025). Literatürde bu adaptasyon mekanizmalarını açıklamak için iki temel teorik model geliştirilmiştir.

Fonksiyonel İnstabilite ve Adaptif Öğrenme Modeli; Fonksiyonel instabilite ve adaptif öğrenme modeli, zamansal ve uzamsal kısıtlama araçlarıyla görsel bilginin kesintiye uğratılmasının, bireyin algısal ve motor sistemlerinde kontrollü bir pertürbasyon yarattığını ifade etmektedir (Guo et al., 2025). Birey fiziksel bir aktivite esnasında görsel geri bildirim eksikliği ile karşılaştığında, mevcut motor şemaları yetersiz kalır. Bu durumda, MSS aktiviteyi başarılı bir şekilde tamamlayabilmek için alternatif hayatta kalma ve performans stratejileri geliştirmeye zorlar.

Görsel kısıtlanma ile oluşan yeni adaptasyon sürecinde, MSS yeniden ağırlıklandırma olarak adlandırılan süreci devreye sokar (Guo et al., 2025). Normal koşullarda MSS, hareketin devamlılığını sağlamak için somatosensoriyel, görsel ve vestibüler sistemlerden gelen bilgileri birleştirir (Varjan et al., 2024). Görsel kısıtlanma ile görsel bilginin güvenilirliği azaltıldığında, MSS otomatik bir savunma mekanizması oluşturarak kas içciklerinden, golgi tendon organlarından ve eklem kapsüllerinden gelen propriyoseptif girdiler ile iç kulaktan gelen vestibüler bilgilerin kullanım ağırlığını artırır (Grooms et al., 2015). Böylece, dışa bağımlılık azaltılıp, kinestetik farkındalığın artırılması hedeflenir.

Adaptasyonun ikinci aşaması, sistemin dinamik uyaranlar karşısında gerçek zamanlı veri işleme kısıtlarını aşabilmesi adına proaktif tahmin mekanizmalarının ve kinematik çıkarımların gerekliliği sonucu gelişmektedir (Guo et al., 2025). Görsel kısıtlama koşullarında nesnelerin veya rakibin uzaydaki konumunu sürekli olarak takip etmek zorlaşır. MSS, görsel kısıtlanma döngüsünün karanlık evrelerindeki eksik bilgiyi tamamlamak zorunda kalır. Bu aktivite, kısa süreli görsel belleğin kapasitesini zorlar. Bireyin, nesnenin bir önceki konumuna ve hızına dayanarak gelecekteki konumunu matematiksel olarak tahmin etme yeteneğinin artırılması hedeflenir (Jothi et al., 2025). Bu tahmin yeteneği, görsel uyaranlar geri geldiğinde bireyin karar verme hızını artırır.

Üçüncü adaptasyon süreci ise bilişsel yükün yönetimi ve artmış dikkat kontrolü olarak tanımlanabilir. Eksik duyuşsal verilerle motor eylemleri yürütmek bilişsel bir yük yaratır. Birey, başarılı olmak için dikkatini daha iyi bir şekilde odaklamak, dikkat dağıtıcı çevresel faktörleri elemek ve mevcut görsel bilgileri daha yüksek verimlilikle işlemek zorunda kalır (Guo et al., 2025). Bu nöral adaptasyon süreçlerinin tekrarlı olarak uygulanması, nöral yolların miyelinizasyonunu artırarak kalıcı nöroplastik değişikliklere zemin hazırlar (Ren et al., 2025).

Kolaylaştırma Modeli ve Uzmanlık Etkisi; Görsel kısıtlama uygulamalarının etkileri, her bireyde aynı şekilde ortaya çıkmayabilir. Bireyin başlangıçtaki motor uzmanlık kapasitesi ve kortikal gelişimi bu sürecin verimliliğini belirleyen kritik faktörlerdendir. Literatürde kolaylaştırma modeli olarak bilinen bu yaklaşımda, alt grup analizlerine dayalı olarak stroboskopik antrenmanların sıfırdan yeni bir beceri geliştirmekten ziyade, var olan algısal-motor kapasiteleri güçlendirdiğini savunmaktadır (Beavan et al., 2021; Fransen et al., 2017).

Meta-analiz verileri, görsel kısıtlamalı müdahalelerde elit sporcuların amatörlere veya sedanter bireylere kıyasla daha yüksek oranda fayda sağladığını belirtmektedir (Guo et al., 2025). Bu bulgular, elit sporcuların daha gelişmiş bir nöral yapıya sahip olmalarıyla açıklanmaktadır (Guo et al., 2024; Hülsdünker et al., 2021). Yıllar süren tekrarlı antrenmanlarla birlikte elit sporcuların MSS'inde, motor hareket için otonom şemalar zaman içerisinde inşa edilmektedir (Ellison et al., 2020). Görsel kısıtlama uygulandığında, sporcunun beyni bu gelişmiş yapıyı kullanarak kısıtlamanın yarattığı stresi tolere edebilir ve bu stresi hızla artan performansa çevirerek cevap verebilir. Aksine, temel motor becerileri henüz otonomlaşmamış sedanter bir birey için görsel kısıtlama koşulu, nöral bir yapı oluşturmaktan çok, var olan zayıf yapının daha çabuk bozulmasına ve motor kontrolün bozulmasına yol açabilir (Guo et al., 2025). Kolaylaştırma modeli ve uzmanlık etkisi göz önüne alındığında görsel bilginin antrenman

modellerine entegrasyon süreçlerinin zamanlaması önem kazanmaktadır. Görsel kısıtlama müdahalelerinin, beceri öğreniminin başlangıç aşamasından ziyade, becerinin ustalık aşamasına taşınması, stres altında korunması ve otomatikleştirilmesi süreçlerinde sisteme entegre edilmesi düşünülebilir.

Bilişsel ve Algısal Kapasite Üzerindeki Etkiler

Görsel bilgi kısıtlandığında beynin kompanzasyon mekanizmalarının devreye girmesi, temel bilişsel işlevlerde genel bir uyarılma hali oluşturmaktadır. Stroboskopik görsel eğitim üzerine yapılan randomize kontrollü çalışmaların meta-analizleri, bu müdahalelerin genel bilişsel fonksiyonlar üzerinde orta düzeyde, fakat istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir etki (SMD= 0,64, %95 CI: 0,29 ila 0,98, $p < 0,01$) ortaya koyduğunu belirtmektedir (Guo et al., 2025).

