



Deprem veya Travma Sonrası, İşitsel Stimülasyon ile Nöro-Kardiyo-Biofeedback Allostatik Metodoloji ile Stabilite

After an Earthquake or Trauma, Neurocardio-Biofeedback via Auditory Stimulation Stability with Allostatic Methodology

Fatma ÖZCAN¹, Ahmet ALKAN², Nandu GOSWAMI³, Abdullah YILDIRIM⁴, Mahmut Nedim EKERSULAR⁵, Büşra OĞUZHAN⁶

Makale Türü: Derleme

Başvuru Tarihi: 23 Mayıs 2025

Kabul Tarihi: 29 Haziran 2025

Makaleye Atıf Yapmak için: Özcan, F., Alkan, A., Goswami, N., Yıldırım, A., Ekersular, M., N. ve Oğuzhan, B. (2025). Deprem veya travma sonrası, işitsel stimülasyon ile nöro-kardiyo-biofeedback allostatik metodoloji ile stabilite. *Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Psikoloji Dergisi (KİÜ)*, 4(1), 19-37. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18834783>

ÖZET: Bireyler belirli psikolojik veya fiziksel travmalara maruz kaldıklarında, her zaman görünür olmayan ve zaman içinde ortaya çıkabilen stresle ilişkili bozukluklar geliştirebilirler. Ne yazık ki bazı ülkeler deprem felaketleri nedeniyle büyük yıkımlar yaşamış ve yaşamaya devam etmektedir. Yaşanan travmaların gelecekteki olumsuz etkilerini ve izlerini silmek için önlemler almak gerekmektedir. Bazı depremzedeler uzman yardımı almaya çalışırken, bazıları da günlük hayatın koşuşturması içinde durumun ciddiyetini fark edemeyip çözüm aramayı ihmal edebilmektedir. Ancak bu durum otonom sinir sisteminde geri dönüşü olmayan değişikliklere, aritmilere ve kalpte yapısal değişikliklere yol açabilir. Depremzedeler yeni bir stres testine tabi tutulduklarında, travma öncesi durumlarına kıyasla, daha belirgin davranış değişiklikleri, daha az tolerans ve daha fazla yorgunluk gösterebilirler. Bu çalışma, bireylerin bu tür durumlarla nasıl başa çıktıklarını ve bunları yönetmek için ne tür bir biyo-geribildirim geliştirilebileceğini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, travma geçirmiş bireylerin otonom sinir sisteminde geri dönüşü olmayan kalpte yapısal değişikliklere ve aritmilere yol açabileceği, duygusal ve psikolojik durumlarının biyomedikal sinyaller (nöro-kardiyak) aracılığıyla izlenebileceği, kişinin belirli ses türlerine rezonansa girebileceği, allostatik işitsel stimülasyon uygulanarak biyo-geribildirim sağlanabileceği, böylece otonom sinir sisteminin stabilize edilerek rahatlama ve tedavi sağlanabileceği güncel araştırmaları içeren bu derleme ile gösterilecektir. Bu derleme, travma sonrasında ortaya çıkabilecek komplikasyonları ve bu komplikasyonlar ortaya çıkmadan önce kullanılacak işitsel biyo-geribildirim yöntemlerini özgün bir şekilde incelemektedir.

Anahtar sözcükler: Biyo-geribildirim, allostatik, travma, işitsel stimülasyon

¹Sorumlu Yazar, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, fatma.ozcan13@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5112-1046

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, aalkan05@gmail.com, ORCID: 0009-0001-3911-4000

³Graz Tıp Üniversitesi, randu.goswami@medunigraz.at, ORCID: 0000-0002-6704-0723

⁴Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, yldrmabdullah@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-2585-4187

⁵Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, m.ekersular@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0209-9484

⁶Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, busraoguzhn96@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8680-7731

ABSTRACT: *When individuals are exposed to certain psychological or physical traumas, they may develop stress-related disorders that are not always visible and may emerge over time. Unfortunately, some countries have experienced and will continue to experience great destruction due to earthquake disasters. It is necessary to take measures to erase the negative effects and traces of the traumas in the future. While some earthquake victims try to get expert help, others may not realise the instability of the situation due to the hustle and bustle of daily life and neglect to seek solutions. However, this can lead to irreversible changes in the autonomic nervous system, arrhythmias and structural changes in the heart. When subjected to a new stress test, earthquake survivors may show more pronounced behavioural changes, less tolerance and greater fatigue compared to their pre-trauma state. This study aims to examine how individuals cope with such situations and what kind of biofeedback could be developed to manage them. In this context, it will be shown in this review of current research that the autonomic nervous system of traumatised individuals can lead to irreversible structural changes in the heart and arrhythmias, their emotional and psychological states can be monitored through biomedical signals (neuro-cardiac), the person can resonate to certain types of sounds, biofeedback can be provided by applying allostatic auditory stimulation, thus stabilising the autonomic nervous system and providing relief and treatment. This review provides an original examination of the complications that may occur after trauma and auditory biofeedback methods that can be used before these complications occur.*

Keywords: *Biofeedback, allostatic, trauma, auditory stimulation*

1. GİRİŞ

Çok sayıda fay hatlarıyla, deprem açısından dünyanın en riskli bölgesinde yer alan Ülkemizde, belirli periyotlarla çok şiddetli depremler yaşanmaktadır. Özellikle Kahramanmaraş merkezli, 11 ili kapsayan asrın felaketi olarak adlandırılan 6 Şubat 2023 depreminde çok acılar yaşanmıştır. Kaybedilen canlar ve maddi kayıplar bir yana, geride kalan milyonların zihninde kalan tarif edilemez acıların izlerinin silinmesi zor olsa da yaşanan travmaların en az hasarla atlatılması ülkemizin sağlıklı insan kaynağı açısından oldukça önemlidir. 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'de 7.7 ve 7.5 Richter şiddetinde iki büyük deprem meydana gelmiştir. O tarihten bu yana yaklaşık 17,000 artçı şoklar bölgeyi vurarak eşi benzeri görülmemiş bir yıkıma yol açmıştır. Dünya Sağlık Örgütü DSÖ'nün son raporlarına göre bu depremler Türkiye'de yaklaşık 9.1 milyon kişiyi etkilemiş, 50,000'den fazla kişi hayatını kaybetmiş, 3 milyondan fazla kişi yerinden edilmiştir (WHO, 2023). Depremler gibi doğal afetlerin önemli olumsuz kardiyak olaylarla doğrudan ve dolaylı ilişkisi vardır. Literatürde, büyük bir depremin ardından hayatta kalanların %20'sinin önemli anksiyete belirtileri yaşadığı, %24'üne travma sonrası stres bozukluğu teşhisi konulduğu ve hayatta kalanların bazılarında majör depresif bozukluk görüldüğü belirtilmektedir (Kobari vd., 2022; Nagai vd., 2022). Dakhil ve diğerleri deprem sonrası kısa ve uzun vadede hayatta kalanlarda ortaya çıkabilecek kardiyovasküler sorunlar yaşayan popülasyonun uygun şekilde taranmasını ve daha erken yönetilmesini sağlamayı amaçlamıştır (Dakhil vd., 2023). Yaşanan travmaların gelecekteki olumsuz etkilerini ve izlerini silmek için önlemler almak gerekmektedir çünkü bu durum otonom sinir sisteminde geri dönüşü olmayan değişikliklere, aritmilere ve kalpte yapısal değişikliklere yol açabilir (Lampert, 2015).

