

DERLEME / REVIEW

Fantom Deprem Hissi – Büyük Depremler Sonrasında Denge ve Vestibüler Etkilenimler

Phantom Earthquake Sensation - Equilibrium and Vestibular Effects After Large Earthquakes

Faruk TANIK¹, Derya ÖZER KAYA²¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye²İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İzmir, Türkiye

Geliş tarihi/Received: 14.03.2023

Kabul tarihi/Accepted: 18.05.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Faruk TANIK, Uzm. Fzt.
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri
Enstitüsü, İzmir/TÜRKİYE
E-posta: tanikfaruk@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5975-0725

Derya ÖZER KAYA, Prof. Dr.
ORCID: 0000-0002-6899-852X

Öz

Büyük depremler sonrasında hayatta kalan depremzedeler depremden hemen sonra başlayan ve uzunca bir süre devam eden bir takım fizyolojik, anatomik ve psikolojik değişimlerle karşılaşır. Bu problemlerin birisi de fantom deprem hissi olarak da tanımlanabilen kişilerin herhangi bir etki olmadan sallandığını hissettiği vestibüler sistem etkilenimleri ve denge bozukluklarıdır. Bu kişilerde vestibüler sistem ve denge yollarının etkilenimden daha çok psikolojik yanıtların sallanma hissinde daha etkili olduğu görülmüştür. Yaşanan bu değişimler kişileri günlük yaşam aktivitelerinden ve sosyal çevrelerinden uzaklaştırabilmektedir. Depremzedelerin günlük hayatlarına dönüşünü hızlandırmak için vestibüler rehabilitasyon ve fiziksel aktivite önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda derlemede büyük depremlerden sonra görülen denge ve vestibüler değişimler ile fantom deprem hissi kavramını, altta yatan nöroanatomik mekanizmalarını, tedavi seçeneklerini ve fizyoterapistlerin bu semptomu yönetmedeki rollerini kapsamlı bir şekilde ele almak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, baş dönmesi, vestibüler sistem, denge, psikolojik stres.

Abstract

Following a major earthquake, earthquake survivors experience a number of physiological, anatomical and psychological changes that begin immediately after the earthquake and continue for a long time. One of these problems is vestibular system effects and balance disorders, which can also be defined as phantom earthquake sensation, in which people feel that they are shaking without any effect. In these people, it has been observed that psychological responses are more effective in the feeling of swaying than the vestibular system and balance pathways. These changes may distract people from their daily life activities and social environment. Vestibular rehabilitation and physical activity play an important role in accelerating the return of earthquake victims to their daily lives. In this context, this review aims to provide a comprehensive discussion of balance and vestibular changes after major earthquakes, the concept of phantom earthquake sensation, the underlying neuroanatomical mechanisms, treatment options and the role of physiotherapists in managing this symptom.

Keywords: Earthquake, dizziness, vestibular system, balance, psychological stress.

1. Giriş

Doğası gereği öngörülemez olan ve önemli insani ve çevresel zararlara neden olan depremler, güçlü travmatik olaylardır. Deprem sonrası dönem, büyük depremlerden sağ kurtulanlarda psikolojik ve fiziksel morbiditelerin alevlenmesi ile ilişkilendirilmiştir. Miyokard enfarktüsü ve inme (1), uyku bozuklukları (2), post travmatik stres bozuklukları (3, 4), baş dönmesi (5) büyük depremlerden sağ kurtulan kişiler arasında artmış bir prevalans göstermektedir. Yapılan bir çalışmada 11 Mart 2011'deki Tohoku depremi (moment büyüklüğü = 9,0) ve devamında meydana gelen tsunami ve Fukushima nükleer felaketinden sonra, denge bozukluğu olmayan bireyler depremden sonraki 3 ay içinde <1 dakika süren hayali vücut sallanmaları yaşadıklarını ortaya koymuştur (6). 2015 yılında Nisan ve Mayıs ayları arasında gerçekleşen Nepal depremlerinden sonra baş dönmesi ve denge sorunlarının arttığı görülmüştür (3).