Algısal yetenek ve bilgi işlem hızı gibi spesifik alt alanlar incelendiğinde stroboskopik eğitimin, bireylerin kısa zaman aralıklarında yakaladıkları görsel ipuçlarını kortekste işleme ve anlamlandırma hızını anlamlı derecede artırmaktadır (Ren et al., 2025). Kısıtlı zaman diliminde bilgi işlemeye zorlanan beyin, veri çıkarma verimliliğini optimize ederek reaksiyon süresini kısaltmaktadır (SMD=-0,82) (Wang et al., 2025). Ancak bu gelişim her bilişsel alanda eşit dağılım göstermemektedir.

Aşağıdaki tablo, görsel kısıtlanmalı eğitim müdahalelerinin bilişsel ve algısal parametreler üzerindeki etki büyüklüklerini ve heterojenite değerlerini özetlemektedir (Guo et al., 2025; Wang et al., 2025). Tabloda yer alan yüksek heterojenite oranları dikkate alındığında, bulguların yorumlanmasında dikkatli olunmalı ve etki büyüklüklerinin çalışmalar arasında belirgin farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 1. SGE'nin Bilişsel ve Algısal Parametreler Üzerindeki Etkileri

Bilişsel ve Algısal Parametre	Standartlaştırılmış Ortalama Fark (SMD)	P Değeri	Heterojenite (I^2)	Bilişsel Süreç Açıklaması
Genel Bilişsel İşlev	0,64 (Orta Büyüklükte Pozitif Etki)	<0,01	%81	İşlem belleği, dikkat ve algının toplam adaptif kapasitesindeki

				genel artış (Guo et al., 2025).
Algısal Yetenek	0,75 (Büyük Pozitif Etki)	0,02	%85	Sınırlı görsel uyarınları eksiksiz yorumlama ve mekânsal farkındalığı koruma hızındaki iyileşme (Guo et al., 2025).
Bilgi İşlem Hızı	0,75 (Büyük Pozitif Etki)	<0,01	%84	Merkezi sinir sisteminin dışsal aldığı bilgileri motor çıktılarına dönüştürme süresindeki kısalma (Guo et al., 2025).
Reaksiyon Süresi	-0,82 (Büyük Negatif Etki)	0,007	-	Görsel-motor tepki süresindeki anlamlı düşüş (negatif değer iyileşmeyi gösterir) (Wang et al., 2025).
Karar Verme (Decision-Making)	0,51	0,09	-	Taktiksel ve stratejik seçimlerin hızı ve doğruluğu (sınırdan anlamlılık) (Wang et al., 2025).

Dikkat (Attention)	0,22	0,14	%0	Sürekli dikkat ve odaklanma parametrelerindeki minimal değişim (Guo et al., 2025).
--------------------	------	------	----	--

Tablodaki bulgular doğrultusunda yapılabilecek en önemli ikinci çıkarım, dikkat ve doğrudan karar verme becerilerindeki istatistiksel anlamsızlıktır (Guo et al., 2025). Dikkat becerisindeki minimal etkinin (SMD= 0.22) temel sebebi, elit sporcuların dahil edildiği çalışmalarda dikkatin halihazırda fizyolojik üst sınıra (tavan etkisi) ulaşmış olması olarak değerlendirilebilir (Guo et al., 2025). Karar verme becerisinin (SMD= 0.51, $p=0.09$) anlamsız düzeyde seyretmesi ise karar vermenin anlık görsel algıdan ziyade daha karmaşık, ön frontal kortekste işlenen, oyun zekası, taktiksel hafıza ve rakip analizi gerektiren üst düzey bir yürütücü fonksiyon olmasıyla açıklanabilir (Wang et al., 2025). Görsel kısıtlama araçları algıyı hızlandırır, fakat oyuncuya stratejik doğruluğu tek başına öğretmez. Bununla birlikte, stroboskopik ortamda görsel kısıtlamanın getirdiği zorluğun, ilerleyen süreçlerde bilişsel karar verme mekanizmalarını da olumlu yönde etkileyebileceği düşünülmektedir (Li et al., 2026).

Biyomekanik Adaptasyonlar ve Yürüyüş Kinematiki

Görsel geri bildirimin manipüle edilmesi, sadece bilişsel ve taktiksel süreçleri değil, aynı zamanda insan biyomekanikini ve postüral kontrolü de etkiler. Vücuttaki kinematik zincir, yerçekimine ve çevresel tehditlere karşı ayakta kalabilmek için görsel girdi kayb olduğunda anında spesifik savunma stratejileri geliştirir. Bu adaptif yanıtlar en net şekilde yürüyüş biyomekanikinde gözlemlenebilmektedir. Laboratuvar ortamlarında tam görüş sağlayan koşul ile gözlerin tamamen kapatıldığı koşul arasında yapılan karşılaştırmalı yürüyüş analizlerinde, biyomekanik uyumun parametrelerini belirlemiştir. Bireyler görsel bilgiden mahrum bırakıldıklarında, çevreye bağımlı olarak üst vücut stabilitelerinde ve yürüyüş harmonilerinde belirgin bir azalma yaşamaktadırlar (Marco Iosa et al., 2012).

Biyomekanik savunma stratejilerinin ilk aşaması, hız ve mesafe kısıtlamasıdır. Bireyler, çevrelerini göremediklerinde aynı mesafeyi daha uzun sürede alırlar. Ortalama yürüyüş hızı yaklaşık %26 oranında düşerken, adım uzunluğunda %16'lık ve adım frekansında ise %11'lik azalma gözlemlenmiştir (Marco Iosa et al., 2012).

Eklemlerin kinematik tepkileri incelendiğinde, bu savunma mekanizmalarının dikkatli yürüyüş stratejisi olarak adlandırılan bir patern oluşturduğu görülmüştür (Hallemans et al., 2009). Aşağıdaki tablo, görsel kısıtlama altındaki temel kinematik değişimleri ve bunların altında yatan olası biyomekanik nedenleri özetlemektedir (Hallemans et al., 2009; M. Iosa et al., 2012).