Yeni bir stres testine tabi tutulduklarında, genç depremzedeler travma öncesi durumlarına kıyasla daha belirgin davranış değişiklikleri, azalan tolerans ve daha fazla yorgunluk gösterebilirler. Günümüzde bu riskleri önlemek ve tedavi etmek için hastalar aşırı sinir sistemi aktivitesini önlemek için sinirler üzerinde bloke edici etkisi olan ilaçlar almaktadır (Kim vd., 2023). Bu tedaviler ile bağımlılık riski ve etki eksikliği majör riskler olarak görülmektedir. Psikofarmakolojik tedaviler etkili olsa da ve tamamlayıcı ve alternatif tıp yaklaşımları yaygın olarak kullanılsa da, riskli olmayan yeni tedavilere ihtiyaç vardır (Tegeler vd., 2023).

Bu çalışma, bireylerin deprem veya travmanın olumsuz etkilerini nasıl yaşadıklarını ve bunları yönetmek için ne tür biyo-geribildirimler (biofeedback) geliştirilebileceklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, travma geçirmiş bireylerin otonom sinir sisteminde geri dönüşü olmayan kalpte yapısal değişikliklere ve aritmilere yol açabileceği, duygusal ve psikolojik durumlarının biyomedikal sinyaller (nöro-kardiyak) aracılığıyla izlenebileceği, kişinin belirli ses türleri ile rezonansa girebileceği, işitsel stimülasyon uygulanarak biofeedback sağlanabileceği, böylece otonom sinir sisteminin stabilize edilerek rahatlama ve tedavi sağlanabileceği, bu derleme çalışmasında tartışılacaktır.

2. YÖNTEM

2.1 Depremzedelerde Meydana Gelen Stres'in, Kardiyovasküler Sisteme Ve Otonom Sinir Sistemine (Vagus Sinir) Etkisi

2.1.1 Allostasis

Allostasis, stres faktörlerine yanıt olarak iç dengemizi koruyan adaptif süreçleri ifade eder (Şekil 1). Stres sürekli olarak mevcutsa ve bu süreçlere sürekli olarak başvuruluyorsa, bu durum allostatik yük olarak bilinen hasara yol açabilir. Fiziksel ve ruhsal sağlığın bozulmasına yol açarak bireyleri hastalığa yatkın hale getirebilecek ilerleyici fizyolojik yıpranmanın beyin ve vücut üzerindeki kümülatif etkisini ifade etmek için allostatik yük kavramı ortaya çıkmıştır. Vücudumuz, allostatik mekanizmalar aracılığıyla homeostatik dengeyi korumak için ayarlamalar yapar; ancak strese maruz kalma abartılı ve uzun süreli hale geldiğinde, bu sistemlerin başarısızlığına veya düzensizliğine neden olur. Aşırı yeme/obezite, alkol, sigara, uyuşturucu kullanımı, fiziksel hareketsizlik ve uyku bozukluklarını içeren farklı davranışların allostatik yük ile ilişkisi vardır. Allostatik yükü ve bunun sonucunda ortaya çıkan uzun vadeli olumsuz sağlık sonuçlarını azaltmaya yardımcı olmak için kronik strese başa çıkma stratejisi oluşturmak gerekir. Bu bağlamda, ana ve artçı depremlerden dolayı oluşabilecek kronik stres, erken biyolojik yaşlanma ve erken ölüm için bir risk faktörüdür (Suvarna vd., 2020). Tüm bu durumlar sempatik sinir sisteminde bir artışla otonomik dengesizliğe sebep olur (Nagai vd., 2022).

2.1.2 Nöro-kardiyak Eksen

Otonom sinir sistemi, fizyolojik uyarılara veya fiziksel hastalık ve zihinsel stres gibi patolojik durumlara yanıt olarak homeostatik dengeyi korur. Psiko-duygusal stres faktörlerini kardiyak olaylara bağlayarak, nörokardiyak eksen fizyolojik bir açıklama sağlar. Bu eksen, stresli uyarılara karşı otonomik tepkilere aracılık ederek kalbin elektriksel ve mekanik özelliklerini birbirine bağlı olarak koordine eden nöronları içeren bir dizi refleks kontrol ağıdır. Merkezi kardiyak kontrol ağı, başta insular korteks, anterior singulat korteks, amigdala, hipotalamik çekirdekler ve omurilik olmak üzere kortikal merkezleri içerir. Beyin sapının alt bölümünde yer alan medulla, kalbe ve kan damarlarına giden otonom sinir etkilerini doğrudan düzenleyen sempatik ve parasempatik çekirdekler içerir. Omurilikte hem periferik baroreseptörler ve kemoreseptörlerden hem de hipotalamus ve diğer kortikal bölgelerden afferentler alınarak vagal ve sempatik innervasyonların aktivitesi doğrudan modüle edilir. Parasempatik sinirler medulladan vagus sinirini oluşturan uzun pregangliyonik efferent lifler olarak ayrılır ve son olarak kalp veya vasküler dokudaki postgangliyonik liflerle sinaps yapar (Fioranelli vd., 2018). Nörokardiyak ekseninde, bir arterden geçen kan, her kalp kasılmasında, arter duvarını gererek baroreseptörleri uyarır ve sinirler ile beyne elektriksel uyarılar gönderir. Arteriyel baroreseptörler, basınca duyarlı reseptörlerdir ve kalp ve beyin arasında stratejik işlevleri vardır. Kan basıncındaki bir artış arter duvarındaki gerilmeyi artırır ve böylece beyne giden elektriksel uyarıların sıklığını artırır. Beyindeki kardiyovasküler merkez kalbe giden parasempatik aktiviteyi artırarak, kalbe ve damar

sistemine giden sempatik aktiviteyi azaltarak yanıt verir. Bu eylemler birlikte kalp hızını ve atım hacmini azaltır. Yani kalp atımı, kasılması ve damar düz tonusunu etkiler (AdInstruments, 2023; AĞAR, 2021). Otonom sinir sistemindeki bir aksaklık bu etkileri olumsuz yönde değiştirir.

2.1.3 Travmanın Kardiyovasküler Sağlık Üzerindeki Etkisi

Deprem veya savaş gibi strese neden olan nüfus felaketleri sırasında akut stres ve ventriküler aritmiler nedeni ile ani kardiyak ölüme artış görülmektedir (Şekil 2). Bu felaket durumu, stresle ilgili otonomik değişikliklerin aritmogenezini doğrudan modüle edebileceğini düşündürür (Lampert, 2015). Aritmi ile ilişkili stres, sağ ventrikülün yanı sıra sol ventrikülün epikardiyum ve endokardiyumunun Aksiyon Potansiyelinde (AP) değişikliklere neden olur. Stres, AP süresini azaltarak, iletimi geciktirerek ve AP'nin repolarizasyon dağılımını etkileyen erken atımlarla sonuçlanarak aritmojenik etkilere neden olabilir (Dakhil vd., 2023). Strese maruz kalma, otonomik düzenlemede dengesizliğe yol açarak sürekli sempatik aktivite, azalmış vagal aktivite oluşturur. Bu da hipo ve hiperkinetik aritmi, trombosit agregasyonu ve vasküler tromboz risklerinin artmasına neden olur (Fioranelli vd., 2018). Travma sonrası etkiye bağlı olarak kötü ve kısa süreli uyku, psikolojik etkiler, tuz duyarlılığının artması ve gün ışığında fiziksel egzersizin azalması hipertansiyon gelişimine neden bulunabilir. Vücudun normal sirkadiyen ritmindeki herhangi bir bozukluğun nörohormonal sürdürülebilirliği etkileyeceği bilinmektedir. Uykusuzluk ve rahatsız uyku, hipertansiyon öyküsü olan hastalarda gece boyunca kan basıncını düşürebilen melatonin üretimini azaltır (Dakhil vd., 2023). Uyku, insan organizmalarındaki en önemli sirkadiyen senkronizatördür ve uyku yoksunluğu depremzedeleri önemli derecede etkilemektedir. Bazı çalışmalar, kısa uyku süresinin hipertansiyon, koroner kalp hastalığı, aritmi, obezite ve diyabet hasta sayısı artışı ile bağlantılı olduğunu göstermiştir (Fioranelli vd., 2018). Doğal veya insan kaynaklı afetlere maruz kalma, gençlerde çeşitli ruhsal bozuklukların semptomlarının ortaya çıkması ile ilişkilidir. Bu tepkiler oldukça değişkendir; afete yüksek oranda maruz kalan bazı gençler dayanıklılık gösterirken, çok az maruz kalan bazı gençler yoğun olumsuz tepkiler gösterebilmektedir. Afetlere verilen olumsuz tepkiler, kalp atış hızı ve kan basıncında artış olarak ifade edilen sempatik sinir sisteminin aşırı aktivitesi veya parasempatik sistemin aşırı aktivasyonu durduramaması ile de kendini gösterebilir. Bir bağlamda gençlerde istirahat halindeki vagal tonusu (zayıflaması veya artışı) değerlendiren çalışmalara ihtiyaç vardır (Weems, 2015). Psikobiyolojik teoriler, vagal tonda meydana gelen değişimin, birçok duygusal ve davranışsal sorunun bir özelliği olan duygusal düzensizliğin önemli bir fizyolojik göstergesi olabileceğini öne sürmüştür. Örneğin, istirahat vagal tonusu, vagus siniri aracılığıyla kalp atış hızının parasempatik kontrolünün bir ölçüsü olarak kabul edilir (Scott ve Weems, 2014). Başta Japonya olmak üzere birçok ülkede meydana gelen büyük depremlerin ardından hem sağlıklı bireyler hem de kardiyovasküler hastalık öyküsü olan hastalar uzun vadede birçok sağlık sorunu yaşamıştır. Sempatik sinir sisteminin aktivasyonu, miyokard üzerinde aşırı aktiviteye ve efora yol açabilir. Aile, arkadaş ve mal kaybı şeklinde ortaya çıkan psikolojik stres durumu daha da kötüleştirebilir. Bu tür felaketlerin neden olduğu kronik strese yol açabilir. Genel olarak, korku, anksiyete ve öfke gibi olumsuz zihinsel stres, kalp kası aktivitesinin heterojenliğini ve kalpteki iletim