2020 yılında Elazığ depreminden (moment büyüklüğü=6,8) sonra depremden sağ kurtulan kişilerde erken dönemde baş dönmesi ve denge sorunları rapor edilmiştir (7). 2020 yılında Zagreb'de gerçekleşen depremden (moment büyüklüğü=5,5) sonra hayatta kalan depremzedelerde fantom deprem hissi gözlemlenmiştir (8).

Panik bozukluklar, tekrarlayan ve beklenmedik panik ataklarla birlikte sürekli korku veya uygunsuz korku tepkileri endişesi ile karakterize edilir ve hem fizyolojik hem de psikolojik değişikliklerle ortaya çıkabilir (3). Psikolojik denge ile ilgili bu bozukluklar, uygunsuz derecede aşırı anksiyete, otonomik uyarılma fenomeni, hiperventilasyon semptomları, semptomları tetikleyen bir uyarıcı veya olayın varlığı ve nesnel ve öznel dengesizlik arasında açık bir ayrışma gibi özelliklerle karakterize edilir. Kişinin çevreyi tehlikeli, rahatsız edici veya güvensiz olarak algıladığı bir

anksiyete bozukluğu olan agorafobi, depremedelerde sıklıkla görülmektedir. Baş dönmesi, özellikle agorafobi ile birlikte paniğin çok olağan ve göze çarpan bir belirtisidir (9). Depremde denge üzerindeki etkileri, yaşayan kişilerin günlük yaşamlarını da etkileyebilir. Yürüme, koordinasyon ve görme gibi normal aktivitelerde güçlük yaşayabilir. Bu nedenle, deprem sonrasında vestibüler ve denge problemleri ile ilgili olarak fizyoterapi, ilaç tedavisi, cerrahi müdahale veya psikoterapi gibi çeşitli tedavi yaklaşımları bulunmaktadır.

1.1. Deprem Sonrası Vestibüler Sistem

Denge bozukluğunun temel patolojisi, insan vücudunun vestibüler, nörolojik, görsel ve proprioseptif işlevleri arasındaki etkileşimin bozulmasına bağlanmaktadır. Bununla birlikte, psikopatolojik özellikler sıklıkla vestibüler işlev bozukluğu ile birlikte görülür. Psikolojik ve denge ile ilgili bozuklukların spektrumları arasında önemli bir örtüşme olduğu giderek daha fazla kabul görmektedir (3). Psikolojik rahatsızlıklar ve dengeyle ilgili bozukluklar arasında her iki yönde de işleyebilecek nedensel bir ilişki ortaya konmuştur (10). Psikososyal bir bozukluk, denge bozukluğu olarak ortaya çıkabilen birincil bir rahatsızlık olabilir. "Psikiyatrik baş dönmesi" terimi, hiçbir vestibüler disfonksiyona atfedilmeyen, sadece tanınmış psikiyatrik semptomlar dizisinin bir parçası olarak ortaya çıkan baş dönmesi, Furman ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır (11). Psikolojik ve denge bozukluğu arasındaki sürekliliği ifade eder ve birincisi ikincisini tetikler. Nomura ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma, depremedelerde baş dönmesi benzeri özellikler için Deprem Sonrası Baş Dönmesi Sendromu (PEDS) kavramını ortaya atmıştır (12). Çalışmaları ayrıca daha önce vertigo öyküsünün PEDS prevalansı ile ilişkili olmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, hareket hastalığına yatkın kişilerde deprem sonrası baş dönmesi ataklarının yaygınlığının önemli ölçüde daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (12).

Fantom deprem hissini illüzyon veya halüsinasyon gibi bir algı bozukluğu olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği de tartışılmalıdır (8). İşitsel ve görsel halüsinasyonlar üzerine yapılan çalışmalar, tipik olarak epizodik hafıza geri kazanımı, gerçeklik ve kendini izleme ile ilişkili bölgelerde, geçmiş anılar ile duyuşal beyin bölgelerindeki anormal aktivite arasındaki etkileşimler yoluyla ortaya çıkan hatalı algıların oluşumunu kolaylaştıran işlevsiz aktivasyon bildirmektedir (13).