Tablo 2. Görsel Kısıtlama Altında Temel Kinematik Değişimler

Kinematik Parametre	Görsel Kısıtlama Altındaki Değişim	Biyomekanik Nedensellik ve Postüral Adaptasyon
Yürüme Hızı	~%26 Düşüş	Üst gövde ivmelenmelerini sınırlayarak, kontrol edilemeyen bir momentumun yaratabileceği dinamik denge kaybı riskini en aza indirmeye refleksi (M. Iosa et al., 2012).
Adım Uzunluğu	~%16 Düşüş	Ayak tabanının zeminle temas süresini yani duruş fazı süresini artırarak somatosensoriyel deri reseptörlerinden gelen bilgi akışını maksimize etme çabası (M. Iosa et al., 2012).
Diz Eklemi Kinematiği	Fleksiyonda Artış	Yere düz taban basma eğiliminin artması. Olası zemin engellerine karşı şok emilimini artırmak ve ağırlık merkezini aşağı doğru çekerek güvenli alan yaratmak (Hallemans et al., 2009).
Gövde Postürü	Daha Geriye Eğik	Kütle merkezini destek yüzeyinin gerisinde tutarak olası bir takılma durumunda ileri yönlü düşme riskini kontrol etme stratejisi (Hallemans et al., 2009).
Ayak Bileği Kinematiği	Plantar Fleksiyonda Azalma	İtme fazında üretilen gücün azaltılması; adımı kısa ve yere

		yakın tutma ihtiyacı oluşturmaları (Hallemans et al., 2009).
Pelvis Kinematığı	Hareket Kısıtlılığı	Üst gövdeyi rijit hale getirerek antero-posterior ve latero-lateral harmoni kaybını telafi etme stratejisi (M. Iosa et al., 2012).

Çocuklar ve erişkin bireyler arasında bu kinematik savunma mekanizmalarında büyük farklılıklar gözlemlenmemiştir, bu da dikkatli yürüyüş stratejisinin yaşa bağlı öğrenilmiş bir davranış olmasından ziyade, MSS'ye kodlanmış temel bir hayatta kalma refleksi olduğunu göstermektedir (Hallemans et al., 2009). Sağlıklı sporcularda bu durum sadece geçici bir kinematik reaksiyonken, nörolojik hasarı olan veya geriatrik hastalarda bu dikkatli yürüme stratejisi, kronik bir düşme korkusunun ve fonksiyonel kapasite kaybının göstergesidir. Klinisyenler, kontrollü ve aşamalı görsel kısıtlama antrenmanları (SGE, VR) ile bu dikkat etme stratejisini güvenli klinik ortamlarında kontrollü bir şekilde provoke eder (Cradini et al., 2024; Das et al., 2023; Xiong et al., 2025). Amaç, hastaların somatosensoriyel kapasitelerinde duyuusal yeniden ağırlıklandırma sürelerini kademeli olarak artırarak, normal görme koşullarına döndüğünde yürüyüş hızını, adım uzunluğunu ve biyomekanik stratejileri güvenli bir şekilde yeniden oluşmasını sağlamaktır (Das et al., 2023).

Sportif Performans ve Spora Özgü Beceri Kazanımı

Performans sporu, çok küçük sürelerin ve mesafelerin başarıyı belirlediği son derece dinamik ve karmaşık bir ortamdır. Sporcular, takım arkadaşlarının, rakipler sporcuların ve topun konumunu eş zamanlı olarak analiz etmek, kendi vücut mekaniklerini düzenlemek ve en ideal zamanlamayla eyleme geçmek zorundadır. Görsel kısıtlama antrenmanları, sportif performansı bu karmaşık taleplere uyum sağlayacak şekilde üç temel düzlemde geliştirmektedir. Bunlar: Temel motor beceriler (reaksiyon, postüral denge, genel motor kontrol), spora özgü teknik beceriler (top sürme, bloklama hızı, atış doğruluğu) ve karmaşık motor performans (yön değiştirme hızı, çeviklik testleri) olarak sınıflandırılabilir (Guo et al., 2025).

Görsel kısıtlama müdahalelerinin spesifik spor dalları üzerindeki etkileri incelendiğinde, entegrasyonun özgüllüğü prensibi öne çıkmaktadır. Literatür, görsel kısıtlamalı eğitimlerin izole bir şekilde sadece bilgisayar başında bir ekrana bakarak yapılmasından ziyade, doğrudan spora özgü olacak şekilde basketbol antrenmanı veya futbol sahası içinde uygulanmasının eğitim etkilerinin en üst düzeye çıkarılabileceğini göstermektedir (Guo et al., 2025).

Futbol ve Uzamsal Kısıtlama Mekanizmaları

Uzamsal kısıtlama yönteminin sahaya entegrasyonunu ve teknik beceriler üzerindeki etkisini anlamak açısından, 14 yaş altı amatör futbolcular üzerinde yapılan randomize kontrollü bir çalışma kayda değer veriler sunmaktadır (D'Elia et al., 2023). Bu çalışmada, oyuncuların alt gövdelerini ve ayaklarındaki topu görmelerini engelleyen, fakat çevreyi görmelerine olanak tanıyan yumuşak çerçeveli Uzamsal Kısıtlama Gözlükleri (Spatial Occlusion Goggles-SOG) tercih edilmiştir. Otuz futbolcu, homojen olacak şekilde kontrol ve müdahale gruplarına ayrılmıştır. Görsel kısıtlama grubu, geleneksel antrenmanlara ek olarak haftada iki gün, ısınma, ana egzersiz ve soğuma fazlarından oluşan toplam 75 dakikalık SOG antrenmanları yaptırılmıştır (D'Elia et al., 2023).

Antrenmanların ilk zamanlarında, topu göremeyen oyuncuların top kontrolünde kayıp yaşadığı, daha fazla yere doğru bakma ihtiyacı duyduğu ve bununla birlikte teknik bozulmalar sergilediği gözlemlenmiştir. Ancak sinir sistemi adaptasyon geliştirdikçe nöromotor bazı değişimler yaşanmıştır. Oyuncular, ayağa ve topa bakma bağımlılığını azaltarak somatosensoriyel sisteme güvenmeyi başarmış ve görsel dikkatlerini zorunlu olarak çevreyi taramaya çevirmişlerdir. İki aylık eğitim sonunda SOG gözlükleri çıkarılıp normal şartlara geçildiğinde, görsel kısıtlama grubunun ceza sürelerinde ve genel performans parametrelerinde düşük-orta düzeyde, ancak tutarlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Görsel kısıtlama ile alt ekstremitenin topu kontrol etme fonksiyonu otonom hale getirilerek görsel korteksi bu yükten kurtarır. Bununla birlikte serbest kalan görsel kapasite ise mücadele esnasında sahadaki boşlukları aramak, rakip hareketlerini analiz etmek ve pas yollarını hesaplamak gibi taktiksel farkındalık süreçlerine yönlendirilir. Bu sonuçlar görsel veri işleme yükünün kortikal süreçler üzerindeki yükünü azaltıp mücadele performansının artışına olanak tanıyabilmektedir (D'Elia et al., 2023).