durumunun bozulmasını artırarak kardiyak iskemi veya iletim kusurlarının durumunu kötüleştirebilir (Dakhil vd., 2023). Japonya'da 2011 yılında meydana gelen depremden sağ kurtulup evlerini tahliye edenlerle etmeyenler arasında obezite, hipertansiyon, dislipidemi ve diyabet prevalansını karşılaştıran bir çalışma yapılmıştır. Dakhil ve diğerlerinin çalışması, katılımcıları depremden sonra ortalama 1,5 yıl boyunca takip etmiştir. Sonuçlar, evlerini tahliye eden grupta depremden önce ve sonra obezite (%31,8'e karşı %39,4), hipertansiyon (%54,2'ye karşı %60,2), dislipidemi (%41,2'ye karşı %53,9) ve diyabet (%10,2'ye karşı %11,9) prevalansı olduğunu gösterirken, tahliye etmeyen grupta sırasıyla %28,3'e karşı %30,3, %54,7'ye karşı %60,0, %42,6'ya karşı %49,4 ve %8,5'e karşı %9,9 prevalansı olduğunu göstermiştir. Depremlerin ardından her zaman hava kirliliği ortaya çıkmaktadır. Hava kirliliği, ateroskleroz, hipertansiyon, tromboembolizm, aritmiler, kalp yetmezliği ve inmeyi kapsayan kardiyovasküler hastalıklar için birincil çevresel risk unsuru olarak tanımlanmıştır (Dakhil vd., 2023). Bütün bu nedenlerden dolayı bireyler üzerindeki istenmeyen sonuçları azaltmak için stres, korku, endişe ve belirsizliğin gizli etkilerini değerlendirmek önemlidir.

EKG'den elde edilen bazı parametreler, "gerçek yaşam" ortamlarında arttığı gibi laboratuvar ortamında duygusal ve bilişsel stresle de artar. Lampert ve diğerleri koşu bandı egzersiz testi ile fiziksel stres, 3 basamaklı bir sayıdan 7'nin seri olarak çıkarılması gibi zihinsel stres oluşturup EKG sinyallerini değerlendirmişlerdir. Stresin atriyal ve ventriküler aritmileri tetikleyebileceğine dair bulgularına dayanarak, stresin vücut üzerindeki fizyolojik etkisini azaltmaya yönelik müdahaleler olabileceğini göstermiştir (Yoga) (Lampert, 2015). Mezzacappa ve diğerleri vagal aktivite ile refleksler ve kalp hastalığı riski arasındaki olası ilişkiyi incelemiştir. Zihinsel aritmetik görevleri yerine getiren deneklerin toparlanma kalp hızı, başlangıç kalp hızından daha düşük ve kalp periyodu değişkenliği başlangıç dönemine göre daha yüksek çıkmıştır. Sempatik aktivasyondan sonra, kardiyovasküler iyileşme artan vagal modülasyon ile ilişkilidir. Sonuçlar, vagal reflekslerin zayıflaması ile kardiyovasküler hastalık riski arasındaki ilişkiyi desteklemektedir (Mezzacappa vd., 2001).

2.1.4 Vagal Kontrol

Vagal tonda bir artış kalbi yavaşlatır ve kalp atış hızının değişkenliğini artırır; sonuç olarak kalp atışları arasında daha fazla atımdan atıma değişiklik olur (Şekil 3). Yüksek frekans (HF)-kalp hızı değişkenliği (HRV) kalp dalgalanmalarını 0,15-0,4 Hz solunum frekans aralığında ölçer ve parasempatik, özellikle de vagus siniri aktivitesinin güvenilir bir belirteci olarak kabul edilir (Engert vd., 2016). Yaşamı tehdit eden aritmilerin invazif olmayan bir belirteci olan HRV, kronik stres ve duygusal uyarılmanın da bir belirtecidir. HRV, kalp atışları arasındaki zaman aralığındaki dinamik değişimi gösterir ve kalp atış hızı değişkenliğini etkileyen sempatik aktivitenin bir endeksi olarak kullanılır; genel olarak, azalmış HRV aşırı sempatik aktiviteyi ve depresif vagal tonusu gösterir. Stres, kronik sempatik aktivasyona yol açarak HRV'yi etkileyebilir (Fioranelli vd., 2018). HRV, kortikal-subkortikal yolların aracılık ettiği 'yukarıdan aşağıya' değerlendirmelerin beyin sapı aktivitesini ve vücuttaki otonomik tepkileri ne kadar güçlü bir şekilde şekillendirdiğine dair bir endeks sağlayabilir. Zamansal, spektral ve geometrik alanlarda değerlendirilen parametreleri, kardiyovagal ve duygusal

