



Servikal Diskojenik Ağrıda Motor İmgeleme

Motor Imagery in Cervical Discogenic Pain

Tuğba DERE¹, İpek ALEMDAROĞLU GÜRBÜZ²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Sarıkaya Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Yozgat, Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara, Türkiye

Yazışma adresi: Tuğba DERE ✉ tugba.dere@yobu.edu.tr

ÖZ

Servikal diskojenik ağrı servikal disk dejenerasyonunun neden olduğu, baş, boyun, omuz ve üst ekstremitelerde kronik ağrının yanı sıra duyuşal bozukluklarla ilişkili olan yaygın ağrı sendromudur. Servikal diskojenik ağrılı bireylerde ağrı varlığına ek olarak, spinal sinirlere olan kompresyon sonucu sinir yollarının etkilendiği ve kortekste temsili bölgelerin hacminde değişim meydana geldiği bilinmektedir. Bilişsel sürecin bir parçası olan motor imgeleme yeteneğinin de kronik ağrılı bireylerde etkilendiği, rehabilitasyon programlarına eklenen motor imgeleme eğitimleri ile bu bireylerde kas kuvveti, ağrı gibi parametrelerde iyileşme gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu derlemenin amacı, diskojenik kökenli boyun ağrılı bireylerde motor imgeleme yeteneğinin nasıl etkilendiğini ve rehabilitasyon programlarında motor imgeleme eğitimlerinin rolünü ortaya koymaktır. Mevcut çalışmalar, yetersiz kanıt düzeyine rağmen, kronik boyun ağrılı bireylerde ağrı yönetimi ve fiziksel durum gibi faktörlerin iyileştirilmesi amacıyla tedavi programlarına motor imgeleme çalışmalarının dahil edilmesi gerekliliğini göstermektedir. Servikal diskojenik ağrılı bireylerde motor imgeleme yeteneğinin daha iyi anlaşılabilmesi ve standart eğitim protokollerinin oluşturulabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Dejeneratif disk hastalığı, Servikal omurga, Ağrı, İmgeleme

ABSTRACT

Cervical discogenic pain is a common pain syndrome associated with sensory disturbances and chronic pain in the head, neck, and upper extremities caused by cervical disc degeneration. In addition to the presence of pain in individuals with cervical discogenic pain, it is known that the nerve pathways are affected as a result of compression of the spinal nerves, and a change in the volume of the representative regions of the cortex occurs. It has been determined that the motor imagery ability, which is a part of the cognitive process, is also affected and these individuals improve in parameters such as muscle strength and pain with the motor imagery training added to the rehabilitation programs. The aim of this review is to reveal how motor imagery ability is affected in individuals with discogenic pain and the role of motor imagery training in rehabilitation programs. Existing studies, despite the insufficient level of evidence, show the necessity of including motor imagery studies in treatment programs in order to improve factors such as pain management and physical condition in individuals with chronic neck pain. It was concluded that more studies are needed to better understand the motor imagery ability and to establish standard training protocols in individuals with cervical discogenic pain.

KEYWORDS: Degenerative disc disease, Cervical spine, Pain, Imagery

■ GİRİŞ

Uluslararası Ağrı Araştırmaları Teşkilatı (IASP)'na göre ağrı, var olan veya olası doku hasarına eşlik eden veya bu hasar ile tanımlanabilen, hoşça gitmeyen duyuşal

ve emosyonel deneyim olarak tanımlanmaktadır (24). Boyun ağrısı ise sedanter yaşam, kötü postür, servikal bölge kaslarının gerginliği veya mesleki faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan, toplumda yaygın olarak gözlenen bir kas-iskelet sistemi problemidir. Servikal bölgede omurga hareketliliğinin azalma-