Basketbol ve Diğer Disiplinlerdeki Etkiler

Farklı branşlarla yapılan çalışmalar, görsel kısıtlamalı eğitimin spora özgü gereksinimleri nasıl desteklediğini göstermektedir. Basketbolcularda, görsel kısıtlamanın genel koordinasyon, yön değiştirme hızı ve karmaşık mücadele ortamlarında karar verme becerilerini artırdığı gösterilmiştir (Li et al., 2026). Voleybolcularla yapılan çalışmalarda ise SGE'nin özellikle blok hızı, reaktif çeviklik ve kısa süreli görsel hafıza üzerinde pozitif etkiler yarattığı belirtilmiştir (Guo et al., 2025). Li ve ark. (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada elit seviyedeki curling sporcularında SGE'nin zaman algısı, hız kontrolü ve performans doğruluğu üzerindeki etkileri incelenmiştir (Li et al., 2024). Araştırmaya 32 elit erkek curling sporcusu dahil edilmiş ve

katılımcılar normal görsel koşulların yanı sıra stroboskopik görsel koşullarda da değerlendirilmiştir. Stroboskopik görsel koşullar altında sporcuların zaman algısı hatalarının anlamlı düzeyde arttığını ($p<0,001$), taş bırakma hız kontrolünde daha fazla hata yaptıklarını ($p=0,016$) ve sporcuların performans doğruluğunun azaldığını ($p=0,029$) belirtilmiştir. Sonuçlar, görsel bilginin aralıklı manipülasyonunun bilişsel süreçleri ve motor performansı kısa vadede olumsuz etkilediğini ortaya koysa da zorlayıcı koşullar altında yapılan antrenmanların uzun vadede duyuşsal adaptasyon geliştirebileceği ve performans gelişimi için önemli bir eğitim aracı olabileceğini düşündürmektedir.

Klinik Rehabilitasyonda Kullanımı

Görsel kısıtlanmalı eğitim müdahaleleri, başlangıçta performans maksimizasyonu hedefi olan elit sporcular için kullanılsa da günümüzde sensorimotor entegrasyon problemleri yaşayan klinik popülasyonlar için de uygulanabilir terapatik araçlardan biri haline gelmiştir. Hastalık veya travma sonucu bozulan nörolojik sistemin yeniden yapılandırılmasında, görsel manipülasyonun zorlayıcı etkisi sistemin yeniden düzenlenmesine olanak tanıyabileceği düşünülmektedir (Das et al., 2023).

Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi

Kronik Ayak Bileği İnstabilitesi (KABİ), ayak bileği burkulmalarını takiben gelişen, boşalma hissi, tekrarlayan travmalar ve zayıflamış fonksiyonel stabilite ile seyreden, ortopedik-nörolojik bir tablodur (Lin et al., 2021). KABİ gelişiminin temelinde sadece mekanik bir bağ gevşekliliği değil, aynı zamanda ligament ve eklem kapsülünde bulunan propriyoseptif mekanoreseptörlerin hasar görmesi durumudur (Lin et al., 2021; Oh et al., 2025). Bu hasar sebebiyle MSS'ye eklem konumu hakkında yeterli kinestetik bilgi ulaşamayabilir. MSS bu eksikliği gidermek için görsel bilgiyi daha çok kullanarak görsel bilgiye bağımlı hale gelir (Song et al., 2016). Bu durumda KABİ'li hasta, ayak bileğinin pozisyonunu korumak ve hareketi yönlendirmek için sürekli bir şekilde görsel kortekse ve alt gövdeyi daha çok görmeye ihtiyaç duyar (Oh et al., 2025; Song et al., 2016).

Geleneksel rehabilitasyon müdahaleleri bu patolojiyi çözmede çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Fakat, SGE'nin denge ve kuvvet antrenmanlarına entegrasyonu ile bu kortikal görsel bağımlılıkta azalma sağlanabilmektedir (Wang et al., 2024). KABİ hastaları üzerinde yapılan meta-analizler, SGE destekli müdahalelerin özellikle anterior yönlü dinamik dengeyi anlamlı ölçüde geliştirdiği ($d= 0,55$, $p= 0,004$) belirtilmektedir (Luo, Zhang, et al., 2025). Öz

bildirimli ayak bileği stabilite anketlerinde, sadece geleneksel müdahale yapılan gruplara kıyasla daha geniş bir etki büyüklüğü ile ($d=0,98$, $p=0,00$) iyileşmeler sağlandığı belirtilmiştir (Luo, Zhang, et al., 2025). Bu iyileşmenin altında yatan nöromekanik adaptasyonlar bakıldığında tek ayak üzerine düşüş görevi sırasında stroboskopik gözlüklerle çalışan KABİ hastaları incelendiğinde, kas aktivasyon paternlerinde çeşitli adaptasyonlar geliştiği belirtilmiştir (Luo, Zhang, et al., 2025). SGE grubundaki hastalar, ayakları henüz yerle temas etmeden çok kısa bir süre öncesinde peroneus longus kasının aktivasyonunu ve eversiyon açısını artırma eğilimi göstermişlerdir (Luo, Zhang, et al., 2025). Bu durum feed-forward motor kontrolün bir örneği olarak düşünülebilir. Görsel bilginin kesintili hale gelmesi, MSS'yi, yere varmadan hemen önce eklemi aktif bir şekilde rijit ve hazırlıklı ko-kontraksiyon durumunda tutmaya zorlamaktadır. Ayağın yere temasından sonraki süreçte ise feed-back mekanizmasıyla, tibialis anterior ve gluteus maximus aktivasyonlarında artışlar kaydedilmiştir. Bu durum şok emiliminin ve stabilizasyonun alt ekstremité kinetik zinciri boyunca daha verimli yönetildiğini göstermektedir (Luo, Zhang, et al., 2025). Kısacası stroboskopik görüşün yarattığı baskı, azalmış propriyoseptif ağları yeniden harekete geçirerek otonom refleksleri düzenlemeye yardımcı olmaktadır.

Sporcularda ve KABİ gibi sensörimotor kontrolün bozulduğu klinik durumlarda, stroboskopik eğitim müdahalelerinin postüral stabilite, denge performansı ve reaksiyonel kontrol üzerinde anlamlı iyileşmeler sağlarken bu etkilerin sadece periferik düzeyde değil aynı zamanda kortikal düzeyde aktivasyon değişiklikleri ile de ilişkili olduğu belirtilmektedir (Uzlaşır et al., 2021). Bununla birlikte SGE müdahalelerinin görsel bilgi bağımlılığını yeniden düzenleyerek multisensör entegrasyonu arttırdığı, motor öğrenmeyi geliştirdiği ve nöroplastik adaptasyonları desteklediği raporlanmaktadır (Uzlaşır et al., 2021). Bu yönüyle SGE'nin performans artırıcı antrenmanların yanı sıra nöromüsküler rehabilitasyon programlarında tamamlayıcı ve hedefe yönelik bir yöntem olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır.