düzenleme endekslerini temsil etmektedir (Parizek vd., 2023). Porges'e göre kardiyak vagal tonusun ölçümü, hem stresi hem de strese karşı hassasiyeti bireysel olarak değerlendirmek için bir yöntemdir. Sino-atriyal düğümün vagal kontrolünü değerlendirmek için kolay erişilebilir bir yöntem, solunum sinüs aritmisini ölçmektir. Solunum sinüs aritmisinin ölçümü, elektrokardiyogramdan kalp atışının tespit edilmesini (yani R dalgasının tepe noktasının tespit edilmesi) ve kalp atışları arasındaki sürenin (yani kalp periyotlarının) zamanlanmasını gerektirir. Kardiyak vagal ton endeksi zaman serisi prosedürleri kullanılarak çıkarılır. Bu prosedürler kalp hızından ziyade kalp periyodunun atımdan atıma ölçümlerini gerektirir. Bu noninvaziv yöntem, çeşitli tedavilerin stresli etkisinin değerlendirilmesine ve strese karşı hassasiyeti olan bireylerin belirlenmesine izin verir (Porges, 1995). HRV, stres ve parasempatik iyileşme, insanlarda sağlık, uzun ömürlülük ve canlılık ile yakından ilişkilidir. Bir çalışmada, Akupunktur Protokolüne uygulandığında farklı elektro-terapi frekanslarının çeşitli otonom sinir sistemi belirteçleri üzerindeki etkisini belirlemek için yapılmıştır. Otonom sinir sistemi ve merkezi sinir sisteminin kronik/akut ağrı döngüsündeki rolünü izole eden beş anahtar akupunktur kulak (oriküler) noktası bulunmaktadır. Değerlendirmeler, sempatik stres ; parasempatik vagal ton (yüksek frekans [HF]) ve kalp hızı değişkenliğini (HRV=toplam güç) yansıtan Elektro-Kardiyogram (EKG) temel belirteçleri aracılığıyla otonom sinir sistemi işlevinin gelişmiş bir durumunu gerektirmiştir. Otonom sinir sistemi yanıtı (2,5 Hz), toplanan belirteçlerin üçünde istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşmeyi yansıtmıştır: HRV %61 iyileşmiştir; sempatik stres %42 azalmıştır ve parasempatik vagal ton (HF) %56 artmıştır (Armstrong vd., 2020). Erken dönemdeki stresli olaylar duygusal ve fiziksel iyilik halini olumsuz etkiler. Daha iyi duygusal ve fiziksel esenlikle ilişkili olan kardiyak vagal tonus (CVT) genellikle erken çocukluk döneminde kademeli olarak artar. Bununla birlikte, çocukların CVT gelişimsel yörüngeleri büyük ölçüde değişkendir, öyle ki CVT yıllar boyunca artabilir veya azalabilir. Daha yüksek stresli olay deneyimi yıllar sonra daha kötü duygusal ve fiziksel esenlik oluşturur. Buna rağmen koruyucu faktörlerin belirlenmesi, erken dönemde stresli olaylar yaşamış çocuklara yönelik müdahale stratejilerinin tanınmasına ve şekillendirilmesine yardımcı olabilir. Çocuklarda görülen olumsuz sonuçları azaltmayı ve onları stresli durumlarla başa çıkmaya hazırlamayı amaçlayan uygulamaların duygusal ve fiziksel sağlığı ve refahı iyileştirebileceğine ve bunun toplumun geneli için daha geniş faydalar sağlayabileceğine dair kanıtlar giderek artmaktadır. Örneğin, kaygı sorunu olan çocuklarda olumlu etkileri olduğu gösterilen HRV biyolojik geri bildirim (biofeedback) gibi erken psiko-fizyolojik müdahaleler yoluyla CVT artırılabilir (Patron vd., 2021).

2.1.5 İşitsel Uyarı ve Biyo-geribildirim /Nöro-biyo-Geribildirim

Bazı çalışmalar, bozulan sağlık ve hastalığın Sempatik Sinir Sistemi (SNS) ve Parasempatik Sinir Sistemi (PNS)'nin antagonistik işlevini azalttığını ve sonuçta Otonom Sinir sisteminde (ANS) bir dengesizliğe neden olduğunu göstermektedir. Bu dengesizlik, ANS'deki değişikliklere hassas bir şekilde tepki veren kalbi olumsuz etkilediğinden, sonuçta aritmi ve kardiyovasküler mortalitenin artması gibi yaşam üzerinde ölümcül etkileri olabilir. Günümüzde bu riskleri önlemek ve tedavi etmek

için hastalar sinir sistemini elektrikle uyararak fonksiyonları aktive eden tıbbi cihazlar kullanmakta ve aşırı sinir sistemi aktivitesini önlemek için sinirler üzerinde bloke edici etkisi olan ilaçlar almaktadır (Kim vd., 2023). Yan etkiler, bağımlılık riski ve etkinlik eksikliği mevcut stres tedavilerinin sınırlılıklarıdır. Psikofarmakolojik tedavilerin etkili olmasına ve alternatif tıp yaklaşımlarının yaygın olarak kullanılmasına rağmen, yeni ve ek tedavilere ihtiyaç duyulmaktadır (Tegeler vd., 2023).

2.1.6 İşitsel Uyarı

İşitsel yoldan uyarı ile stresi azaltma denemeleri yapan birçok çalışma olmuştur. Bu çalışmalar Tablo 1’de özetlenmiştir. Çalışmalar, Sağlıklı veya belirli şikâyetleri olan kişiler üzerinde yapılmıştır (Tablo 1). Birçok çalışma müzik terapi uygularken, birkaçı hastanın kendi EEG dalgalarından oluşan bir sesi biofeedback için hastaya işitsel stimülasyon olarak vermişlerdir (Şekil 4). Dünya Müzik Terapisi Federasyonu, müzik terapisini, müziğin ve unsurlarının, yaşam kalitelerini optimize etmek ve psikolojik, sosyal, iletişimsel, duygusal ve zihinsel sağlıklarını ve refahlarını iyileştirmek için bir birey, grup, aile veya toplulukla sağlık bakımı, eğitim ve günlük yaşam müdahalelerinde profesyonel kullanımı olarak tanımlamaktadır (Parizek vd., 2023). Bazı çalışmalar müzik dinlemenin stres, kaygı ve uykuyu desteklemek için yararlı olduğunu göstermiştir (Liu vd., 2016). Liu ve diğerleri sağlıklı 28 genç üzerinde yüksek frekans bir sesle oluşturulmuş stresi, görsel ve/veya işitsel uyarı ile gidermeye çalışmışlardır. Çalışmada, uyarı olarak verilen doğal akan su sesinin daha kalıcı bir geri kazanım oluşturacağını görmüşlerdir (Liu vd., 2023). Parizek ve diğerlerinin amacı, sağlıklı gençlerde pasif müzik terapi frekanslarının belirli kardiyovagal endeksler ve kısa süreli kalp hızı değişkenliğinin karmaşıklığı üzerindeki etkisini incelemek olmuştur. 30 denek protokol (Temel Sessizlik, Müzik 1 (20-1000 Hz), Müzik 2 (250-2000 Hz), Müzik 3 (1000-16000 Hz)) sırasında incelenmiştir ve sonuç olarak yüksek frekanslı müziğin rahatlatıcı etkisini vurgulamışlardır (Parizek vd., 2023). Müzikal uygulamalar son yıllarda kronik ağrı tedavisi olarak önerilmektedir. Yaşları 18 ile 65 arasında değişen 37 ağrı hastası üzerinde bir çalışma yürütülmüştür. Kontrol grubuna normal bakım, müdahale grubuna ise normal bakıma ek olarak 7 gün boyunca yatmadan önce 30 dakika boyunca müzikal müdahale (8-150 Hz, 50-70 dB) uygulanmıştır. Görsel analog ağrı ölçeği ve kalp hızı değişkenliği, müzikal müdahaleden önce ve sonra fizyolojik endeksler olarak kullanılmıştır. Serebral korteksteki oksihemoglobin ve deoksihemoglobin konsantrasyonlarındaki değişiklikler fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi ile ölçülmüştür. Sonuçlar, müdahale grubundaki kronik ağrı hastalarının önemli ölçüde daha düşük görsel derecelendirme ölçeği puanlarının olduğu gösterilmiştir (Du vd., 2022). Nakajima vd., 12 sağlıklı genç kadına yüksek (>3,5kHz) ve düşük (<0,5Hz) frekansta müzik dinleterek, gürültü ile tetiklenen stresi gidermeye çalışmışlardır. Yüksek frekanslarda daha anlamlı bir sonuç elde edilmiştir (Nakajima vd., 2016). Müzik dinlemenin birçok klinik alanda terapötik bir etkiye sahip olabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Raglio ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, algoritmik müziğin kardiyak otonom sinir sistemi aktivitesi üzerindeki kısa vadeli etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Müzikal yaklaşımların nörofizyolojik ve nörokimyasal etkileri, kalp atış hızı, solunum hızı (RR) ve kalp atış hızı değişkenliği gibi kardiyorespiratuar parametreler üzerindeki etkiler de dahil olmak üzere birçok çalışma