Farklı çalışmalarda otonomik disfonksiyon ile denge bozuklukları arasında güçlü bir ilişki olduğu bildirilmiştir (6, 14, 15). Genel olarak, denge bozukluğu olan hastalarda parasempatik sinir sisteminin aktivitesi, sol veya sağ vestibüler sinirler aracılığıyla vestibüler çekirdeğe ve iç kulağa bağlı parasempatik pre-ganglionik çekirdek olan Edinger-Westphal çekirdeğinde giriş dengesizliği nedeniyle azalır. Bu sebeple görsel, vestibüler ve/veya proprioseptif uyarıların takiben sempatik sinir reflekslerinin nispeten hızlanmasına yol açar (16). Bu durum kan basıncında değişiklikler, kalp atış hızında artış, vertebral/baziler arter sistemlerinde ve buna bağlı olarak iç kulakta anormal kan akışı olarak kendini gösterir (16).

Bu ilişkinin nöroanatomik temeli, Balaban tarafından sinir sisteminin farklı seviyelerindeki otonomik ve vestibüler semptomlar arasındaki nörolojik bağlantılarla

açıklanmıştır (17). Bu noradrenerjik ve serotonerjik nöral projeksiyonlar, vestibülo-otonomik etkileşimlerle ilişkilendirilmiştir. Vestibüler çekirdeklere giden noradrenerjik ve serotonerjik projeksiyonlar aynı zamanda anksiyete yolakları ile paralel bağlantılara sahiptir (3). Balaban (17) tarafından tanımlanan bu nöral projeksiyonlar şunlardır:

- Vestibüler çekirdekler ve parabrakiyal çekirdek arasındaki karşılıklı bağlantılar: Parabrakiyal çekirdek, kaçınma koşullanmasına, anksiyeteye ve koşullu korku tepkilerine aracılık etmek için vestibüler, somatik ve visseral bilgi işleyen bir düğüm olarak ortaya çıkmıştır. Parabrakiyal çekirdek ayrıca anksiyete tepkilerine aracılık eden yollar için tüm vücut dönme hızı ve doğrusal hızlanma hakkında önemli bir bilgi kaynağı oluşturur.

- Locus ceruleus'dan vestibüler çekirdeklere noradrenerjik koeruleo-vestibüler yol: Kaudal locus coeruleus'tan kaynaklanır ve vestibüler çekirdeklere noradrenerjik girdi sağlar, bu da vestibülo-motor devrelerin duyarlılığı üzerindeki uyarı ve uyandırıcılık etkilerine aracılık eder.

- Raphe çekirdeklerinden vestibüler çekirdeklere serotonerjik ağ: Dorsal raphe çekirdeğinden ve nucleus raphe obscurus'tan gelen serotonerjik ve serotonerjik olmayan yollar vestibüler çekirdeklere farklı şekilde projekte olur. Bu projeksiyonların vestibüloparabrakiyal yollardaki ana yapıları koaktif etmesi muhtemeldir.

Parabrakiyal çekirdekler, vestibüler çekirdeklerin yanı sıra duyuşal işlemede rol oynayan insular, amigdala ve stria terminalisin yatak çekirdeklerinden girdi alır (18). Özellikle, stria terminalisin yatak çekirdekleri anksiyete gibi daha uzun süreli duyuşal tepkilerde rol oynar (19). Anksiyete tipik olarak kortikolimbik alanda vestibüler bilgi ile bütünleşir (20). İrkilme uyarıların gibi somatik duyuşal genellikle psikolojik stresle ilişkilendirilerek irkilme tepkisi adı verilen otonomik bir refleks oluşturur (21). Görsel bilgi aynı zamanda hem yüksek kortikal hem de beyin sapı seviyelerinde vestibüler bilgi ile mezensefalonun superior koliküllerinde ve ikincil vestibüler nöronların sırasıyla okülomotor çekirdeklerle ve abduşens çekirdeklerle sinaptik bağlantılar yaptığı pons tegmentumunda birleştirilir (22). Sırası ile okülomotor ve abduşens somatik motor sinirleri tarafından inerve edilen medial ve lateral rektus kasları, baş döndüğünde gözleri döndürür (23). Denge işlevini destekleyen bu görsel telafi, okülvestibüler bir refleksden ve daha yüksek kortikal düzeyde görsel-vestibüler etkileşimlerle ilişkili olası bir nöral bağlantıdan kaynaklanıyor olabilir (24). Bu nedenle, gözler kapalı olduğunda denge işlev bozukluğu da artar (5).