sının yanında boyun ağrısına baş ağrısı, vertigo, baş dönmesi, mide bulantısı gibi vejetatif semptomlar eşlik edebilmektedir (21). Kronik boyun ağrısına servikal kas gerginliği, faset eklem dejeneratif değişiklikleri, servikal disk herniasyonu, servikal spondiloz, dejeneratif servikal disk patolojileri gibi birçok servikal bozukluğun neden olduğu düşünölmektedir (22). Boyun ağrısının en sık nedenlerinden biri olan servikal diskojenik ağrı ise bir veya daha fazla servikal intervertebral diskin yapısında ki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (39). Kronikleşen boyun ağrısı, hastaların fiziksel ve ruhsal sağlığını ve yaşam kalitesini ciddi şekilde etkilerken; bu bireylerde duyuşsal, motor, bilişsel, hafıza ve duyuşsal işlemede işlevsel bozukluklara yol açtığı ortaya konulmuştur (21,12,20,25). Kognitif sürecin bir parçası olan motor imgeleme ise eylemin gerçek bir motor uygulaması olmaksızın, zihinde temsil edilmesini içeren dinamik bir süreç olarak tanımlanmaktadır (11). Kronik ağrıda kortikal değişikliklerin yanı sıra, motor hareketi üretmek için uyarıları aşama aşama işleyen ve taklit ve gözlem yoluyla öğrenmenin önemli bir parçası olan ayna nöronlar da motor imgelemenin önemli bir parçası olup, kronik ağrılı bireylerde düzgün çalışmadığı düşünölmektedir (6,30). Motor imgeleme yaklaşımları ile boyun ağrılı bireylerde servikal bölge eklem pozisyon hissi, kas kuvveti, ağrı gibi parametrelerde iyileşme meydana geldiği ortaya konulmuş, ancak diskojenik kökenli boyun ağrılı bireylerde motor imgeleme yeteneğinin nasıl etkilendiğini inceleyen çalışmaların yetersiz olduğu tespit edilmiştir (2,10,26). Bu nedenle, bu derlemenin amacı diskojenik kökenli boyun ağrılı bireylerde motor imgeleme yeteneğinin nasıl etkilendiğini ve bu bireylerin rehabilitasyon programlarında motor imgeleme eğitimlerinin rolünü ortaya koymaktır.

Servikal Diskojenik Ağrı

Servikal diskojenik ağrı, servikal disk dejenerasyonunun neden olduğu, baş, boyun, omuz ve üst ekstremitelerde kronik ağrının yanı sıra duyuşsal bozukluklarla ilişkili yaygın bir ağrı sendromudur (28,36,37). Servikal diskojenik ağrıda kas gerginliği, spazm gibi yumuşak doku etkilenimleri görölebilmekte, bu semptomlar genellikle baş fleksiyon ve rotasyon hareketleri ile birlikte boynun uzun süre sabit pozisyonda tutulması ile daha fazla artabilmektedir. Kronik boyun ağrısı nedeni olarak, prevalansının %16 ile %41 arasında olduğu bilinen servikal diskojenik ağrının kaynağı incelendiğinde ise servikal ve torakal bölge kasları, zigapofizyal eklemler ve servikal intervertebral diskler olduğu belirlenmiştir (4,28). Servikal diskler, yapısal bozulmayla birlikte ağrıya duyarlı hâle getiren inflamatuvar reaksiyona yatkın olan zengin bir sinir lifi kaynağına sahiptir. C7 en sık tutulum gösteren sinir kökü olmakla birlikte yaygın olarak etkilenen seviyelerin C5/C6 ve C6/C7 olduğu bilinmektedir (16). İntervertebral disk dejenerasyonunun ilerlemesi sırasında yeni sinir lifleri anulus fibrozusun merkezine doğru büyürken, dejenere disk nosiseptif sinir uçlarının dağılımını genişleterek nukleus pulpozusa doğru baskı yapmaktadır. Mekanik ve kimyasal uyarılara karşı duyarlı olan nosiseptörler, periferik sinir uçlarından gelen duyuşsal bilgiyi dorsal kök ganglionlarına, omuriliğe, beyin sapına, talamusa ve kortikal alanlara ileterek ağrı algısını oluşturmaktadır (28). Ayrıca servikal diskojenik ağrı, kronik ağrı varlığının yanı sıra bireylerin yaşam kalitesini, fiziksel ve bilişsel sağlığını da ciddi şekilde etkilemektedir (36,37). Bu nedenle diskojenik kökenli boyun