Ön Çapraz Bağ Yaralanması Rehabilitasyonu

Ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmaları ve sonrasındaki rekonstrüksiyon cerrahileri süreçlerini takiben, ÖÇB problemi olan hastalarda KABİ'de olduğu gibi bir nöromotor bazı değişimler meydana gelmektedir. Diz eklemindeki çapraz bağların bütünlüğü bozukluğunda yapısında bulunan mekanoreseptörlerde de hasar gelişebilmektedir. Cerrahide müdahalede ise bağın yerine yeni bir greft konulsa da nöronal sistemin optimizasyonun sağlanması yeterli düzeyde

gelişmeyebilir. Bu durumda MSS dizin uzaydaki pozisyonunu ve açısını algılamak için propriyoseptif duyu yerine, görsel sisteme güvenmeye başlar (Grooms et al., 2015).

Bu görsel bağımlılık, özellikle bireyin aktiviteye dönüş evresinde tehlike oluşturur. Futbol veya basketbol gibi branşlarda mücadele sırasında sporcu dikkatini rakibe, topa veya taktiksel dizilişe yönlendirdiğinde, diz eklemine kontrol eden görsel denetim mekanizması geçici olarak devreden çıkar. Böyle anlarda yapılan ani bir yön değiştirme veya sıçrama sonrası iniş hareketi, dizin kontrolsüzce içe çökmesine ve greft bütünlüğünün tehlikeye girmesine neden olabilir (Grooms et al., 2015). Literatürde nörobilişsel yükün arttığı durumlarda yapılan sıçrama testlerinin, normal testlere kıyasla fonksiyonel performansı düşürdüğü belirtilmektedir (Thomas et al., 2024).

Geleneksel olarak rehabilitasyon süreçlerinde hastaların gözleri kapatılarak tek ayak üzerinde durmaları istenerek propriyoseptif duyu geliştirilmeye çalışılır. Fakat bu tür izole ve statik denge görevleri, sahadaki karmaşık çevreyi yansıtmaz (Grooms et al., 2015). Bu metodolojik boşluğu dolduracak yenilikçi bir yaklaşım olarak görsel kısıtlamalı eğitimin dinamik hareketlere entegre edilmesidir. SGE ile yapılan çeviklik antrenmanları, pliometrik sıçramalar ve yön değiştirme koşuları, motor öğrenme prensipleriyle bütünleştirildiğinde, nöronal işleme zorunlu olarak dizdeki propriyoseptif sinyallere kaydırılır (Wohl et al., 2021). Bu duysal yeniden ağırlıklandırma süreci görsel dikkatin sahadaki taktiksel unsurlara serbestçe yönelmesine olanak sağlarken, alt ekstremit motor kontrolünü ise yeniden otomatikleşmesine olanak tanır (Wohl et al., 2021).

Geriatrik Hastalar, İnme ve Nörolojik Bozukluklar

Dünya nüfusunun giderek yaşlanmasıyla birlikte düşme ve düşmeye bağlı travmalar, sağlık sistemleri üzerinde tıbbi ve ekonomik yük yaratmaktadır (Thompson et al., 2020). Doğal yaşlanma süreci, inme veya Parkinson hastalığı gibi nörolojik dejenerasyonlar, somatosensoriyel, görsel ve vestibüler sistemler arasındaki bağlantıyı olumsuz etkiler (Varjan et al., 2024). Bu risk faktörlerini en aza indirmek için görsel ve somatosensoriyel girdilerin manipüle edildiği spesifik egzersiz protokolleri geliştirilmiştir. Thompson ve ark.'larının yaptığı çalışmada 50-80 yaş arası sağlıklı bireyler ve kronik inme öyküsü olan hastalarda bireyler sadece gözleri açık-kapalı durumlarında ve sert veya köpük zeminler üzerinde altı haftalık duysal denge müdahalelerine tabi tutulmuşlardır (Thompson et al., 2020). Çalışma sonucunda, klinik bir araç olan Denge Hata Puanlama Sisteminde her iki grupta özellikle de küçük destek yüzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler kaydedildiği belirtilmiştir

(Thompson et al., 2020). İnme hastalarında uygulanan Görsel Geri Bildirimli Karmaşık Egzersiz programları, yürüyüş hızı, adım uzunluğu, kalça ve diz fleksiyon açılarında anlamlı artışlar sağlayarak gövde stabilitesini ve mobilitesini arttırdığı belirtilmiştir (Yeo et al., 2023).

Geriatrik popülasyonda karşılaşılan bir diğer büyük engel, kronik ağrı kaynaklı hareket korkusu ve kinesiyofobidir (Dâ Souza, 2025). Geleneksel kuvvet egzersizleri yaşlı gruplarda ağrı korkusuyla reddedilmekte ve bu durum kas atrofisine riskini ortaya çıkarabilmektedir. Fizik tedavi uygulamalarından hemen önce hareket öncesi yumuşak macun sıkma, ayak bileğine tıraş köpüğü sürme gibi spesifik somatosensoriyel uyarılar gibi Duyu Bütünleme tekniklerinin kullanılması, beyindeki Anterior Singulat Korteksi doğrudan modüle edebilmektedir (Dâ Souza, 2025). Anterior Singulat Korteksin uyarılması, hastanın ağrıya karşı geliştirdiği aşırı reaksiyonu azaltabilir ve hastanın kuvvet egzersizlerine gösterdiği toleransı artırabilir (Dâ Souza, 2025). Görme yetisi zayıflamış veya kısıtlanmış yaşlılar için ise ağırlık merkezinin yavaş ve bilinçli transferine olanak tanıyan tai chi, modifiye yoga ve dans terapisi gibi uygulamalar, kinestetik hareket farkındalığı artırarak düşme riskine karşı direnç oluşturabilmektedir (Sweeting et al., 2020).