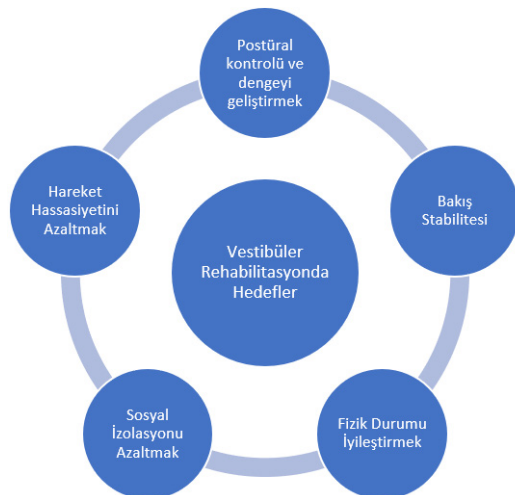
Genel olarak, vücut pozisyonu ve hareketle ilgili bilgiler tek bir duyuşal algıyla değil, çeşitli duyuşal girdilerin entegrasyonu ile oluşturulur (8). Bununla birlikte, beyindeki motor alanlar, duyuşal girdinin yokluğunda bile vücut duruşu ve hareketine dair bilinçli hisler üretir. Algısal organizasyon, tutarlı bir birleşik gerçeklik algısı oluşturmak için duyuşal girdinin bireysel özelliklerine belirginlik atamak için önemli olan süreci içerir ve entegrasyon, kortikal beyin yapılarının aracılık ettiği bilişsel kontrol mekanizmalarına bağlıdır (25). Depremde yapılan nörogörüntüleme çalışmaları da frontal- limbik-striatal ağda anatomik ve işlevsel bağlantı değişiklikleri bulmuştur (26-28).

1.2. Fantom Deprem Hissinin Tedavisi ve Vestibüler Rehabilitasyon

Baş dönmesine neden olan bu tür deprem kaynaklı psikolojik stresin uygun yönetimi, disiplinler arası değerlendirmeyi, altta yatan bozukluğun değerlendirilmesini ve uygun danışmanlık ve terapötik yaklaşımı kapsmalıdır. Psikopatolojik dengesizlik bozukluğu için farmakoterapinin rolü kesin kanıtlardan yoksundur. Monoamin oksidaz inhibitörleri (MAOI), Selektif Serotonin Gerilim İnhibitörü (SSRI) ve benzodiazepinler genellikle reçete edilir ancak etki mekanizması belirsizdir (3). Anksiyete ile ilgili konulara uygun şekilde dikkat edilmesi, gizli nörolojik sorunların olmadığına dair kontrollerin yapılması, atağı tetikleyen mekanizma ve faktörlerin açıklanması bu hastalara verilen danışmanlığın temelini oluşturur. Semptomları önlemek için günlük yaşamda fiziksel yeterliliğin korunması ve sağlıklı bir yaşam tarzı da önerilmiştir (3). Fantom deprem hissini değerlendirilmesinde özel bir ölçek bulunmamaktadır. Ancak kişilerin denge ve vestibüler sistem etkilenimleri göz önünde bulundurularak farklı alanlardaki ölçeklerden faydalanılabilir. Bu sistemlerdeki değişimleri gözlemlemek için Romberg Testi, Berg Denge Ölçeği, Düşme Riski Değerlendirme Ölçeği, Zamanlı Kalk ve Yürü Testi, Fonksiyonel Uzanma Testi ve Kısa Fiziksel Performans Bataryası gibi ölçek ve testler kullanılabilir.