ağrılarında, servikal diskojenik ağrının kronik ağrı varlığından ayrı olarak değerlendirilmesi ve sekonder problemlerin göz önüne alınarak tedavi programlarının şekillenmesinin önem taşıdığı düşünölmektedir.

Diskojenik Ağrıda Nöral Aktivitelere Değişimler

Fonksiyonel MR çalışmalarında ağrı varlığı ile kortikal ve subkortikal ağların aktivasyonunun tutarlı olduğu ortaya konulmuştur. Uyarılar tarafından en yaygın aktive edilen beyin bölgelerinin birincil ve ikincil somatosensoryel korteks, anterior singulat korteks, insula, prefrontal korteks, talamus ve serebellum olduğu tespit edilmiştir (23). Temel olarak insula, singulat korteks, parietal korteks gibi farklı beyin bölgelerinde oluşan ağrı aktivasyonu ağrı matrisi olarak adlandırılmaktadır ve bu bölge ağrıya neden olan nosiseptif uyarılara yanıt vermektedir (33). Servikal diskojenik ağrılı bireylerde de bilateral posterior insula ve bilateral talamus arasında artmış fonksiyonel bağlantılar ve orta singulat korteks ile postsantral girus, posterior insula arasında azalmış fonksiyonel bağlantılar ortaya konulmuştur. Artan fonksiyonel bağlantıların servikal diskojenik ağrılı bireylerde ağrı modöasyonu ile; azalmış fonksiyonel bağlantıların ise bilişsel ve dikkat işleminin etkilenimi ile ilişkili olabileceği tespit edilmiştir (41,42). Ayrıca limbik sistemin bileşenleri olarak kabul edilen anterior singulat korteks ve insulanın, ağrının duyuşsal ve motivasyonel yönlerini kodlamak için daha önemli olduğu bulunmuş, bu bölgelerdeki lezyon varlığının ağrıya bağlı farklı duyuşsal tepkilere neden olduğu gözlenmiştir (9). Bernabeu-Sanz ve ark.'nın 2020 yılında yaptıkları bir çalışmada, uzun süreli servikal spondilozun kortikospinal traktusa zarar verebileceği, sensorimotor korteks ve talamusta atrofiye ve fonksiyonel re-organizasyona neden olabileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca bu değişimlerin beyin plastisite yoluyla adapte olmasına izin verdiği ve servikal omurga kompresyonuna bağlı olarak farklı klinik belirtiler ortaya çıkabileceği tespit edilmiştir (3). Sonuç olarak servikal bölge problemlerinde ortaya çıkan klinik tabloda, beyin fonksiyonel etkilenimlerinin ve bu etkilenimlere bağlı olarak ortaya çıkan problemlerin göz ardı edilmemesi gerektiği düşünölmektedir.

Diskojenik Ağrıda Meydana Gelen Kognitif Değişimler

Servikal bölgede meydana gelen disk dejenerasyonlarının bir takım nörolojik defisitlere neden olduğu bilinse de patofizyolojisinin net olarak tanımlanmadığı ve çalışmalarda genellikle spinal bölgeye odaklanıldığı, korteks üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmaların az sayıda olduğu görölmektedir (3). Ayrıca uzun süreli servikal diskojenik ağrının sensorimotor işleme, duyuş, biliş ve bellekte işlevsel anormalliklere yol açtığı önceki çalışmalarda ortaya konulmuştur (20,25). Bu nedenle servikal omurgada meydana gelen uzun süreli kompresyonun beyaz ve gri cevherde, sensorimotor korteks ve talamusta atrofiye ve fonksiyonel yeniden organizasyona neden olabileceği düşünölmektedir (3). Beynin yeniden organizasyonu ile gelişen nöral adaptasyonlar ile de ağrı şiddeti arasında ilişki olması, ağrının vücut şemasını etkilemesi sonucu istenilen hareket performansını etkileyebileceğini düşündürmektedir (30).