Sanal Gerçeklik ve Teknolojik Entegrasyon

Stroboskopik gözlükler ve plastik kısıtlama maskelerinin sunduğu olanaklar sınırlıdır bu durum antrenman ortamının getirdiği tüm zorlukları oluşturamamaktadır. Bu durumda Sanal Gerçeklik (SG) sistemleri, görsel kısıtlama müdahalelerinde kontrol edilebilir, modifiye edilebilir ve müdahale açısından çeşitlilik sağlamaktadır. SG teknolojisi, eğitim ortamında fiziksel kuralları esneterek, kullanıcıyı gerçek dünya risklerinden uzak kapsamlı bir simülasyonun içine yerleştirir (SynergyXR, n.d).

SG müdahalelerinde zamansal kısıtlama testleri, geleneksel 2D video ekranlarına göre daha doğal bir şekilde yapılabilir. Oyuncu, sanal ortamda bir stadyumda kendisine doğru gelen bir topu takip ederken, yazılım aracılığıyla topun yörüngesi istenilen salisede maskeleyebilir, ortam karartılabilir veya dikkati dağıtabilecek sanal rakipler yaratabilir (Witte et al., 2025). SG, gerçek dünyadaki gibi sporcunun kafasını çevirmesine, derinlik algısını kullanmasına ve bununla birlikte kendi vücut kinematığı ile etkileşime girmesine olanak sağlayarak çevresel anlamda gerçeklik sağlar.

Güvenlik Protokolleri, Yan Etkiler ve Kontrendikasyonlar

SGE ve diğer görsel manipülasyon müdahalelerinin hem performans sporlarına hem de klinik uygulamalara entegrasyonunun önündeki kısıtlılıklar, tıbbi güvenlik endişeleri ve potansiyel kontrendikasyonlardır (Schwartzman et al., 2025). Yayınlanan literatür derlemelerinin birçoğu SGE donanımlarının sağlıklı yetişkin gruplarında ciddi bir yan etkiye neden olmadığını, antrenmanların genellikle güvenle tamamlandığını bildirirse de, bazı risk faktörlerinin analiz edilmesi gerekmektedir (Byl et al., 2015).

- **Işığa Duyarlı Nöbetler ve Titreşim Vertigosu**

SGE ve benzeri görsel titreşimli müdahalelerin yarattığı en önemli tıbbi risk, Işığa Duyarlı Epileptik Nöbetlerdir (Schwartzman et al., 2025). Genel popülasyonun küçük bir yüzdesini etkilemesine rağmen, stroboskopik ışıkların belirli frekansları bu duruma yatkın bireylerde sinir hücresi aktivitesini bozarak bilinç kayıplarına ve kas kasılmalarına yol açabilir (Charlotte Eye Ear Nose & Throat Associates, 2023, June 7). Nöbetin tetiklenmesi sadece ışığın varlığına bağlı olmayıp aynı zamanda flaşın frekans hızına (1-20 Hz), ışık parlaklığına, arka plan kontrastına ve ışık kaynağı ile göz retinasının arasındaki mesafeye bağlı olarak değişkenlik gösterir (Charlotte Eye Ear Nose & Throat Associates, 2023, June 7). Epilepsi öyküsü olmayan sağlıklı bireylerde dahi, söz konusu 1-20 Hz. bandındaki titreşimler “Titreşim Vertigosu” olarak bilinen durumu tetikleyebilir. Uzaysal oryantasyon bozukluğu, mide bulantısı, refleksif hızlı göz kırpması ve geçici kas sertliği ile seyreden bu durum, genellikle stroboskopik etki ortadan kalktığında saniyeler hızlı bir şekilde düzelme eğilimi göstermektedir (Charlotte Eye Ear Nose & Throat Associates, 2023, June 7).

- **Nörogelişimsel, Psikiyatrik ve Fizyolojik Hassasiyetler**

Stroboskopik etkinin olası risklerini azaltmak için klinik çalışmalarda uygulanmak üzere Sussex Stroboskop Güvenlik Tarama Anketi gibi kapsamlı tarama protokolleri geliştirilmiştir (Schwartzman et al., 2025). Bu protokoller, sadece tanılara bakmaktan ziyade, fenotipik risk belirteçlerini belirlemeyi hedefler.

Protokollerdeki dışlama ve dikkat kriterlerinin temel dayanakları aşağıda belirtilmiştir.

DEHB ve Otizm: Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB) teşhisi kendi başına bir kontrendikasyon olarak değerlendirilmemektedir. Fakat DEHB'li bireylerin yaklaşık %69'unda fotofobi gibi ışığa karşı duyarlılık bildirilmesi nedeniyle, bu kişilerde SGE kullanımı

görsel rahatsızlık ve anksiyete yaratabilir (Schwartzman et al., 2025). Otizm spektrum bozukluğunda da benzer riskleri mevcuttur.

Psikotik Bozukluklar: Şizofreni dahil olmak üzere psikotik bozukluklar toplumda nadir olarak görülse de, stroboskopik ışıkların beynin görsel korteksinde yarattığı canlı ve yanıltıcı görsel illüzyonlar, halüsinasyonları olan hastalarda ciddi kafa karışıklığını ve psikolojik distressi tetikleyebilir (Schwartzman et al., 2025).

Geçici Fizyolojik Durumlar: Hamilelik dönemindeki hormonal ve fizyolojik değişikliklerin nöbet eşiğini değiştirebilmesi nedeniyle hamilelik bir dışlama kriteridir. Ayrıca yakın zamanlı alkol veya rekreasyonel uyuşturucu ve uyarıcı madde kullanımı ile şiddetli uyku yoksunluğu, beynin kortikal inhibisyon mekanizmalarını zayıflatması nedeniyle nöbet riskini artırır (Schwartzman et al., 2025).

Standardizasyon Eksikliği ve Dozaj Problemleri

Literatürde, görsel kısıtlanmalı egzersiz protokolleri için kabul görmüş klinik dozaj kılavuzu bulunmamaktadır (Das et al., 2023). Antrenman frekansları, seans süreleri ve stroboskopik cihazların şeffaflık-opaklık oranları araştırmadan araştırmaya farklılıklar göstermektedir (Guo et al., 2025). Meta-analizlerden elde edilen optimal dozaj verileri 6-10 haftalık toplam program süresi, haftada 2-3 seans ve seans başına ortalama 10-20 dakikalık uygulama aralıklarını önerse de, bu veriler protokolün uygulandığı hastalık grubu veya sporcular için özelleşmekten uzak görünmektedir (Guo et al., 2025). Gerçek spor ve aktivite ortamının getirdiği gürültü, izleyici baskısı ve yorgunluk gibi dışsal faktörlerin SGE ile nasıl etkileşime girdiği henüz klinik ve laboratuvar ortamlarında yeterince simüle edilememiştir (Li et al., 2024). Bu durum müdahale gruplarına özgü geliştirilmiş ve ilgili branşın gerçek zamanlı simülasyonu ortamında yapılmasını ve uygulama dozajlarının bu entegrasyonlar ile belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Araştırmaların büyük bir bölümü, özellikle elit seviyedeki sporcuların erişim zorluğu nedeniyle, sayıca kısıtlı ve demografik olarak homojen örneklem gruplarıyla gerçekleştirilmiştir (Ren et al., 2025). Bu durum, elde edilen verilerin kadın sporculara, sedanterlere veya farklı branşlara genellenebilirliğini zayıflatmaktadır (Li et al., 2024). Klinik çalışmalarda ise hasta gruplarının hastalık şiddetleri ve yaş profilleri çalışmadan çalışmaya değişkenlik göstermektedir.

