

PAPER DETAILS

TITLE: Yaslilar da Motor Imgeleme

AUTHORS: Tolunay Keskin,Nursen Özdemir İlçin

PAGES: 149-155

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3701542>

Yaşlılarda Motor İmgeleme Motor Imagery in the Elderly

ÖZ

Yaşlılık, insan yaşamının kaçınılmaz bir parçası olmakla birlikte çevresel faktörlere karşı uyum sağlayabilme yeteneğindeki azalma olarak tanımlanmaktadır. Yaşlanma ile kişide birçok olumsuz değişiklik görülmektedir. Meydana gelen bu değişiklikler yaşlıları rehabilitasyona ihtiyacı olan birey haline getirmektedir. Yaşla birlikte gelişen bu problemleri tamamen durdurmak zor olsa da birlikte motor imgeleme (MI) uygulamasının yaşlılarda kullanımı umut vericidir. Motor imgeleme eğitimi, hareketlerin fiziksel olarak gerçekleştirilmeden yalnızca içsel olarak hayal edildiği bir öğrenme sürecidir. İlk olarak spor veya rehabilitasyon ortamlarında motor fonksiyonu optimize etmek için zihinsel pratik yoluyla başarıyla kullanılmıştır. Yaşa bağlı motor bozukluklarla karşılaşan sağlıklı yaşlı bireylerde de bu uygulamadan yararlanılmaktadır. İmgeleme sırasında aktive olan beyin bölgelerinin motor eylem sırasında aktive olan beyin bölgeleri ile benzer olduğu yapılan fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme çalışmaları ile ortaya çıkarılmıştır. Bu bölgeler premotor korteksi, tamamlayıcı motor alanını, beyincik ve bazal ganglionlar gibi subkortikal yapıları, alt parietal korteksi içermektedir. Literatürde yaşlılarda motor imgelemenin farklı boyutları değerlendirilmiş ve yaşlanmayla birlikte MI yeteneğinin (canlılığı, zamansal özellikleri ve doğruluğu) basit hareketler için genel olarak iyi korunduğu ifade edilmiştir. Çalışmalar da sağlıklı yaşlı bireylerde motor performansı artırmak için bir araç olarak imgelemenin kullanılmasının uygun olabileceği gösterilmiştir. Ancak hem değerlendirme hem de tedavi konusunda bir standardizasyon bulunmaması ve çalışmalardaki heterojenliğin fazla olması motor imgelemenin etkinliğinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Motor İmgeleme, Yaşlı, Rehabilitasyon

ABSTRACT

Old age, while being an inevitable part of human life, is defined as a decrease in the ability to adapt to environmental factors. Many negative changes are observed in a person with ageing. These changes turn into an elderly individuals in need of rehabilitation. Although it is difficult to completely stop these age-related problems, the use of motor imagery (MI) in the elderly is promising. Motor imagery training is a learning process in which movements are only imagined internally without being physically performed. It was first used successfully through mental practice to optimise motor function in sport or rehabilitation settings. This application is also utilised in healthy elderly individuals with age-related motor disorders. Functional magnetic resonance imaging studies have revealed that brain regions activated during imagery are similar to brain regions activated during motor action. These regions include the premotor cortex, the supplementary motor area, subcortical structures such as the cerebellum and basal ganglia, and the inferior parietal cortex. In the literature, different dimensions of motor imagery in the elderly have been evaluated and it has been stated that MI ability (vividness, temporal characteristics and accuracy) is generally well preserved for simple movements with ageing. Studies have shown that it may be appropriate to use imagery as a tool to improve motor performance in healthy elderly people. However, the lack of standardisation in both evaluation and treatment and the high heterogeneity in the studies make it difficult to determine the effectiveness of motor imagery.