Kronik ağrıda bozulmuş somatotopik temsilin yanı sıra ağrılı olan vücut bölümlerinin algısı ve motor imgeleme performansının etkilendiği bildirilmiştir. Kortikal değişikliklerin yanı sıra,

motor hareketi üretmek için uyarıları aşama aşama işleyen ve taklit ve gözlem yoluyla öğrenmenin önemli bir parçası olan ayna nöronlar da motor imgelemenin önemli bir parçası olup, kronik ağrılı bireylerde etkilendiği düşünölmektedir (6,30). Kronik ağrı varlığında birincil somatosensoryel alan gibi büyük hassas alanların uyumsuz nöroplastisite sürecine girmesi, kronik ağrıya yanıt olarak motor planlama ve hareket uygulamasının bozulmasına yol açabilir (15). Afferent girdi almayan kortikal bölgeler farklı kortikal alanlar tarafından duyu bombardımanına uğrayarak, somatosensoryel korteksin plastik değişikliklere uğrayabileceği ortaya konulmuştur (35). Sonuç olarak ağrı algısı üzerinde dikkat, yürütücü işlevler gibi bilişsel ve duygusal faktörler önemli derecede rol oynamakta, aynı zamanda değişmiş biliş ve duygulanımlara da yol açabileceği düşünölmektedir. Güncel ağrı yaklaşımları ise kısa, akut ağrı varlığında dahi psikolojik ve duygusal faktörlerin ağrı deneyiminde önemli rol oynadığını; bununla birlikte, acı verici bir deneyimin hayal edilmesi veya tahmin edilmesi gibi daha basit bilişsel imajinasyonların da ağrı yollarının aktivasyonu ile ilişkili olabileceğini kabul etmektedir (9,29). Tüm bu bilgiler ışığında servikal diskojenik ağrı varlığının kortikospinal traktusta ve kortekte farklı aktivasyonlara neden olarak; dikkat, yürütücü işlevler, hayal etme, empati gibi bilişsel süreçlerin etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Diskojenik Ağrı ve Motor İmgeleme

Motor imgeleme, eylemin gerçek bir motor uygulaması olmaksızın, duysal girdi olmadığında dahi algısal bilginin zihinde içsel bir şekilde temsilini içeren dinamik, bilişsel simölasyon süreci olarak tanımlanır (11). Bir başka deyişle belirli bir motor eylemin veya hareketin temsiline, açık bir motor çıktı olmadan çalışma belleğinde prova edildiği dinamik, zihinsel bir durum olarak tanımlanmaktadır (38). Deutsch ve ark. sağ hemisferin, özellikle parietal ve frontal lobların, mental imgeleme gerçekleştirildiğinde aktivasyonunun arttığını ve korteksin bu bölgelerinin hareketin motor kontrolünde de önemli rol oynayan alanları içerdiğini tespit etmişlerdir (18). Ayrıca daha önceki çalışmalarda kronik kas-iskelet ağrısı olan kişilerde, ağrısız bireylere göre kronik ağrılı popölasyonda gövdenin kortikal proprioseptif temsiline bozulmasıyla motor imgeleme performansı arasında ilişki olduğu, kronik ağrısı olan kişilerin, ağrılı vücut bölümlerine karşılık gelen görüntüleri, ağrısız vücut bölümlerine göre daha yavaş ve daha az doğrulukla tanımladıkları sonucuna varılmıştır (5,7,17). Bu nedenle imgeleme sırasında yalnızca algılamada değil, aynı zamanda motor kontrolde de kullanılan mekanizmalardan yararlanılmakta ve mental imgelemenin altında yatan etmenler bu nedenle birçok yönden algı mekanizması ile benzer özellikler gösterebilmektedir.