tarafından desteklenmektedir. Tüm bu değerlendirmeler temelinde, çalışmanın sonuçlarına ilişkin yorumları, rahatlatıcı uyarının kardiyak vagal modülasyonu ve muhtemelen kardiyak vagal tonusu artırdığı, aktive edici uyarının ise tam tersi bir etkiye sahip olduğu veya hiç etkisi olmadığı yönündedir. Raglio ve Vico, müzikal uyarının standartlaştırılması, kültürel boyutun aşılması ve kişiye özel hale getirilmesi ve müziğin karmaşıklığının basitleştirilmesi gerektiğini öne sürmüştür (Raglio ve Vico, 2017). Adianto vd., 14 çalışmayı ele alıp, değişik müzik türlerini uyarı olarak verip, müziğe ve kişiye bağlı değişkenlik olduğunu savunmuştur (Adianto vd., 2022). Her müzik her kişiye hitap etmediği için, kişiye özel hale getirilmesi veya müzikal uyarının standartlaştırılması gerektiği için verilen işitsel uyarı üzerinde yeni çalışmalar gerekmektedir.

2.1.7 İşitsel Biyolojik Geri Bildirim

Nöropsikiyatrik anormallikleri belirlemek için beynin ritmik aktiviteleri incelenmektedir. Delta (1-4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-14 Hz), beta (14-30 Hz), ve gamma bantları (>30 Hz) bu aktiviteler arasındadır. Beyin salınım aktivitelerinden Gamma bandı aktivitesi (>30 Hz) duyuşsal ve bilişsel süreçlerle ilgilidir. Bu süreçler ile ilgili yapılan çalışmalarda beynin gama aktivitesinin incelenmesine olanak tanıyan nöromodülasyon teknikleri geliştirilmelidir (Mockevicius vd., 2024). Birkaç çalışmada, hastanın kendi EEG dalgalarından oluşan bir sesi, biofeedback oluşturmak için, hastaya işitsel stimülasyon olarak vermişlerdir. Tegeler ve diğerleri invazif olmayan kapalı devre allostatik akustik stimülasyonu uykusuzluk tedavisinde kullanmıştır. Uykusuzluk Şiddet Endeksi (ISI) skoru ≥ 8 olan yetişkinler, beyin dalgalarıyla bağlantılı tonlarla akustik stimülasyon seansları almıştır. Uyku kalitesinde ve bazı otonomik fonksiyon ölçümlerinde önemli iyileşmeler gösterilmiştir (Tegeler vd., 2023). Askeriye ile ilişkili travma sonrası stresten muzdarip bir kohortta, kendi bildirdiği uykusuzluk, travma sonrası stres, depresyon, anksiyete semptomlarında azalma ve otonomik kardiyovasküler düzenlemede iyileşmenin yanı sıra tüm beyin dinlenme durumu, MRI ağ bağlantısında önemli değişiklikler gösterilmiştir. Lee ve diğerleri, uygulama grubundaki katılımcılar için, 0,5 Hz ila 48,5 Hz aralığında belirli frekansları gerçek zamanlı olarak duyulabilir bir sese çevirmiştir ve uygulamıştır (Lee vd., 2019). Guannan ve diğerleri uyku EEG sinyallerini kaydetmek ve akustik tonları yavaş dalga aktivitesiyle senkronize etmek için yeni bir taşınabilir EEG cihazı kullanmıştır. Uygulama, teta ve alfa aktivitesini artırmıştır (Guannan vd., 2023). Dikkat spektrumu bozuklukları, hafif bilişsel bozukluk, demans ve travmatik beyin hasarı, EEG'nin yüksek frekanslarına kıyasla düşük frekanslarla (yani delta ve/veya teta) ilişkilendirilmiştir (Gerdes vd., 2013). İşitsel stimülasyonun beyin dalgası modellerini değiştirdiği ve elektroensefalografide (EEG) delta modellerini artırabildiği görülmüştür. Zabrecky ve diğerleri, yaklaşımında EEG kalıplarından geliştirilen müzik kullanılmış ve uykusuzluk çeken hastalarda uyku düzeninde önemli iyileşmeler görülmüştür (Zabrecky vd., 2020).

Son yıllarda, ruh sağlığı ve otonomik işlevle ilgili sinir devrelerini etkilemek için kapalı devre teknolojiler üzerinde çalışılmaktadır (Lo ve Widge, 2017). Gerçek zamanlı izleme ve kalibre edilmiş müdahalenin tekrarlanan döngüleri sayesinde, kapalı devre nöroteknolojiler bir bireyin benzersiz ve

değişen beyin aktivitesi modellerini değerlendirme ve dinamik terapötik (Biofeedback) ayarlamalar yapma potansiyeline sahiptir (Tegeler vd., 2023). Gouda ve Andrysek çalışmalarında Temporal Yürüyüş Asimetrisi (TGA) rehabilitesi için Ritmik İşitsel Uyarım (RAS) tekniğini araştırmışlardır. TGA gibi alt ekstremitte hareketlerinde zorluk yaşayan bireyler için giyilebilir Ritmik İşitsel Uyarım (RAS) tabanlı bir Biofeedback sistemi tasarlamışlardır. Sürekli açık döngü, Değişken açık döngü, Değişken kapalı döngü stratejilerini kullanarak Temporal Yürüyüş Asimetrisi için kapalı ve açık döngü yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Sonuçta kapalı döngü RAS sisteminin açık döngüye kıyasla temporal simetrideki değişikliklere daha başarılı adapte olduğuna ulaşmışlardır. Çalışma yürüyüş bozuklukları gibi alt ekstremitte rahatsızlıklarının düzeltilmesi için RAS ile Biofeedback sisteminin umut vaat ettiğini göstermektedir (Gouda ve Andrysek, 2024).

Kalp hızı değişkenliği biofeedback (HRVB), hastaların vagal sinirin düzensiz bir fizyolojik işlevini kendi kendilerine düzenlemeyi öğrendikleri bir tedavidir. Son yıllarda, kalp atış hızı değişkenliği biofeedback'in (HRVB) çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde ve performans artırmada kullanılmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Lehrer ve Gevirtz, bir çalışmada HRVB'nin etkinliği için olası mekanizmaları özetlemeye çalışmıştır (Lehrer ve Gevirtz, 2014). Blase ve diğerlerinin amacı, HRV-Biofeedback'in anksiyete, depresyon ve stresle ilişkili bozuklukların tedavisindeki etkinliğinin sistematik bir incelemesini sunmak olmuştur. Depresyon çalışmalarında, Beck Depresyon Envanteri ölçeğinde ortalama azalma %64 olmuştur. Diğer sistematik incelemelerde, HRV-Biofeedback'in astım, koroner kalp hastalığı, uyku bozuklukları, doğum sonrası depresyon, stres ve anksiyete tedavisinde önemli etkileri olduğu gösterilmiştir (Blase vd., 2021). Coulter ve arkadaşları çalışmalarında Otizm spektrum bozukluğu (ASD) olan kişilerin yüksek stres seviyeleriyle mücadelesinde HRV biofeedback tekniğinin kullanılmasını araştırmışlardır. Literatürde bu alanda yapılan çalışmaları incelemişlerdir. Mevcut araştırmalar doğrultusunda Otizm spektrum bozukluğu (ASD) olan kişilerde HRV biofeedback tekniği ile birlikte yüksek kaygı seviyesini yönetebildikleri sonucuna varılmıştır (Coulter vd., 2024).