Vestibüler rehabilitasyon, vestibüler disfonksiyon nedeniyle ortaya çıkan baş dönmesi, vertigo, hareket hassasiyeti, denge ve postüral kontrol sorunlarını yönetmek için kanıta dayalı bir yaklaşımdır (29). Vestibüler bozukluğu olan hastalar tipik olarak bakış stabilitesi, hareket stabilitesi, denge ve postüral kontrol ile ilgili sorunlar yaşarlar. Bu nedenle, vestibüler rehabilitasyon bu patoloji veya işlev bozukluğu alanlarını ele almaya odaklanır. Bununla birlikte, spesifik tedavi yaklaşımı patolojiye ve her hastanın kendine özgü sunumuna bağlı olacaktır (29).

Vestibüler rehabilitasyonun odak noktaları; 1) Postüral kontrolü ve dengeyi geliştirmek, 2) hastanın baş hareketi sırasında net görme yeteneğini geliştirmek (bakış stabilitesi), 3) hastanın genel fiziksel durumunu iyileştirmek, 4) hastanın sosyal izolasyonunu azaltmak, 5) hastanın hareket hassasiyetini azaltmaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Vestibüler Rehabilitasyonda Hedefler

Vestibüler rehabilitasyon kapsamında etkinliği kanıtlanmış birçok farklı eğitim programı kullanılabilir. Görüş Eğitimi, Sakkad Eğitimi, Bakış Stabilitesi Eğitimi, Görsel / Vestibüler Entegrasyon Egzersizleri, Alışkanlık Egzersizleri, Statik ve Dinamik Postüral Kontrol Denge Egzersizleri bunlardan bazılarıdır (30).

Deprem sonrasında kişiler sadece fiziksel olarak değil aynı zamanda mental olarak da etkilenimler yaşamaktadır. Stres, anksiyete, depresyon gibi durumlar deprem sonrasında fantom deprem hissi veya denge bozukluklarına yol açabilmektedir. Fiziksel aktivite psikolojik hastalıklara karşı koruyucu ve tedavi edici etkiye sahiptir. Klinik örneklemeleri içeren çalışmalardan elde edilen kanıtlar, egzersizle ilişkili psikolojik faydaların standart psikoterapi biçimleriyle elde edilen kazanımlarla karşılaştırılabilir olduğunu göstermektedir (31). Bu nedenle, sağlıklı bireyler için egzersizin temel psikolojik faydası önleme olabilirken, hafif ve orta dereceli psikolojik hastalıklardan şikayeti olanlarda egzersiz bir tedavi aracı olarak işlev görebilir (32). Egzersizin ayrıca düşük benlik saygısı ve sosyal geri çekilme gibi semptomları hafiflettiği bulunmuştur (33). Jogging, yüzme, bisiklete binme, yürüyüş, bahçe işleri ve dans gibi aerobik egzersizlerin anksiyete ve depresyonu azalttığı kanıtlanmıştır (34). Ruh halindeki bu iyileşmelerin, beyne giden kan dolaşımındaki egzersiz kaynaklı artıştan ve hipotalamik-hipofiz-adrenal (HPA) eksen ve dolayısıyla strese karşı fizyolojik tepkiden kaynaklandığı öne sürülmektedir (35). Merkezi fizyolojik stres yanıt sistemleri hipotalamik-hipofiz-adrenal (HPA) eksen ve otonom sinir sistemidir (36). Akut strese maruz kalındığında, HPA eksen aktive olarak stres hormonları adrenokortikotropik hormon (ACTH) ve kortizol seviyelerinde artışa neden olur. Otonomik tepkiler için de benzer bir model görülür; stresin başlaması kalp atış hızını ve kan basıncını artırır (37). Bu fizyolojik etkiye muhtemelen HPA ekseninin, motivasyon ve ruh halini kontrol eden limbik sistem; strese yanıt olarak korku üreten amigdala ve hafıza oluşumunun yanı sıra ruh hali ve motivasyonda önemli bir rol oynayan hipokampus dahil olmak üzere beynin çeşitli bölgeleriyle iletişimi aracılık etmektedir (35). Dünya Sağlık Örgütü 2020 yılında yayınladığı kılavuzda herhangi bir miktarda fiziksel aktivitenin hiç olmamasından daha iyi olduğunu belirtmiştir (38). Tüm yetişkinler için haftada en az 150 ila 300 dakika orta şiddette aerobik aktivite (veya eşdeğer şiddetli aktivite) ve çocuklar ve ergenler için günde ortalama 60 dakika orta şiddette aerobik fiziksel aktivite önerilmektedir (38).