İmgeleme sırasında birçok duyuya atıfta bulunabilirken, motor hareketin dinamik görüntüleri ile tipik olarak kinestetik veya görsel bilgilere odaklanılmaktadır (1). Motor imgeleme görevleri için de genellikle bir katılımcının bir hareketi gerçekleştirirken deneyimlediği somatosensoryel duygular üzerine, yani kinestetik görüntüleri odaklanılmaktadır. Ancak kinestetik duyular yalnızca motor imgelemeye özgü olmayıp; başka bir kişinin hareketini görüntülerken de ortaya çıkabilmekte, hareket gözlemi sırasında somatosensoryel alanların aktivasyonlarının ortaya çıktığı bilinmektedir (40). Dolayısıyla motor

becerilerin gelişiminde fiziksel pratik önemli rol oynamakta (31), yapılması hedeflenen eylemin gözlemi sırasında, görsel bilginin iletimi yoluyla ayna nöron sistemi aktive edilmektedir (8,14). Bu sayede eylemi gözlemleyen bireyin motor planlama süreci iyileştirilebilmektedir (32). Bu nedenle motor imgeleme eğitiminin boyun, omuz ve bel ağrısı gibi kas-iskelet sistemi sorunları üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmaların sayısı son yıllarda artmıştır (15). Touche ve ark.'nın kronik bel ağrılı bireylerle yaptıkları çalışmada, asemptomatik bireylere göre mental kronometre sürelerinin arttığı ve motor imgeleme yeteneğinin kinezyofobi, özür gibi farklı parametrelerle de ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır (19). Moseley'in kompleks bölgesel ağrı sendromu olan bireylerde uygulanan motor imgeleme eğitimleri ile ağrı varlığının pre-motor ve motor aktivasyonların değişimi ile ilişkili olmasından dolayı daha etkili sonuçlar alındığı yorumu yapılmıştır (27). Bu durum kronik ağrı durumlarında ilgili bölgenin motor kontrolünün ve hareket koordinasyonunun etkilendiğini ve bu bireylerde mental imgeleme yeteneğinin ayrıntılı incelenmesi gerektiğini düşöndürmektedir.

Çevresel ve merkezi girdi ve çıktılarına yanıt olarak, sinirsel bağlantıların mimarisi sürekli olarak yeniden düzenlenmektedir. Bu nedenle deneyim, beyin yapısını değiştirebilir ve öğrenmede ve özellikle sinirsel hasar sonrası iyileşme sırasında önemli bir bileşen oluşturur. Kullanılmama veya beyne gönderilen afferent bilginin azalması, somatosensoryel alan ve motor korteksteki motor temsil alanının boyutunda azalmaya neden olmaktadır. Motor imgeleme eğitimi sırasındaki sensorimotor uyarımlar, istemli hareketin yokluğunda bile motor programı gerçek zamanlı olarak oluşturmak ve modüle etmek için çevreden gelen bilgilerin entegrasyonunu sağlar (32). Daha önceki çalışmalar incelendiğinde, kronik boyun ağrılı bireylerde servikal eklem pozisyon hissi incelenmiş olup, motor imgeleme eğitimlerinin ve aksiyon gözlemi eğitimlerinin olumlu sonuçlar ortaya konulduğu bildirilmiştir. Ayrıca ağrı modölasyonu, ağrı eşiği gibi parametrelerde de iyileşme meydana geldiği ortaya konulmuş olup, motor imgeleme eğitimlerinin rehabilitasyon programlarına eklenmesi önerilmiştir (2,10,26). Javdanah ve ark.'nın 2021 yılında kronik boyun ağrılı bireylerle yaptıkları bir çalışmada motor imgeleme eğitimi ile birlikte uygulanan boyun stabilizasyon egzersizlerinin ağrı, özür ve kinezyofobi azaltmada tek başına boyun stabilizasyon egzersizlerine göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir (15). Gisour ve ark. da kas-iskelet sistemi ağrılı olan bireylerde çalışma performansının artarak ağrının azaltılmasında ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde tek başına veya fiziksel egzersiz ile kombine motor imgeleme uygulamalarının etkili olduğunu ortaya koymuşlardır (13). Marti ve ark.'nın bir meta analiz çalışmasında ise motor imgeleme eğitimleri ile kronik ağrıda geleneksel tedaviye kıyasla ağrı şiddetinde daha fazla azalma olduğu ortaya konulmuştur. Ancak düşük kanıt düzeyi nedeniyle daha fazla araştırma yapılması gerekliliği vurgulanmıştır (34). Sonuç olarak motor imgeleme eğitimlerinin yenilikçi ve etkileyici sonuçlarına rağmen (5,7,17), hastalığa özgü eğitim programlarının geliştirilebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu görölmektedir.