Kim ve diğerleri çalışmalarında, dinamik hareketten kaynaklanan otonom sinir sistemi dengesizliğini önlemeyi amaçlamıştır. Ortalama kalp atış hızı rezonansını (aHRSR) bir ses uyarısı olarak uygulamışlar ve ANS stabilitesini ve homeostazını iyileştirmedeki rolünü açıklamışlardır. aHRSR'nin ANS üzerindeki etkisi, 22 katılımcıdan alınan fotopletismogram (PPG) verileri kullanılarak kalp hızı değişkenliğinin zaman ve frekans alanı aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu sonuçlar, aHRSR'nin dinamik hareket sırasında meydana gelen fizyolojik hareketlere yardımcı olarak kardiyovasküler sistemi etkileyebileceğini göstermektedir ($p<0.05$) (Kim vd., 2023).

2.1.8 Biyolojik Belirteçler

Kalp hızı değişkenliği, otonomik düzenlemede sempatik ve parasempatik etkilerin göreceli katkısını gösterir. Bu nedenle HRV, stresin kardiyovasküler sistem üzerindeki olumsuz etkileri için ilgili bir biyolojik belirteç olabilir. Buna ek olarak, araştırmalar HRV'deki iyileşmelerin stres terapisine

verilen yanıtın bir göstergesi olabileceğini öne sürmektedir (Tegeler vd., 2023). HRV kullanılarak yapılan ANS analizi iki alana ayrılır: zaman alanı ve frekans alanı. Zaman alanı analizi, kalp atışları arasındaki aralık farklarından hesaplanan istatistikler olan RR aralıklarının standart sapmasını (SDNN) ve sürekli NN aralık farklarının kök ortalama karesini (RMSSD) içerir. Frekans alanı analizi, hızlı Fourier dönüşümü kullanarak bir kalp atışının farklı frekanslardaki periyodik salınım bilgilerini hesaplar. Genel olarak, (0,05-0,15) Hz'lik bir düşük frekans (LF) bandına ve (0,15-0,4) Hz'lik bir yüksek frekans (HF) bandına ayrılır. SDNN ve LF, ANS aktivitesiyle ilgili olduğundan, SNS ve PNS'deki değişikliklere göre modüle edilirken, RMSSD ve HF, yalnızca PNS'e ait olan vagus sinirinin aktivitesiyle ilgilidir (Kim vd., 2023; Laborde vd., 2017).

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Büyük bir deprem yaşayan insanlar kendilerini genellikle değişken bir durumda bulurlar. Bu durum kayıplara, düzensizliğe ve başka bir deprem korkusuna yol açabilir. Böyle bir travma yaşamış olan gençlerde stresle ilişkili bozukluklar gelişebilir. Bu stres her zaman fark edilmeyebilir ve zaman içinde belirginleşebilir (Scott ve Weems, 2014). Bireyler üzerindeki istenmeyen sonuçları azaltmak için stres, korku, endişe ve belirsizliğin gizli etkilerini değerlendirmek önemlidir. Otonom sinir sistemindeki bir aksaklık bu etkileri olumsuz yönde değiştirir. Olumsuz sonuçları azaltmayı ve gençleri stresli durumlarla başa çıkmaya hazırlamayı amaçlayan çalışmalar artmaktadır (Patron vd., 2021). Sonuçlar, vagal reflekslerin zayıflaması ile kardiyovasküler hastalık riski arasında bir bağlantı olduğunu doğrulamaktadır.

Mevcut stres tedavilerinin sınırlılıkları arasında yan etkiler, bağımlılık riski, zaman kısıtlamaları ve etki eksikliği yer almaktadır. Bilişsel terapi ve psikofarmakolojik tedaviler etkili olsa da ve tamamlayıcı ve alternatif tıp yaklaşımları yaygın olarak kullanılsa da, yeni ve ek tedavilere ihtiyaç vardır. Bu bağlamda gelecekte tarama ve tedavide çözümler aramak için çalışmalar yapılmalıdır.

İşitsel yoldan uyarı ile stresi azaltma denemeleri yapan birçok çalışma olmuştur (Tablo 1). Müzik dinlemenin birçok klinik alanda terapötik bir etkiye sahip olabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Liu vd., 2016; Nakajima vd., 2016). Her müzik her kişiye hitap etmediği için, kişiye özel hale getirilmesi veya müzikal uyarının standartlaştırılması gerektiği için verilen işitsel uyarı üzerinde yeni çalışmalar gerekmektedir. EEG sinyalleri ile ilişkili düşük frekanstaki seslerin uykusuzluğa iyi geldiği literatürde mevcuttur (Gerdes vd., 2013; Guannan vd., 2023; Tegeler vd., 2023). Bu tür seslerin travma sonrası streslere de iyi geldiği görülmüştür (Lee vd., 2019). Ama bu çalışmalarda yeniden bir stres oluşturulup nöro-kardiyak eksene bakılmamıştır. Delta dalgalarının frekansına yakın (<3Hz) işitsel stimülasyonlar, stres ve kaygı tedavisinde kullanılabilir. Kalp atış frekansına yakın frekanslarda (yaklaşık 1-3 Hz) mekanik, vibroakustik veya elektrik/manyetik stimüli darbeleri bir şekilde organizmaya veya hücrelere uygulanıp olumlu sonuçlar elde edilmiştir, bu da bir rezonansın olabileceğini göstermiştir.