Keywords: Motor Imagery, Elderly, Rehabilitation

 Tolunay Keskin¹
 Nursen İlçin²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye
²Dokuz Eylül Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Geriatrik Fizyoterapi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Sorumlu Yazar:

Tolunay KESKİN, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye
E-Posta: tolunaykskn1@gmail.com
Telefon: +90 232 412 26 01

Nasıl Atıf Yapılmalı:

Keskin T, İlçin N.
Yaşlılarda Motor İmgeleme.
Geriatrik Bilimler Dergisi
2024;7(2):149-155.
Doi: 10.47141/geriatrik.1430369

Geliş Tarihi: 03.02.2024

Kabul Tarihi: 12.07.2024



MOTOR İMGELEME

İnsan beyninin etkileyici bir özelliği de herhangi bir dış uyarının yokluğunda bile dış dünyayı canlandırabilme kapasitesidir. İmgeleme, duysal, görsel, dokunsal, kinestetik herhangi bir tecrübenin ya da var olmayan bir hareketin zihinde yaratılmasını ifade eder. Hareket olmaksızın bir eylemi hayal etme veya zihinsel olarak simüle etme becerisine genellikle motor imgeleme (MI) yeteneği denir. Bu yetenek literatürde “motor imgeleme uygulaması”, “mental uygulama”, “mental egzersiz” gibi isimlerle yer almakla birlikte Sharma ve arkadaşları tarafından ise motor sisteme erişim ve rehabilitasyon için “arka kapı” olarak ifade edilmiştir. Motor imgeleme ilkelerinin rehabilitasyonda uygulanması ilk olarak 1980-1990 yılları arasında yavaş yavaş başlamıştır (1,2).

İmgeleme uygulaması “eksternal/görsel” ve “internal/kinestetik” şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Görsel motor imgeleme sırasında kişi, içsel veya dışsal bakış açısıyla hareketleri gözünde canlandırır. İçsel bakış açısında eylemi yaparken kendi gözünden görüyormuş gibi zihninde canlandırırken, dışsal bakış açısında, eylemi gerçekleştirirken kendini bir video kaydından izliyormuş gibi canlandırmaktadır. Kinestetik imgelemede birey, eylemi zihninde gerçekleştirirken ne hissettirdiğini canlandırır (Birinci kişi perspektifi). (3). Kinestetik imgeleme kişinin kendi hareketleri ile alakalı iken görsel imgeleme hareketin ortamdaki uzaysal koordinatları ile ilişkilidir (1). Kinestetik imgeleme kullanımına yönelik talimatlar kapalı motor becerilerin öğrenilmesinde daha etkiliyken, görsel temelli imgelemeler ise açık motor becerilerin öğrenilmesinde daha uygun olduğu ileri sürülmüştür (4). Uygulama kazanımlarının kalıcılığına ilişkin olarak, çevresel alan veya bir grafik görevdeki desenli hareket öğrenildiğinde

görsel imgelerin etkili olduğu rapor edilmiştir (5). Öte yandan, el doğruluğu performansını içeren bir görev için kinestetik görüntüler, görsel görüntülere göre daha etkili olmuştur (6).

İmgeleme örtük (implicit) ya da açık (explicit) olarak da ifade edilmektedir. Açık motor imgeleme bilinçsiz bir şekilde gerçekleşirken kapalı imgeleme bilinçli gerçekleşmektedir (7). Açık ve kapalı motor imgeleme kognitif görevin farklı yanlarını tanımlamakla birlikte hem görsel hem kapalı, hem kinestetik hem açık ya da tam tersi bir şekilde gerçekleştirilebilir (8).

Motor imgeleme, herhangi bir açık vücut hareketi olmadan hareketlerin zihinsel olarak prova edildiği aktif bir bilişsel süreç olarak tanımlanabilir. İmgeleme sırasında gerçek hareket bilinçli olarak yapılmaz ve eylemin gerçekleştirilmesinde yer alan beyin bölgeleri aktive edilir. Görüntüleme ve değerlendirme yöntemlerinin iyileştirilmesi ve çeşitlendirilmesiyle birlikte, farklı motor görevlerdeki imgeleme ve gerçek hareketin objektif olarak karşılaştırılmasını sağlamıştır. Özellikle fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG) ve elektriksel alan görüntülemeleri [elektroensafalografi (EEG)] ile değerlendirme ve sonuç üretme konusunda daha objektif veriler sunulmuştur (9). Objektif değerlendirmeler ışığında motor imgeleme eğitimi sırasında birçok beyin bölgesinin aktif olduğu gösterilmiştir. Bu aktif bölgeler; superior ve inferior parietal loplara, dorsal ve ventral premotor korteks, prefrontal alanlar, superior temporal girus, primer duysal korteks, sekonder duysal alan, insular korteks, anterior singulat korteks, superior temporal girus, bazal gangliyon, ve serebellum olarak belirtilmiştir (10). Pozitron emisyon tomografisi (PET) ve manyetik rezonans görüntülemeyi (fMRI) kullanan beyin görüntüleme çalışmaları, motor imgelemenin ve motor uygulamanın en azından kısmen ortak bir sinirsel temele sahip olduğunu