Gelecek Araştırma Perspektifleri ve Öneriler

Anlatısal derleme türünde ele alınan bu derleme çalışmasında elde edilen bulgular doğrultusunda gelecekteki odak noktası öncelikle kazanımların spor mücadelelerine ve günlük

yaşama transfer edilebilirliği üzerine olmalıdır (Müller et al., 2024). Sporcuların laboratuvar ve klinik koşullarında, görsel-motor görevlerde reaksiyon hızlarında elde ettikleri küçük artışların, sahada karmaşık bir futbol maçında savunma arkasına atılan pası kesmeye veya bir basketbol maçında ikili sıkıştırmadan çıkarak doğru kararı vermeye ne ölçüde transfer olduğu, bilimsel çalışmalar ve uygun metodolojilerle kanıtlanmalıdır (Li et al., 2026). Çevresel olarak geçerliliği yüksek, karmaşık teknik ve taktik ihtiyaçları olan spora özgü oyun senaryolarına görsel kısıtlatmalı egzersiz müdahalelerinin daha uzun periyotlarla entegre edilmesi gerekmektedir (Guo et al., 2025).

Gelecek perspektiflerinden bir diğeri ise nörogörüntüleme entegrasyonudur. Araştırmacılar artık görsel-motor performans artışını sadece kronometrelerle değil, doğrudan MSS'ye bakarak ölçmelidirler. Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI) ve Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopi (fNIRS) gibi ileri nörogörüntüleme teknikleri bu müdahaleler için kullanılarak, duysal yeniden ağırlıklandırma sırasında görsel korteks ile somatosensoriyel korteks arasındaki kan akışı ve nöronal ağ değişimleri fizyolojik olarak haritalandırılmalıdır (Ren et al., 2025). Bu şekliyle nöroplastisitenin hücresel düzeyde kanıtı, stroboskopik eğitimi alternatif bir yöntem olmaktan çıkarıp kanıt destekli uygulanabilir bir rehabilitasyon protokolüne dönüştürebilir. Son olarak, spor dallarının dinamiklerine ve hastaların klinik durumuna göre algoritmik olarak belirlenmiş bireye özgü dozaj reçeteleri üzerine kapsamlı bir uzlaşma raporu oluşturulmasına ihtiyaç vardır (Jothi et al., 2025).

KAYNAKLAR

Appelbaum, L. G., & Erickson, G. (2018). Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 11(1), 160-189. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1266376>

Beavan, A., Hanke, L., Spielmann, J., Skorski, S., Mayer, J., Meyer, T., & Fransen, J. (2021). The effect of stroboscopic vision on performance in a football specific assessment. *Science and Medicine in Football*, 5(4), 317-322. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1862420>

Byl, N., Zhang, W., Coo, S., & Tomizuka, M. (2015). Clinical impact of gait training enhanced with visual kinematic biofeedback: Patients with Parkinson's disease and patients stable post stroke. *Neuropsychologia*, 79, 332-343. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.020>

Ceradini, M., Losanno, E., Micera, S., Bandini, A., & Orlandi, S. (2024). Immersive VR for upper-extremity rehabilitation in patients with neurological disorders: a scoping review.

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 21(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01367-0>

Charlotte Eye Ear Nose & Throat Associates, C. (2023, June 7). *Are strobe lights dangerous?* <https://www.ceenta.com/news-blog/are-strobe-lights-dangerous>

D'Elia, F., D'Isanto, T., Altavilla, G., Esposito, G., & Raiola, G. (2023). Does training with visual occlusion improve technical skills in Under-14 football players? *Acta Gymnica*, 53, 1-5. <https://doi.org/10.5507/ag.2023.004>

Dâ Souza, N. (2025). Sensory Integration for Improved Exercise Performance in Older Adults with Chronic Pain. 2025 Combined Sections Meeting (CSM), APTA, 2025.

Das, J., Walker, R., Barry, G., Vitório, R., Stuart, S., & Morris, R. (2023). Stroboscopic visual training: The potential for clinical application in neurological populations. *PLOS digital health*, 2(8), e0000335 <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000335>

Ellison, P., Jones, C., Sparks, S. A., Murphy, P. N., Page, R. M., Carnegie, E., & Marchant, D. C. (2020). The effect of stroboscopic visual training on eye–hand coordination. *Sport Sciences for Health*, 16(3), 401-410. <https://doi.org/10.1007/s11332-019-00615-4>

Fransen, J., Lovell, T. W., Bennett, K. J., Deprez, D., Deconinck, F. J., Lenoir, M., & Coutts, A. J. (2017). The influence of restricted visual feedback on dribbling performance in youth soccer players. *Motor control*, 21(2), 158-167. <https://doi.org/10.1123/mc.2015-0059>

Grooms, D., Appelbaum, G., & Onate, J. (2015). Neuroplasticity following anterior cruciate ligament injury: a framework for visual-motor training approaches in rehabilitation. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 45(5), 381-393. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2015.5549>

Guo, J., Zhao, L., Liu, G., Li, H., & Wu, J. (2025). Stroboscopic training effects on athletic performance and cognitive function across populations, purposes, and skill types: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Sports Act Living*, 7, 1705693. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1705693>

Guo, Y., Yuan, T., Peng, J., Deng, L., & Chen, C. (2024). Impact of sports vision training on visuomotor skills and shooting performance in elite skeet shooters. *Frontiers in Human Neuroscience*, 18, 1476649. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1476649>

Halleman, A., Beccu, S., Van Loock, K., Ortibus, E., Truijen, S., & Aerts, P. (2009). Visual deprivation leads to gait adaptations that are age-and context-specific: II. Kinematic parameters. *Gait & posture*, 30(3), 307-311. [10.1016/j.gaitpost.2009.05.017](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.05.017)