Allostatik mekanizmalar aracılığıyla vücudumuz homeostatik dengeyi korumak için ayarlamalar yapar. Bununla birlikte, strese maruz kalma aşırı hale geldiğinde, bu sistemlerin başarısız olmasına veya düzensizleşmesine yol açar (Suvarna vd., 2020). Tüm bu durumlar otonomik sinir sistemindeki dengesizlikle ilişkili olduğu söylenebilir (Nagai vd., 2022). Nörokardiyak eksen, psiko-duygusal stres faktörlerini kardiyak olaylara bağlayan fizyolojik bir açıklama sağlamaktadır (Fioranelli vd., 2018). Nöro-kardiyak ekseninde biofeedback, bireyin fizyolojik ritmi ile senkronizasyona ve rezonansa neden olabilir. Yeni çalışmalar, biofeedback oluşturmakla otonom sinir sistemini stabilize etmeyi amaçlamıştır. Bazı çalışmalar, biofeedback ile uykusuzluk, doğum sonrası depresyon, stres ve anksiyete rahatsızlıklarında iyileşme görülmüştür (Blase vd., 2021; Gerdes vd., 2013; Lee vd., 2019; Tegeler vd., 2023). HRV, LF, HF, LF/HF, SDNN ve RMSSD biyolojik belirteçler kullanılarak kişilerde farkındalık ve iyileşme olduğu izlenebilir. Bu derleme, çeşitli hastalar veya felakete maruz kalan kişiler üzerinde, çeşitli veri tipleriyle ve çeşitli uyarı tipleriyle incelemeler yapılması için bir ön çalışmadır. Travma, stres ve biyo-geribildirim arasındaki ilişkiyi özgün bir şekilde ortaya koyan bu çalışma literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışma TÜBİTAK (124S102) tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı: Bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Adiasto, K., Beckers, D., G., J., van Hooff, M., L., M., Roelofs, K. ve Geurts, S., A., E. (2022). Music listening and stress recovery in healthy individuals: A systematic review with meta-analysis of experimental studies. *PLoS One*, 17(6), e0270031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270031>
- AdInstruments. (2023). *Lt: Blood Pressure*. <https://www.adinstruments.com/lt> adresinden, 02 Mart 2026 tarihinde erişilmiştir.
- AĞAR, E. (2021). *İnsan fizyolojisi*. İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Armstrong, K., Gokal, R. ve Todorsky, W. (2020). Neuromodulating influence of two electroacupuncture treatments on heart rate variability, stress, and vagal activity. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 26(10), 928-936. <https://doi.org/10.1089/acm.2019.0267>
- Blase, K., Vermetten, E., Lehrer, P. ve Gevirtz, R. (2021). Neurophysiological approach by self-control of your stress-related autonomic nervous system with depression, stress and anxiety patients. *Int J Environ Res Public Health*, 18(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph18073329>
- Coulter, H., Donnelly, M., Yakkundi, A., McAnaney, H., Barr, O. ve Kernohan, W. (2024). Heart rate variability biofeedback to reduce anxiety in autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychiatry*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1409173>
- Dakhil, Z., A., Farhan, H., A., Faraz, F., Skuk, M., R., Al-Jorani, M., S., Rehman, M., E., U. ve Öz, T., K. (2023). Impact of earthquake on cardiovascular health: What should cardiovascular healthcare providers anticipate after the devastating earthquakes in Turkey and Syria? *Current Problems in Cardiology*, 48(9). <https://doi.org/10.1016/j.cpcardi.2023.101800>
- Du, J., Shi, P., Fang, F. ve Yu, H. (2022). Effect of music intervention on subjective scores, heart rate variability, and prefrontal hemodynamics in patients with chronic pain. *Front Hum Neurosci*, 16, 1057290. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.1057290>
- Engert, V., Koester, A., M., Riepenhausen, A. ve Singer, T. (2016). Boosting recovery rather than buffering reactivity: Higher stress-induced oxytocin secretion is associated with increased cortisol reactivity and faster vagal recovery after acute psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology*, 74, 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.08.029>
- Fioranelli, M., Bottaccioli, A., G., Bottaccioli, F., Bianchi, M., Rovesti, M. ve Rocchia, M., G. (2018). Stress and inflammation in coronary artery disease: A review psychoneuroendocrineimmunology-based. *Front Immunol*, 9, 2031. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.02031>
- Gerdes, L., Gerdes, P., Lee, S., W. ve Tegeler, C., H. (2013). HIRREM™: A noninvasive, allostatic methodology for relaxation and auto-calibration of neural oscillations. *Brain and Behavior*, 3(2), 193-205. <https://doi.org/10.1002/brb3.116>
- Gouda, A., Andrysek, J. (2024). The development of a wearable biofeedback system to elicit temporal gait asymmetry using rhythmic auditory stimulation and an assessment of immediate effects. *Sensors (Basel)*, 24(2). <https://doi.org/10.3390/s24020400>
- Kim, D., Kim, N., Lee, Y., Kim, S. ve Kwon, J. (2023). Sound stimulation using the individual's heart rate to improve the stability and homeostasis of the autonomic nervous system. *Physiol Rep*, 11(18), e15816. <https://doi.org/10.14814/phy2.15816>
- Kobari, E., Tanaka, K., Nagao, M., Okazaki, K., Hayashi, F., Kazama, S., Ohira, T., Yasumura, S., Shimabukuro, M., Maeda, M., Sakai, A., Yabe, H., Hosoya, M., Takahashi, A., Harigane, M., Ohto, H., Kamiya, K. ve Kazama, J., J. (2022). Impact of lifestyle and psychosocial factors on the onset of hypertension after the Great East Japan earthquake: A 7-year follow-up of the Fukushima Health Management Survey. *Hypertens Res*, 45(10), 1609-1621. <https://doi.org/10.1038/s41440-022-00968-3>
- Laborde, S., Mosley, E. ve Thayer, J., F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Lampert, R. (2015). ECG signatures of psychological stress. *J Electrocardiol*, 48(6), 1000-1005. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2015.08.005>

- Lee, S., Laurienti, P., J., Burdette, J., H., Tegeler, C., L., Morgan, A., R., Simpson, S., L., Gerdes, L. ve Tegeler, C., H. (2019). Functional brain network changes following use of an allostatic, closed-loop, acoustic stimulation neurotechnology for military-related traumatic stress. *J Neuroimaging*, 29(1), 70-78. <https://doi.org/10.1111/jon.12571>
- Lehrer, P., M. ve Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756>
- Liu, G., Zou, J., Qiao, M., Zhu, H., Yang, Y., Guan, H. ve Hu, S. (2023). Stress recovery at home: Effects of the indoor visual and auditory stimuli in buildings. *Building and Environment*, 244(110752),10. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110752>
- Liu, Y., H., Lee, C., S., Yu, C., H. ve Chen, C., H. (2016). Effects of music listening on stress, anxiety, and sleep quality for sleep-disturbed pregnant women. *Women Health*, 56(3), 296-311. <https://doi.org/10.1080/03630242.2015.1088116>
- Lo, M., C. ve Widge, A., S. (2017). Closed-loop neuromodulation systems: Next-generation treatments for psychiatric illness. *Int Rev Psychiatry*, 29(2), 191-204. <https://doi.org/10.1080/09540261.2017.1282438>
- Mezzacappa, E., S., Kelsey, R., M., Katkin, E., S. ve Sloan, R., P. (2001). Vagal rebound and recovery from psychological stress. *Psychosom Med*, 63(4), 650-657. <https://doi.org/10.1097/00006842-200107000-00018>
- Mockevicius, A., Voicikas, A., Jurkuvenas, V., Tarailis, P., Griskova-Bulanova, I. (2024). Individualized EEG-based neurofeedback targeting auditory steady-state responses: A proof-of-concept study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 50, 687–696. <https://doi.org/10.1007/s10484-024-09662-1>
- Nagai, M., Kato, M. ve Dote, K. (2022). Psychological distress-pathophysiology of newly developed hypertension after the Great East Japan Earthquake. *Hypertens Res*, 45(10), 1664-1666. <https://doi.org/10.1038/s41440-022-00989-y>
- Nakajima, Y., Tanaka, N., Mima, T. ve Izumi, S., I. (2016). Stress recovery effects of high- and low-frequency amplified music on heart rate variability. *Behav Neurol*, 2016, 8. <https://doi.org/10.1155/2016/5965894>
- Parizek, D., Visnovcova, N., Hamza Sladicekova, K., Veternik, M., Jakus, J., Jakusova, J., Visnovcova, Z., Ferencova, N. ve Tonhajzerova, I. (2023). Effect of selected music soundtracks on cardiac vagal control and complexity assessed by heart rate variability. *Physiol Res*, 72(5), 587-596. <https://doi.org/10.33549/physiolres.935114>
- Patron, E., Calcagni, A., Thayer, J., F. ve Scrimin, S. (2021). The longitudinal negative impact of early stressful events on emotional and physical well-being: The buffering role of cardiac vagal development. *Dev Psychobiol*, 63(5), 1146-1155. <https://doi.org/10.1002/dev.22066>
- Porges, S., W. (1995). Cardiac vagal tone - a physiological index of stress. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 19(2), 225-233. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)00066-a](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)00066-a)
- Raglio, A. ve Vico, F. (2017). Music and technology: The curative algorithm. *Frontiers in Psychology*, 8, 2055. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02055>
- Scott, B., G. ve Weems, C., F. (2014). Resting vagal tone and vagal response to stress: Associations with anxiety, aggression, and perceived anxiety control among youths. *Psychophysiology*, 51(8), 718-727. <https://doi.org/10.1111/psyp.12218>
- Suvarna, B., Suvarna, A., Phillips, R., Juster, R., P., McDermott, B. ve Sarnyai, Z. (2020). Health risk behaviours and allostatic load: A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev*, 108, 694-711. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.12.020>
- Tegeler, C., L., Munger Clary, H., Shaltout, H., A., Simpson, S., L., Gerdes, L. ve Tegeler, C., H. (2023). Cereset research standard operating procedures for insomnia: A randomized, controlled clinical trial. *Glob Adv Integr Med Health*, 12, 1-14. <https://doi.org/10.1177/27536130221147475>
- Weems, C., F. (2015). Biological correlates of child and adolescent responses to disaster exposure: A bio-ecological model. *Curr Psychiatry Rep*, 17(7), 51. <https://doi.org/10.1007/s11920-015-0588-7>
- WHO. (2023). *Türkiye earthquake: External situation report no.7: 3–16 April 2023*. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/e66d8f43-3319-40ea-a575-15c77c4c6224/content> adresinden, 27 Şubat 2026 tarihinde erişilmiştir.