ortaya çıkarmıştır.

Yaş, cinsiyet gibi fizyolojik faktörlerden bağımsız olarak bilişsel, fiziksel, davranışsal ve duygusal sonuçları geliştirmek için imgeleme bir araç olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar öğrenme, strateji ve performans becerilerini, önemli bilişsel becerileri, problem çözme yeteneğini, dikkat ve odaklanmayı, dengeyi ve kas kuvvetini geliştirebileceğini ve anksiyeteyi düzenleyebileceğini ortaya çıkarmıştır (1,11,12). Bu faydalara ek olarak duyuşsal farkındalık yaratma, ekipman ve egzersiz yoğunluğu düzenlenmesine ihtiyaç duyulmaması, yeni ve uygun maliyetli bir tedavi aracı olmasını sağlamıştır (13,14). Bu faydalar ve avantajlar nedeniyle inme, multipl skleroz, Parkinson, spinal kord yaralanması gibi nörolojik hastalıklar başta olmak üzere sporcular, yaşlılar ve sağlıklı bireylerde de etkin bir şekilde kullanılmaktadır (14–16). Ancak yaşlılarda bu alan yeni keşfedilmeye başlanmıştır.

YAŞLILARDA MOTOR İMGELEME

Yaşlılık yaşam konusunda kayıpların ve çöküşün görüldüğü bir dönemdir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı yaşlılığı (HA), “fonksiyonel yeteneğin geliştirilmesi ve devam ettirilmesi” olarak tanımlamaktadır. (17). Yaşın ilerlemesiyle bireyin fiziksel ve zihinsel yönden, çevreye bağımlılığı artmaktadır. Bu dönemde bireylerde kognisyon, dikkat, fonksiyonel kapasite, kas kuvveti ve esneklik azalmakta, denge bozukluğu ve ağrılar artmaktadır. Meydana gelen bu değişiklikler yaşlıları yardıma ihtiyacı olan birey haline getirmektedir. Yaşla birlikte gelişen bu problemleri tamamen durdurmak zor olmakla birlikte rehabilitasyonun vücuttaki yaşla ilişkili değişiklikleri engellemede etkili olduğu bulunmuştur (18).