Hülsdünker, T., Gunasekara, N., & Mierau, A. (2021). Short-and long-term stroboscopic training effects on visuomotor performance in elite youth sports. Part 1: reaction and behavior. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(5), 960-972. [10.1249/MSS.0000000000002541](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002541)

Iosa, M., Fusco, A., Morone, G., & Paolucci, S. (2012). Effects of visual deprivation on gait dynamic stability. *ScientificWorldJournal*, 2012, 974560. <https://doi.org/10.1100/2012/974560>

Jothi, S., Dhakshinamoorthy, J., & Kothandaraman, K. (2025). Effect of stroboscopic visual training in athletes: A systematic review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 20(2), 562-573. <https://doi.org/10.55860/vm1j3k88>

Li, T., Zhang, C., Wang, X., Zhang, X., Wu, Z., & Liang, Y. (2024). The impact of stroboscopic visual conditions on the performance of elite curling athletes. *Life*, 14(9), 1184. <https://doi.org/10.3390/life14091184>

Li, Y., Li, S., Yang, J., & Hao, Y. (2026). The effects of stroboscopic visual training on coordination, change-of-direction, and decision-making performance in collegiate basketball players. *Frontiers in Psychology*, 17, 1750065. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1750065>

Lin, C.-I., Houtenbos, S., Lu, Y.-H., Mayer, F., & Wippert, P.-M. (2021). The epidemiology of chronic ankle instability with perceived ankle instability-a systematic review. *Journal of foot and ankle research*, 14(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s13047-021-00480-w>

Luo, Y., Cao, Y., Pan, X., Li, S., Koh, D., & Shi, Y. (2025). Effects of stroboscopic visual training on reaction time and movement accuracy in collegiate athletes: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 15(1), 25151. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10393-4>

Luo, Y., Zhang, X., Li, S., Cao, Y., Pan, X., & Koh, D. (2025). Stroboscopic visual training combined with balance exercises for chronic ankle instability: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06353-3>

Müller, S., Morris-Binelli, K., Hambrick, D. Z., & Macnamara, B. N. (2024). Accelerating visual anticipation in sport through temporal occlusion training: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 54(10), 2597-2606. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02073-6>

Oh, M., Han, S., Lee, H., & Hopkins, J. T. (2025). Stroboscopic glasses in rehabilitation improve force accuracy and reduce visual reliance in chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1(aop), 1-8. <https://doi.org/10.1123/jsr.2024-0436>

Ren, Y., Zhang, J., Sun, X., Qi, F., & Guo, F. (2025). The effects of stroboscopic visual training on human cognitive function and motor performance: a systematic review. *Frontiers in Physiology*, 16, 1708783. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1708783>

Schwartzman, D. J., Hewitt, T., Schmidt, T. T., Sander, J. W., Nacker, D., Thurbon, J., Polito, V., Funk, X., Macpherson, F., & Galea, T. (2025). Stroboscopic Light Stimulation Safety Within and Beyond Laboratory Settings: Observational Evidence and Practical Guidance. *medRxiv*, 2025.2011.2017.25340398. <https://doi.org/10.1101/2025.11.17.25340398>

Song, K., Bural, C. J., Hertel, J., & Wikstrom, E. A. (2016). Increased visual use in chronic ankle instability: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(10), 2046-2056. [10.1249/MSS.0000000000000992](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000992)

Sweeting, J., Merom, D., Astuti, P. A. S., Antoun, M., Edwards, K., & Ding, D. (2020). Physical activity interventions for adults who are visually impaired: A systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 10(2), e034036. [10.1136/bmjopen-2019-034036](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-034036)

SynergyXR. (n.d). *Must-have VR software tools for trainers*. <https://synergyxr.com/resources/learn/blogs/must-have-vr-software-tools-for-trainers/>

Thomas, Z. M., Lupowitz, L., Ivey, M., & Wilk, K. E. (2024). Neurocognitive and neuromuscular rehabilitation techniques after ACL injury-Part 2: maximizing performance in the advanced return to sport phase. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 19(12), 1629.

<https://doi.org/10.26603/001c.126270>

Thompson, L. A., Savadkoohi, M., de Paiva, G. V., Brusamolin, J. A. R., Guise, J., Suh, P., & Guerrero, P. S. (2020). Sensory integration training improves balance in older individuals. 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). [10.1109/EMBC44109.2020.9175715](https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9175715)

Uzlaşır, S., Özdiraz, K. Y., Dağ, O., & Tunay, V. B. (2021). The effects of stroboscopic balance training on cortical activities in athletes with chronic ankle instability. *Physical Therapy in Sport*, 50, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.03.014>

Varjan, M., Žiška Böhmerová, L., Oreská, L., Schickhofer, P., & Hamar, D. (2024). In elderly individuals, the effectiveness of sensorimotor training on postural control and muscular strength is comparable to resistance-endurance training. *Frontiers in Physiology*, 15, 1386537. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1386537>

Vasile, A. I., & Stănescu, M. (2023). Application of strobe training as motor-cognitive strategy in sport climbing. *J Educ Sci Psychol*, 13(75), 1. [10.51865/JESP.2023.1.14](https://doi.org/10.51865/JESP.2023.1.14)

Wang, R., Li, S., Wu, Y., Liu, H., & Zhang, Q. (2025). Effects of stroboscopic visual training on reaction time and decision-making ability in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 16, 1697425. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1697425>

Wang, Y., Peng, L., Su, Y., & Liu, J. (2024). Effect of balance training on chronic ankle instability: a meta-analysis. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 28(24), 3930.

Witte, K., Bürger, D., & Pastel, S. (2025). Sports training in virtual reality with a focus on visual perception: a systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1530948. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1530948>

Wohl, T. R., Criss, C. R., & Grooms, D. R. (2021). Visual perturbation to enhance return to sport rehabilitation after anterior cruciate ligament injury: a clinical commentary. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(2), 552. <https://doi.org/10.26603/001c.21251>

Xiong, M., Ng, M. L., & Lv, J. (2025). Application of virtual reality (VR) in the rehabilitation of neurological disorders: a systematic review and meta-analysis of treatment parameters. *Acta Neurologica Belgica*, 125(6), 1591-1611. <https://doi.org/10.1007/s13760-025-02891-z>

Yeo, S.-S., Koo, D.-K., Ko, S.-Y., & Park, S.-Y. (2023). Effect of balance training in sitting position using visual feedback on balance and gait ability in chronic stroke patients. *Journal of Clinical Medicine*, 12(13), 4383. <https://doi.org/10.3390/jcm12134383>