Motor imgeleme eğitimleri ile ilgili literatürdeki sonuçların hasta popölasyonu, tedavi süresi, kullanılan motor görevin türü, seans sayısı gibi bazı değişkenlerden etkilenmiş olabileceği düşünölmektedir. Bu nedenle servikal diskojenik ağrılı birey-

lerde motor imgeleme yeteneğinin daha ayrıntılı incelenmesi ve homojen gruplarda kanıt düzeyi yüksek daha fazla çalışma yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmanın servikal diskojenik ağrılı bireylerde motor imgeleme etkileniminin incelenmesi ve rehabilitasyon programlarına yön vermesi açısından yol gösterici olacağı dşnlmektedir.

■ SONUÇ

Kronik ağrı varlığında kognitif süreçlerin etkilendiği bilinmektedir. Servikal diskojenik ağrı varlığında ise servikal bölgedeki spinal sinirlere olan uzun süreli kompresyonun, beyaz cevher yollarında ve gri cevherde hasara yol açarak, sensorimotor korteks ve aktivasyon değişimleri meydana getirdiği gözlenmiştir. Bu nedenle servikal diskojenik ağrılı bireylerde kognitif faktörlerin ayrıntılı incelenmesi de daha önemli hâle gelmiştir. Kognitif sürecin bir parçası olan motor imgeleme yeteneğinin bu bireylerde etkilendiği olduğu ve rehabilitasyon programlarında neden yer alması ile ilgili literatürde yer alan kanıtlara rağmen motor imgeleme eğitimlerinin uygulamasında bir standardizasyonun sağlanmadığı gözlenmiş olup, bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, motor imgeleme eğitimlerinin servikal diskojenik ağrılı bireylerin rehabilitasyon süreçlerinde ağrı, boyun özür düzeyi, hareket korkusu gibi semptomların azaltılması ve kas-iskelet sisteminin performansının artırılarak yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde umut vaad edici olduğu grlmektedir.