Motor imgeleme eğitiminin özellikle sağlıklı

yaşlı yetişkinlerde kullanımına ilişkin çok az sayıda rapor bulunmaktadır. Ancak normal yaşlanma bile birçok motor bozukluklarla ilişkilidir. Bu nedenle motor fonksiyonda yaşa bağılı düşüşün etkisini azaltmaya yardımcı olmak için zihinsel pratik kullanılabilir. 2008 yılında yapılan bir çalışmada, 14 genç (yaş: 23,6 yıl) ve 14 yaşlı (yaş: 70,1 yıl) yetişkinin kol hareketlerini zihinsel olarak simüle etme yeteneğini karşılaştırılmış ve sonuçlarda yaşlanan beyinde hareketin temsilinde belirli bir düşüş olduğu gösterilmiştir (19). Yuan ve arkadaşlarının 12 makale dahil ettikleri sistematik derlemede 60 yaşın üzerindeki yaşlılarda motor imgeleme eğitiminin fiziksel fonksiyondaki azalmayı geciktirdiği ve yürütücü fonksiyonlarını iyileştirdiği belirtilmiştir (20). 2021 yılında yapılan güncel bir araştırmada yaşlılar motor imgeleme, göreve yönelik eğitim ve kontrol grubu olarak üç gruba ayırmışlardır. Düşme yaşayan 65 yaş ve üzeri katılımcılar (n = 34) rastgele üç gruba ayrılmış: 6 hafta boyunca haftada üç kez egzersiz yaptırılmıştır. Uygulama sonrasında fonksiyonel eğitimle birleştirilmiş motor imgeleme eğitiminin, yaşlılarda düşmeyi önlemede denge, yürüyüş ve düşme etkinliği üzerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (21). Heremans ve arkadaşları yaşlı yetişkinlerden (M yaş = 61,1 ± 6,6 yıl) fiziksel ve zihinsel olarak 20 bloğu elleriyle üç farklı koşul altında bir kutunun bir tarafından diğer tarafına olabildiğince hızlı bir şekilde taşımalarını istemişler. Sonuçlar incelendiğinde Mİ’in ipuçları olmadığı veya sadece işitsel ipuçlarının olduğu koşullarda gerçek uygulamadan önemli ölçüde daha yavaş gerçekleştirildiği gösterilmiştir (22). Aktif ve hayali yürüyüş arasındaki zamansal uyumun kat edilecek mesafeye ve katılımcıların farklı dekatlarda olmalarına bağılı olarak çok az önemli olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (14). Yapılan bir sistematik incelemede 60 yaşından büyük bireylere uygulanan en az üç seanslık motor

imgeleme eğitiminin dengeyi ve yürüyüş hızını önemli ölçüde iyileştirebildiğine dair kanıtlar bulunmuştur (23). Literatür incelendiğinde motor imgeleme eğitiminin 30 saniye ile 80 dakika arasında değişen sürelerde uygulandığı belirlenmiştir. Daha fazla çalışmanın performansın artmasına yol açacağını düşünülse de yapılan araştırmalarda, uzun süreli zihinsel çalışmanın motivasyon ve konsantrasyon kaybına yol açabileceği ifade edilmiştir. Motor imgeleme uygulamaları genellikle fiziksel uygulamalardan daha kısa sürelidir. Uygulama süresi fiziksel durum, yaş ve hastalık gibi farklı koşullara göre değişebilmektedir. Literatürdeki bilgilere göre, sağlıklı bireyler için ideal süre 20 dakika ile sınırlıdır (24). Yapılan çalışmalar Mİ eğitiminin önemini ve etkinliğini vurgulasalar da etkili bir Mİ için kişideki motor görüntüleme yeteneği, görev aşinalığı, çalışma belleği, motivasyon ve bilişsel yorgunluk gibi faktörlere dikkat edilmelidir (1).

Uygulama sırasında karşılaşılan en önemli zorluklardan biri de bireyin imgeleme yeteneğinin ne düzeyde olduğunu belirlemektir. Bu nedenle Mİ temelli eğitimin yaşlı insanlarda etkili olup olmadığını anlamak için Mİ yeteneklerinin yaşlanma sırasında korunup korunmadığını ve bireylerin uygulamaya ne düzeyde katıldıklarını belirlemek gerekir. Otonom sinir sistemi fonksiyonlarının izlenmesi, dinamik beyin görüntüleme çalışmaları (fMRI) ve subjektif anketler motor imgelemenin değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır. Collet ve Rienzo araştırmalarında elektro dermal (cilt direnci ve cilt potansiyeli ölçümleri), termovasküler (derideki kan akışı ve deri ısı kayıtlarının) ve kardiyorespiratuar tepkilerde (zihinsel çabanın artmasıyla kalp ve solunum hızının artması) yapılan iki ölçümün motor imgeleme sırasında gerçekleşen otonomik değişikliklerin tespit edilmesinde etkili