2. Sonuç ve Öneriler

Deprem benzeri hareketin yanlış algılanması olan fantom deprem hissi, duyuşal fizyolojiyi, kortiko-limbik-striatal işlevleri içeren nöral devreleri ve travmatik olay ve anksiyeteden etkilenebilecek proprioseptif sinyallerin, hafızanın ve yüksek bilişsel işlevlerin entegrasyonunu içeren altta yatan beyin mekanizmalarıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Fantom deprem hissini, depremedelerdeki akut veya travma sonrası stres bozukluğunun klinik sunumunun bir parçası olup olamayacağı veya spesifik bir sendrom olarak kalıp kalmayacağı henüz net olarak ortaya konulamamıştır. Şiddetli anksiyetenin insanın doğru ve yanlış uyarınları ayırt etme becerisi üzerindeki nörobiyolojik etkisi hala araştırılmayı beklemektedir. Depremden kurtulan kişilerin gündelik yaşamına dönüşü için multidisipliner

bir yaklaşımla beraber fizyoterapistlerin önemli bir rolü olduğu görülmektedir.

3. Alana Katkı

Bu derlemede, deprem sonrasında kişilerde görülen sallanma hissi, vestibüler bozukluklar ve denge sorunları incelenmiştir. Depremden sağ kurtulan kişilerin günlük rutin yaşantılarına dönüşlerinde, bu derlemede bahsedilen sorunlar göz önünde bulundurularak, egzersiz ve vestibüler rehabilitasyon programlarıyla kişilerin rehabilitasyon süreçlerinde daha kapsamlı bir yol haritası oluşturulabileceği düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

Bu makalede herhangi bir nakdi/aynı yardım alınmamıştır. Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur. Yazar Faruk TANIK, YÖK 100/2000 doktora bursiyeridir.

Yazarlık Katkısı

Fikir/Kavram: FT, DÖK; **Tasarım: Denetleme:** FT, DÖK; **Kaynak ve Fon Sağlama: - Malzemeler: - Veri Toplama ve/veya İşleme:** FT, DÖK; **Analiz/Yorum:** FT, DÖK; **Literatür Taraması:** FT, DÖK; **Makale Yazımı:** FT, DÖK; **Eleştirel İnceleme:** FT, DÖK.

Kaynaklar

1. Kario K, McEwen BS, Pickering TG. Disasters and the heart: a review of the effects of earthquake-induced stress on cardiovascular disease. *Hypertens Res.* 2003;26(5):355-67. Epub 2003/07/31. doi: 10.1291/hypres.26.355.
2. Varela E, Koustouki V, Davos CH, Eleni K. Psychological consequences among adults following the 1999 earthquake in Athens, Greece. *Disasters.* 2008;32(2):280-91. Epub 2008/04/03. doi: 10.1111/j.1467-7717.2008.01039.x.
3. Kumar V, Bhavana K. Post Earthquake Equilibrium Disturbance: A Study After Nepal-India Earthquake 2015. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2019;71(Suppl 2):1258-65. Epub 2019/11/22. doi: 10.1007/s12070-018-1296-5.
4. Ehring T, Razik S, Emmelkamp PM. Prevalence and predictors of posttraumatic stress disorder, anxiety, depression, and burnout in Pakistani earthquake recovery workers. *Psychiatry Res.* 2011;185(1-2):161-6. Epub 2010/06/12. doi: 10.1016/j.psychres.2009.10.018.
5. Honma M, Endo N, Osada Y, Kim Y, Kuriyama K. Disturbances in equilibrium function after major earthquake. *Sci Rep.* 2012;2(1):749. Epub 2012/10/23. doi: 10.1038/srep00749.
6. Miwa T. Vestibular Function After the 2016 Kumamoto Earthquakes: A Retrospective Chart Review. *Front Neurol.* 2020;11:626613. Epub 2021/02/09. doi: 10.3389/fneur.2020.626613.
7. Yildiz MG, Bilal N, Kara I, Sagioglu S, Orhan I, Doganer A. Characteristics of Benign Paroxysmal Positional Vertigo Following an Earthquake. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2021;130(11):1236-44. Epub 2021/03/16. doi: 10.1177/0003489421996914.
8. Bajs Janovic M, Janovic S, Separovic Lisak M, Medved S, Ojdanic O, Veronek J. Phantom Earthquake Syndrome - A Pilot Study after Zagreb and Banovina 2020 Earthquake. *Psychiatr Danub.* 2021;33(Suppl 4):706-9. Epub 2021/11/01.
9. Simon NM, Pollack MH, Tuby KS, Stern TA. Dizziness and panic disorder: a review of the association between vestibular dysfunction and anxiety. *Annals of Clinical Psychiatry.* 1998;10:75-80.
10. Furman JM, Jacob RG. A clinical taxonomy of dizziness and anxiety in the otoneurological setting. *J Anxiety Disord.* 2001;15(1-2):9-26. Epub 2001/06/05. doi: 10.1016/s0887-6185(00)00040-2.