■ KAYNAKLAR

- Annett J: Motor imagery: Perception or action? *Neuropsychologia* 33(11):1395-417, 1995
- Beinert K, Preiss S, Huber M, Taube W: Cervical joint position sense in neck pain. Immediate effects of muscle vibration versus mental training interventions: A RCT. *Eur J Phys Rehabil Med* 51(6):825-832, 2015
- Bernabu-Sanz , Moll-Torr JV, López-Celada S, Moreno López P, Fernández-Jover E: MRI evidence of brain atrophy, white matter damage, and functional adaptive changes in patients with cervical spondylosis and prolonged spinal cord compression. *Eur Radiol* 30(1):357-369, 2020
- Bogduk N: Regional musculoskeletal pain. The neck. *Baillieres Best Pract Res Clin Rheumatol* 13(2):261-285, 1999
- Bowering KJ, Butler DS, Fulton IJ, Moseley GL: Motor imagery in people with a history of back pain, current back pain, both, or neither. *Clin J Pain* 30(12):1070-1075, 2014
- Bowering KJ, O'Connell NE, Tabor A, Catley MJ, Leake HB, Moseley GL, Stanton TR: The effects of graded motor imagery and its components on chronic pain: A systematic review and meta-analysis. *J Pain* 14(1):3-13, 2013
- Breckenridge JD, Ginn KA, Wallwork SB, McAuley JH: Do people with chronic musculoskeletal pain have impaired motor imagery? A meta-analytical systematic review of the left/right judgment task. *J Pain* 20(2):119-132, 2019
- Buccino G, Binkofski F, Fink GR, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Seitz RJ, Zilles K, Rizzolatti G, Freund HJ: Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study. *Eur J Neurosci* 13(2):400-404, 2001
- Bushnell MC, eko M, Low LA: Cognitive and emotional control of pain and its disruption in chronic pain. *Nat Rev Neurosci* 14(7):502-511, 2013
- Cuenca-Martínez F, La Touche R, León-Hernández JV, Suso-Martí L: Mental practice in isolation improves cervical joint position sense in patients with chronic neck pain: A randomized single-blind placebo trial. *Peer J* 7:e7681, 2019
- Decety J: The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav Brain Res* 77(1-2):45-52, 1996
- Denkinger MD, Lukas A, Nikolaus T, Peter R, Franke S, Group AS: Multisite pain, pain frequency and pain severity are associated with depression in older adults: Results from the ActiFE Ulm study. *Age Ageing* 43(4):510-514, 2014
- Gisour BB, Najafabadi MG, Zandi HG, Shaw I: Effect of mental imagery and physical exercise on musculoskeletal pain and quality of life among office workers: A commentary. *Russian Open Medical Journal* 11(1):113, 2022
- Iacoboni M, Woods RP, Brass M, Bekkering H, Mazziotta JC, Rizzolatti G: Cortical mechanisms of human imitation. *Science* 286(5449):2526-2528, 1999
- Javdaneh N, Molayei F, Kamranifraz N: Effect of adding motor imagery training to neck stabilization exercises on pain, disability and kinesiophobia in patients with chronic neck pain. *Complement Ther Clin Pract* 42:101263, 2021
- Jensen RK, Jensen TS, Grn S, Frafjord E, Bundgaard U, Damsgaard AL, Mathiasen JM, Kjaer P: Prevalence of MRI findings in the cervical spine in patients with persistent neck pain based on quantification of narrative MRI reports. *Chiropr Man Therap* 27:13, 2019
- Kaur J, Ghosh S, Sahani AK, Sinha JK: Mental imagery training for treatment of central neuropathic pain: A narrative review. *Acta Neurologica Belgica* 119(2):175-186, 2019
- Kosslyn SM, Behrmann M, Jeannerod M: The cognitive neuroscience of mental imagery. *Neuropsychologia* 33(11):1335-1344, 1995
- La Touche R, Grande-Alonso M, Cuenca-Martínez F, Gnzlez-Ferrero L, Suso-Martí L, Paris-Aleman A: Diminished kinesthetic and visual motor imagery ability in adults with chronic low back pain. *PM&R* 11(3):227-235, 2019
- Linton SJ: A transdiagnostic approach to pain and emotion. *J Appl Biobehav Res* 18(2):82-103, 2013
- Ma M, Zhang H, Liu R, Liu H, Yang X, Yin X, Chen S, Wu X: Static and dynamic changes of amplitude of low-frequency fluctuations in cervical discogenic pain. *Front Neurosci* 14:733, 2020
- Manchikanti L, Cash KA, Pampati V, Wargo BW, Malla Y: Cervical epidural injections in chronic discogenic neck pain without disc herniation or radiculitis: Preliminary results of a randomized, double-blind, controlled trial. *Pain Physician* 13(4):E265-E78, 2010
- Mannion RJ, Woolf CJ: Pain mechanisms and management: A central perspective. *Clin J Pain* 16 Suppl 3:S144-56, 2000
- Merskey H: The definition of pain. *European Psychiatry* 6(4):153-159, 1991