olduğunu ifade etmişlerdir. Göreve dayalı fMRI, harekete dahil olan beyin bölgelerinin aktivitesini karakterize etmek için yaygın olarak benimsenmekle birlikte Mİ'nin çeşitli beyin bölgelerinin aktivitesini gerektiren çok boyutlu bir süreç olduğu göz önüne alındığında etkili bir değerlendirmede kullanılması kaçınılmazdır. Çoğu fMRI çalışması, Mİ görevleri sırasında sağlıklı yaşlılarda yürütücü kontrol, duyu-motor ve görsel-uzaysal beyin ağlarının hiperaktif olduğu konusunda hemfikir (25). Mİ motor imgelemenin canlılığı (yani zihinde canlı görüntüler ve duyular üretme yeteneği); Mİ'nin zamanlaması (zihinsel olarak simüle edilen ve yürütülen motor görevlerin sürelerinin karşılaştırılması); Mİ'nin kontrol edilebilirliği (yani bir hareketin zihinsel temsiline manipüle edilmesi); ve Mİ'nin doğruluğu (yani motor gösteriminin doğruluğu) olmak üzere çok boyutlu incelenmektedir (26). Değerlendirilmesinde Hareket İmgeleme Anketi (MIQ), Motor İmgelemenin Canlılığı Anketi (VMIQ), Kinestetik ve Görsel İmgeleme Anketi ve kronometrik testler kullanılmaktadır (1,27). Saimpont ve arkadaşları genç ve yaşlıların motor imgelemenin canlılık, kontrol edilebilirlik ve zamanlama özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmaya katılan 30 sağlıklı genç (ortalama yaş: 22,9±2,7 yıl) ve 28 sağlıklı yaşlıya (ortalama yaş: 72,4±5,5 yıl) MI canlılığı kinestetik ve görsel imgeleme anketi (KVIQ); Mİ kontrol edilebilirliği bir parmak-başparmak görevi ve (3) Mİ'nin zamanlaması için kronometrik bir görev kullanılmıştır. Ortalama olarak genç ve yaşlı gruplar KVIQ ve kronometrik görevde benzer sonuçlar gösterebilir de genç grup parmak-başparmak muhalefeti görevinde daha doğru sonuçlar verdi. Ancak her iki grubun performansında büyük değişkenliklerin olması; her bir kişinin Mİ yeteneği açısından bireysel olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır (28).

Holmes ve Collins 2001 yılında sinir bilimi , bilişsel-davranışsal psikoloji ve spor psikolojisi araştırma literatüründeki bulgulara ve deneyimlerine dayanarak motor imgelemede etkili bir yaklaşım için PETTLEP modelini oluşturmuşlardır. Model, motor imgeleme eğitimi yürütürken dikkate alınması gereken yedi önemli faktörün baş harflerinin birleşmesinden oluşan pratik bir kısaltmadır (Fiziksel-Physical, çevre-Environment, görev-Task, zamanlama-Timing, öğrenme-Learning, duygu-Emotion ve perspektif-Perspective). Başta sporcuların performans düzeyini artırmak için planlanmış olsa da, klinik ortamdaki hastalar ile sporcuların motor öğrenme süreci yoluyla performansını geliştirmesi benzerdir (29). Smith ve arkadaşları araştırmalarında özellikle ulusal düzeyde veya daha yüksek düzeyde olmak üzere 40'tan fazla sporda ve 13 ülkede imgeleme müdahalelerinin daha etkili bir şekilde uygulanması için düzenli olarak PETTLEP'ten yararlanıldığını belirtmişlerdir (30). PETTLEP Mİ ile bazı beyin bölgelerinin optimum aktivasyonunu ile fiziksel performansa katkısının daha fazla olabileceği varsayılmaktadır (31). Yapılan bir sistematik incelemeye 12 çalışma dahil edilmiş ve PETTLEP modeli ile geleneksel motor imgeleme yöntemi karşılaştırıldığında tüm çalışmalarda PETTLEP modelinin daha etkili ve kullanışlı olduğu ifade edilmektedir (32).