11. Furman JM, Jacob RG. Psychiatric dizziness. *Neurology.* 1997;48(5):1161-6. Epub 1997/05/01. doi: 10.1212/wnl.48.5.1161.
12. Nomura Y, Toi T. Post earthquake dizziness syndrome. *Equilibrium Research.* 2014;73(3):167-73.
13. Zmigrod L, Garrison JR, Carr J, Simons JS. The neural mechanisms of hallucinations: A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2016;69:113-23. Epub 2016/07/31. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.05.037.
14. Rosengren SM, Colebatch JG, Young AS, Govender S, Welgampola MS. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: Methods, pitfalls and clinical applications. *Clin Neurophysiol Pract.* 2019;4:47-68. Epub 2019/04/06. doi: 10.1016/j.cnp.2019.01.005.
15. Kim HA, Lee H. Autonomic dysfunction as a possible cause of residual dizziness after successful treatment in benign paroxysmal positional vertigo. *Clin Neurophysiol.* 2014;125(3):608-14. Epub 2013/09/21. doi: 10.1016/j.clinph.2013.08.008.
16. Matsunaga T. Autonomic nervous system function tests in patients with vertigo. *Pract Oto Rhinolaryngol.* 1987;80:865-78.
17. Balaban CD. Neural substrates linking balance control and anxiety. *Physiol Behav.* 2002;77(4-5):469-75. Epub 2003/01/16. doi: 10.1016/s0031-9384(02)00935-6.
18. Balaban CD. Projections from the parabrachial nucleus to the vestibular nuclei: potential substrates for autonomic and limbic influences on vestibular responses. *Brain Res.* 2004;996(1):126-37. Epub 2003/12/13. doi: 10.1016/j.brainres.2003.10.026.
19. Walker DL, Toufexis DJ, Davis M. Role of the bed nucleus of the stria terminalis versus the amygdala in fear, stress, and anxiety. *Eur J Pharmacol.* 2003;463(1-3):199-216. Epub 2003/02/26. doi: 10.1016/s0014-2999(03)01282-2.
20. Kalueff AV, Keisala T, Minasyan A, Kumar SR, LaPorte JL, Murphy DL, et al. The regular and light-dark Suok tests of anxiety and sensorimotor integration: utility for behavioral characterization in laboratory rodents. *Nat Protoc.* 2008;3(1):129-36. Epub 2008/01/15. doi: 10.1038/nprot.2007.516.
21. Parker KJ, Hyde SA, Buckmaster CL, Tanaka SM, Brewster KK, Schatzberg AF, et al. Somatic and neuroendocrine responses to standard and biologically salient acoustic startle stimuli in monkeys. *Psychoneuroendocrinology.* 2011;36(4):547-56. Epub 2010/09/28. doi: 10.1016/j.psyneuen.2010.08.009.
22. Herman R, Mixon J, Fisher A, Maulucci R, Stuyck J. Idiopathic scoliosis and the central nervous system: a motor control problem. *The Harrington lecture, 1983. Scoliosis Research Society. Spine (Phila Pa 1976).* 1985;10(1):1-14. Epub 1985/01/01. doi: 10.1097/00007632-198501000-00001.
23. Grantyn A, Ong-Meang Jacques V, Berthoz A. Reticulo-spinal neurons participating in the control of synergic eye and head movements during orienting in the cat: II. Morphological properties as revealed by intra-axonal injections of horseradish peroxidase. *Experimental brain research.* 1987;66(2):355-77.
24. Redfern MS, Yardley L, Bronstein AM. Visual influences on balance. *J Anxiety Disord.* 2001;15(1-2):81-94. Epub 2001/06/05. doi: 10.1016/s0887-6185(00)00043-8.
25. King DJ, Hodgskins J, Chouinard PA, Chouinard VA, Sperandio I. A review of abnormalities in the perception of visual illusions in schizophrenia. *Psychon Bull Rev.* 2017;24(3):734-51. Epub 2016/10/13. doi: 10.3758/s13423-016-1168-5.
26. Lui S, Chen L, Yao L, Xiao Y, Wu QZ, Zhang JR, et al. Brain structural plasticity in survivors of a major earthquake. *J Psychiatry Neurosci.* 2013;38(6):381-7. Epub 2013/05/29. doi: 10.1503/jpn.120244.
27. Zhang XD, Yin Y, Hu XL, Duan L, Qi R, Xu Q, et al. Altered default mode network configuration in posttraumatic stress disorder after earthquake: A resting-stage functional magnetic resonance imaging study. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(37):e7826. Epub 2017/09/15. doi: 10.1097/MD.00000000000007826.