25. Montero-Homs J: Nocioceptive pain, neuropathic pain and pain memory. *Neurologia (Barcelona, Spain)* 24(6):419-422, 2009
26. Morales Tejera D, Fernandez-Carnero J, Suso-Martí L, Cano-de-la-Cuerda R, Lerín-Calvo A, Remón-Ramiro L, Touche RL: Comparative study of observed actions, motor imagery and control therapeutic exercise on the conditioned pain modulation in the cervical spine: A randomized controlled trial. *Somatosens Mot Res* 37(3):138-148, 2020
27. Moseley G: Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: A randomised controlled trial. *Pain* 108(1-2):192-198, 2004
28. Peng B, DePalma MJ: Cervical disc degeneration and neck pain. *J Pain Res* 11:2853-2877, 2018
29. Pincus T: Assessing psychological factors in chronic pain-a new approach. *Physical Therapy Reviews* 3(1):41-45, 1998
30. Priganc VW, Stralka SW: Graded motor imagery. *J Hand Ther* 24(2):164-169, 2011
31. Robertson EM, Pascual-Leone A, Miall RC: Current concepts in procedural consolidation. *Nat Rev Neurosci* 5(7):576-582, 2004
32. Ruffino C, Papaxanthis C, Lebon F: Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: Review and perspectives. *Neuroscience* 341:61-78, 2017
33. Salomons TV, Iannetti GD, Liang M, Wood JN: The "pain matrix" in pain-free individuals. *JAMA Neurology* 73(6):755-756, 2016
34. Suso-Martí L, La Touche R, Angulo-Díaz-Parreño S, Cuenca-Martínez F: Effectiveness of motor imagery and action observation training on musculoskeletal pain intensity: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Pain* 24(5):886-901, 2020
35. Swart CK, Stins JF, Beek PJ: Cortical changes in complex regional pain syndrome (CRPS). *Eur J Pain* 13(9):902-907, 2009
36. Thoomes EJ, Scholten-Peeters GG, de Boer AJ, Olsthoorn RA, Verkerk K, Lin C, Verhagen AP: Lack of uniform diagnostic criteria for cervical radiculopathy in conservative intervention studies: A systematic review. *Eur Spine J* 21(8):1459-1470, 2012
37. Tracy JA, Bartleson J: Cervical spondylotic myelopathy. *Neurologist* 16(3):176-187, 2010
38. Zach S, Dobersek U, Filho E, Inglis V, Tenenbaum G: A meta-analysis of mental imagery effects on post-injury functional mobility, perceived pain, and self-efficacy. *Psychology of Sport and Exercise* 34:79-87, 2018
39. Zakaria HM, Adel SM, Ayad KE: Cervical discogenic pain: A suggested physical therapy approach. *Bull Fac Ph Th Cairo Univ* 12(2):313-323, 2007
40. Zentgraf K, Stark R, Reiser M, Künzell S, Schienle A, Kirsch P, Walter B, Vaitl D, Munzert J: Differential activation of pre-SMA and SMA proper during action observation: Effects of instructions. *Neuroimage* 26(3):662-672, 2005
41. Zhang H, Xia D, Wu X, Liu R, Liu H, Yang X, Yin X, Chen S, Ma M: Abnormal intrinsic functional interactions within pain network in cervical discogenic pain. *Front Neurosci* 15:671280, 2021
42. Zhou F, Tan Y, Wu L, Zhuang Y, He L, Gong H: Intrinsic functional plasticity of the sensory-motor network in patients with cervical spondylotic myelopathy. *Scientific Reports* 5(1):1-8, 2015