Motor imgeleme potansiyel olarak rehabilitasyon için henüz tam olarak gerçekleşmemiş olmakla birlikte çeşitli hastalıkların araştırılması ve tedavisi için güçlü ve umut verici bir araçtır. PETTLEP modelinin rehabilitasyonda daha etkili kullanılması ile bireylerde olacak kazanımların optimum düzeyde olabileceği ve motor imgeleme uygulamasının daha sistematik bir şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Giderek artan sayıda kanıt, motor imgeleme ve gerçekleştirilen eylemlerin, özellikle

zamansal özellikleri ve içerdikleri sinirsel aktivite açısından benzer özellikleri paylaşması nedeniyle motor fonksiyonun korunmasına/ iyileştirilmesine yardımcı olmak için yaşlılarda tercih edilebileceğini göstermektedir. Bu tür bir yaklaşımın fiziksel olarak az çaba gerektirmesi yaşlı yetişkinler rehabilitasyonu için daha anlamlı kılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda protokollerin heterojenliği nedeniyle motor imgelemenin yaşlılardaki etkinliği hakkında kesin sonuçlara varmak zordur. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yaşlanmayla birlikte Mİ yeteneğinin (canlılığı, zamansal özellikleri ve doğruluğu) basit hareketler için genel olarak iyi korunduğunu, ancak zor hareketler için değiştirilebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda yaşlılıkta etkili bir Mİ için çalışma belleğinin, zihinsel rotasyon süreçlerinin, planlama ve problem çözme becerilerinin korunması gerekmektedir. Çünkü bu beceriler Mİ'nin canlılığı, zamanlaması, kontrol edilebilirliği ve doğruluğu için temel görünmektedir. Yine bireye ve hedefe uygun protokollerin tasarlanması etkili bir imgeleme için son derece önemlidir. PETTLEP modelinin sporcularda kullanımı son derece yaygın olmakla birlikte yaşlılarda etkinliği hakkındaki bilimiz yetersizdir. Gelecekteki çalışmaların, performansın artmasına neden olacak motor imgeleme için gerekli parametreleri (minimum tekrar düzeyi, süre, etkileyen faktörler, imgeleme yeteneğinin değerlendirilmesi vb.) araştırması gerekmektedir. Yaşlılarda motor imgeleme uygulaması gelecekteki araştırmalarda odak noktası olmayı kesinlikle hak etmekle birlikte alandaki çalışmalar umut verici gözükmektedir.

BİLDİRİMLER

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek

Herhangi bir finansal destek bulunmamaktadır.

Etik Onay

Etik kurul onayı gerekmemektedir.

Yazar Katkıları

Fikir: TK, Nİ, Tasarım: TK, Nİ, Literatür tarama: TK, Nİ, Yazma: TK, Nİ, Eleştirel inceleme: TK, Nİ

KAYNAKLAR

1. Dickstein R, Deutsch JE. Motor imagery in physical therapist practice. *Phys Ther*. 2007;87(7):942-53.
2. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*. 2006;37(7):1941-52.
3. Sirigu A, Duhamel JR. Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. *J Cogn Neurosci*. 2001;13(7):910-9.
4. Filgueiras A, Quintas Conde EF, Hall CR. The neural basis of kinesthetic and visual imagery in sports: an ALE meta- analysis. *Brain Imaging Behav*. 2018;12(5):1513-23.
5. Farahat E, Ille A, Thon B. Effect of visual and kinesthetic imagery on the learning of a patterned movement. *Int J Sport Psychol*. 2004;35:119-32.
6. Binks JA, Wilson CJ, Van Schaik P, et al. Motor learning without physical practice: The effects of combined action observation and motor imagery practice on cup-stacking speed. *Psychol Sport Exerc*. 2023;68:102468.
7. De Vries S, Tepper M, Feenstra W. Motor imagery ability in stroke patients: the relationship between implicit and explicit motor imagery measures. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:790.
8. McInnes K, Friesen C, Boe S. Specific brain lesions impair explicit motor imagery ability: a systematic review of the evidence. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(3):478-89.
9. Liew SL, Rana M, Cornelsen S. Improving Motor Corticothalamic Communication After Stroke Using Real-Time fMRI Connectivity-Based Neurofeedback. *Neurorehabil Neural Repair*. Ağustos 2016;30(7):671-5.
10. Solodkin A, Hlustik P, Chen EE. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex*. 2004;14(11):1246-55.
11. Lebon F, Collet C, Guillot A. Benefits of motor imagery training on muscle strength. *J Strength Cond Res*. 2010;24(6):1680-7.
12. Chiacchiero M, Cagliostro P, DeGenaro J, et al. Motor imagery improves balance in older adults. *Top Geriatr Rehabil*. 2015;31(2):159-63.
13. Braun S, Kleynen M, van Heel T. The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:390.
14. Saimpont A, Malouin F, Tousignant B, et al. Motor Imagery and Aging. *J Mot Behav*. Ocak 2013;45(1):21-8.
15. Kahraman T, Savcı S, Özdoğan AT. Multipl Skleroz Hastalarında Anksiyetenin Motor İmgeleme Becerisine Etkisi. *Fiz Rehabil*. 2018;29(1):19-26.
16. Simonsmeier BA, Frank C, Gubelmann H. The effects of motor imagery training on performance and mental representation of 7-to 15-year-old gymnasts of different levels of expertise. *Sport Exerc Perform Psychol*. 2018;7(2):155.
17. Rudnicka E, Napierala P, Podfigurna A. The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas*. 2020;139:6-11.
18. Nolan M, Nitz J, Choy NL. Age-related changes in musculoskeletal function, balance and mobility measures in men aged 30–80 years. *Aging Male*. Eylül 2010;13(3):194-201.