- 28.** Bruno F, Splendiani A, Tommasino E, Conson M, Quarantelli M, Saporito G, et al. Multimodal MRI Assessment of Thalamic Structural Changes in Earthquake Survivors. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(1):70. Epub 2021/01/08. doi: 10.3390/diagnostics11010070.
- 29.** Agrawal Y, Carey JP, Della Santina CC, Schubert MC, Minor LB. Disorders of balance and vestibular function in US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2004. *Arch Intern Med*. 2009;169(10):938-44. Epub 2009/05/27. doi: 10.1001/archinternmed.2009.66.
- 30.** Han BI, Song HS, Kim JS. Vestibular rehabilitation therapy: review of indications, mechanisms, and key exercises. *J Clin Neurol*. 2011;7(4):184-96. Epub 2012/01/20. doi: 10.3988/jcn.2011.7.4.184.
- 31.** Rimer J, Dwan K, Lawlor DA, Greig CA, McMurdo M, Morley W, et al. Exercise for depression. *Cochrane database of systematic reviews*. 2012(7).
- 32.** Young J, Angevaren M, Rusted J, Tabet N. Aerobic exercise to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015(4):CD005381. Epub 2015/04/23. doi: 10.1002/14651858.CD005381.pub4.
- 33.** Park SH, Han KS, Kang CB. Effects of exercise programs on depressive symptoms, quality of life, and self-esteem in older people: a systematic review of randomized controlled trials. *Appl Nurs Res*. 2014;27(4):219-26. Epub 2014/03/08. doi: 10.1016/j.apnr.2014.01.004.
- 34.** Angevaren M, Aufdemkampe G, Verhaar HJ, Aleman A, Vanhees L. Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane database of systematic reviews*. 2008(2).
- 35.** Asarnow LD. Depression and sleep: what has the treatment research revealed and could the HPA axis be a potential mechanism? *Current opinion in psychology*. 2020;34:112-6.
- 36.** Nicolaidis NC, Kyratzi E, Lamprokostopoulou A, Chrousos GP, Charmandari E. Stress, the stress system and the role of glucocorticoids. *Neuroimmunomodulation*. 2015;22(1-2):6-19. Epub 2014/09/18. doi: 10.1159/000362736.
- 37.** Arvidson E, Dahlman AS, Borjesson M, Gullstrand L, Jonsdottir IH. The effects of exercise training on hypothalamic-pituitary-adrenal axis reactivity and autonomic response to acute stress-a randomized controlled study. *Trials*. 2020;21(1):888. Epub 2020/10/29. doi: 10.1186/s13063-020-04803-3.
- 38.** World Health Organization (WHO). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: web annex: evidence profiles. 2020.