19. Personnier P, Paizis C, Ballay Y, et al. Mentally represented motor actions in normal aging: II. The influence of the gravito-inertial context on the duration of overt and covert arm movements. *Behav Brain Res.* 2008;186(2):273-83.
20. Yuan X xia, Zhong X ke, Yang Y. Effect of motor imagery training on motor and executive function of older adults: a systematic review. *Chin J Rehabil Theory Pract.* 2021;661-7.
21. Oh DS, Choi JD. Effects of motor imagery training on balance and gait in older adults: A randomized controlled pilot study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(2):650.
22. Heremans E, Nieuwboer A, Feys P, et al. External cueing improves motor imagery quality in patients with Parkinson disease. *Neurorehabil Neural Repair.* Ocak 2012;26(1):27-35.
23. Nicholson V, Watts N, Chani Y, et al. Motor imagery training improves balance and mobility outcomes in older adults: a systematic review. *J Physiother.* 2019;65(4):200-7.
24. Zakadan PS, Kadry AM, Zope Y, et al. The Effect of Motor Imagery Dosage on Motor Learning in Healthy Adults: A Pilot Study. 2024 [a.yer 10 Haziran 2024]; Erişim adresi: <https://www.researchsquare.com/article/rs-4299962/latest>
25. Passarello N, Liparoti M, Padulo C. Motor Imagery as a Key Factor for Healthy Ageing: A Review of New Insights and Techniques. *Brain Sci.* 2022;12(11):1492.
26. Malouin F, Richards CL. Mental practice for relearning locomotor skills. *Phys Ther.* 2010;90(2):240-51.
27. Chepurova A, Hramov A, Kurkin S. Motor imagery: How to assess, improve its performance, and apply it for psychosis diagnostics. *Diagnostics.* 2022;12(4):949.
28. Saimpont A, Malouin F, Tousignant B, et al. Assessing motor imagery ability in younger and older adults by combining measures of vividness, controllability and timing of motor imagery. *Brain Res.* 2015;1597:196-209.
29. Wakefield C, Smith D. Perfecting Practice: Applying the PETTTLEP Model of Motor Imagery. *J Sport Psychol Action.* Ocak 2012;3(1):1-11.
30. Smith D, Wright DJ, Holmes PS, et al. The use of PETTTLEP imagery by sport psychology practitioners. Rep Part REF Impact Case Study Titled PETTTLEP Model Mot Imag Int Appl Sport Psychol Train Pract. 2021;1-15.
31. Scott MW, Wright DJ, Smith D, et al. Twenty years of PETTTLEP imagery: An update and new direction for simulation-based training. *Asian J Sport Exerc Psychol.* 2022;2(2):70-9.
32. Morone G, Ghanbari Ghooshchy S, Pulcini C, et al, Zoccolotti P, Martelli M, vd. Motor imagery and sport performance: A systematic review on the PETTTLEP model. *Appl Sci.* 2022;12(19):9753.