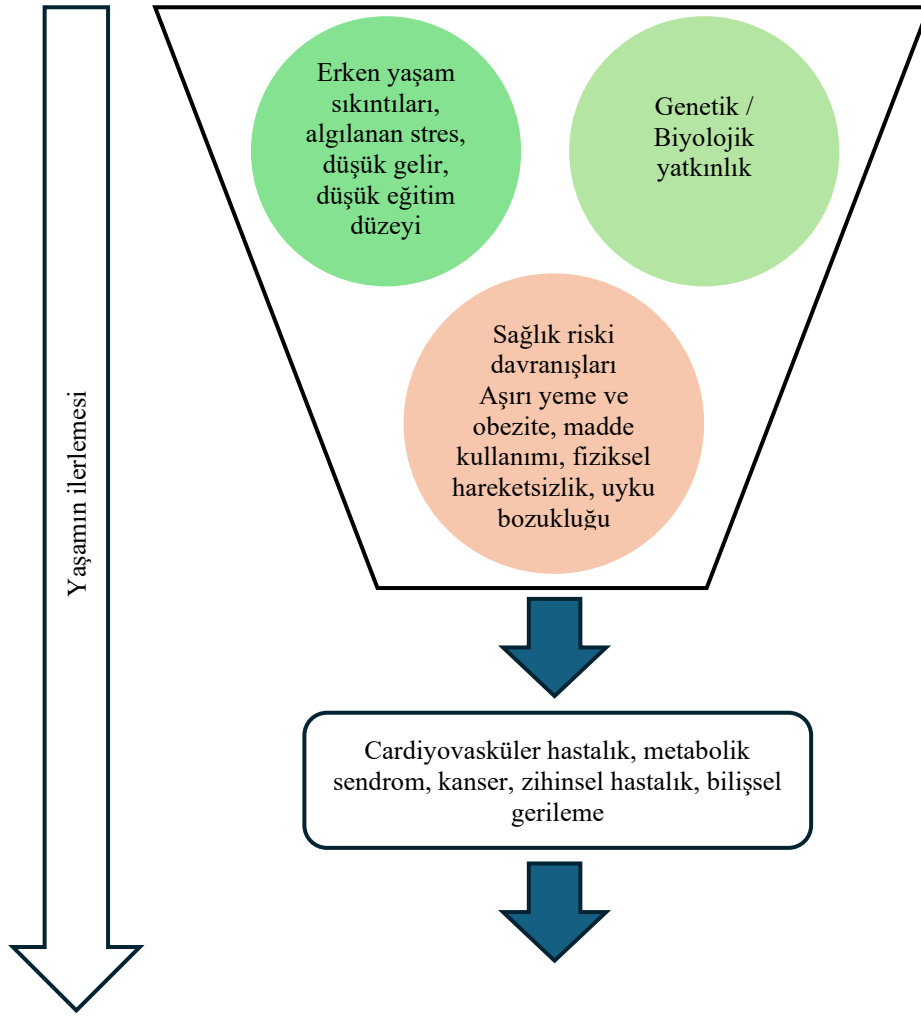
- Xi, G., Zheng, X., Gao, A., Huang, S., Lei, H., Ding, J., Zhang, Q. ve Jiang, J. (2023). Phase-locked auditory pulse stimulation at home enhancing slow sleep waves: A pilot real-world study. *medRxiv*, 2023.2007.2002.23292083. <https://doi.org/10.1101/2023.07.02.23292083>
- Zabrecky, G., Shahrampour, S., Whitely, C., Alizadeh, M., Conklin, C., Wintering, N., Doghramji, K., Zhan, T., Mohamed, F., Newberg, A. ve Monti, D. (2020). An fMRI Study of the effects of vibroacoustic stimulation on functional connectivity in patients with insomnia. *Sleep Disord*, 2020, 9. <https://doi.org/10.1155/2020/7846914>

EKLER

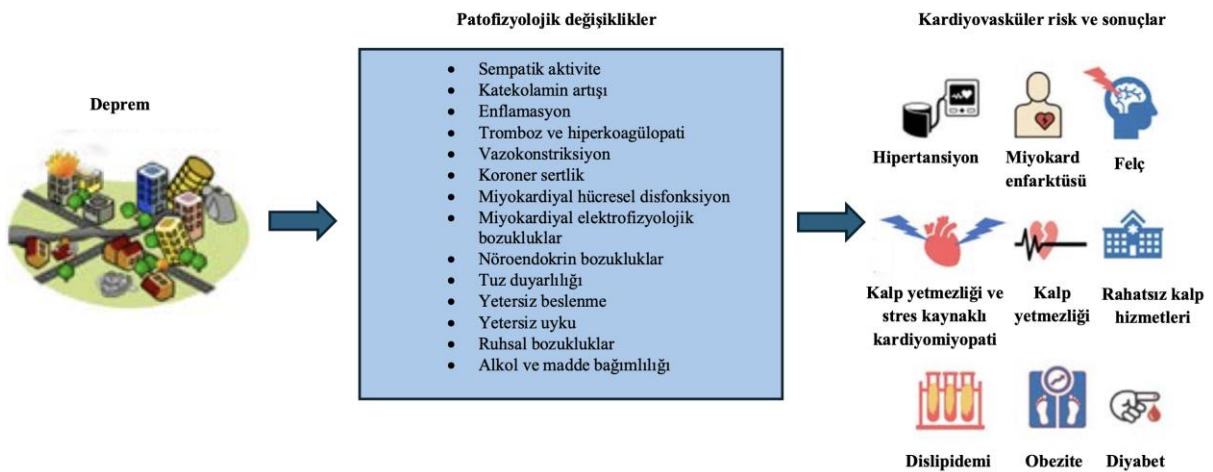
Tablo 1. İşitsel yoldan müzik/beyin osilasyonlarının duyulması ve bulguları.

Atf	Durum	Uyarı	Frekans	Denek	Öçülen biyolojik sinyaller	Uygulanan Stres tipi	Bio-Feedback	Bulgular
(Nakajima vd., 2016)	Sağlıklı	Müzik : Yüksek ve düşük frekans	>3,5 kHz	12 genç Kadın	LF/HF HFnu	Gürültü	Hayır	Yüksek frekanslarda geri kazanım
(Adiasto vd., 2022)	Sağlıklı	Değişik Müzik türleri	-	14 çalışma (706 kişi)	-	-	Hayır	Müziğe ve kişiye bağlı değişkenlik: sonuç yok
(Liu vd., 2023)	Sağlıklı	Görsel ve işitsel (doğal akan su sesi)	400-500 Hz	28 genç	HRV LF/HF	Yüksek frekans gürültü	Hayır	İşitsel uyarı ile kalıcı geri kazanım
(Tegeles vd., 2023)	Uykusuzluk	EEG dalgalarından ses	0,5-48,5Hz	22 kişi	Ardışık farkın ortalama karekökü EEG BP, HR, HRV,	-	Evet	Uyku Düzenliliği
(Liu vd., 2016)	Uykusuzluk Stres Kaygı	Müzik türleri: Ninni, klasik müzik ve kristal bebek müziği	-	121 hamile kadın	Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)	-	Hayır	Uyku kalitesi, stres ve anksiyetede iyileşme
(Raglio ve Vico, 2017)	Ameliyat öncesi anksiyete, stres, ağrı	Müzik	-	-	-	-	Hayır	Müziğin karmaşıklığının basitleştirilmesi, müzikal uyarının standartlaştırılması, kültürel boyutun aşılması ve kişiye özel hale getirilmesi

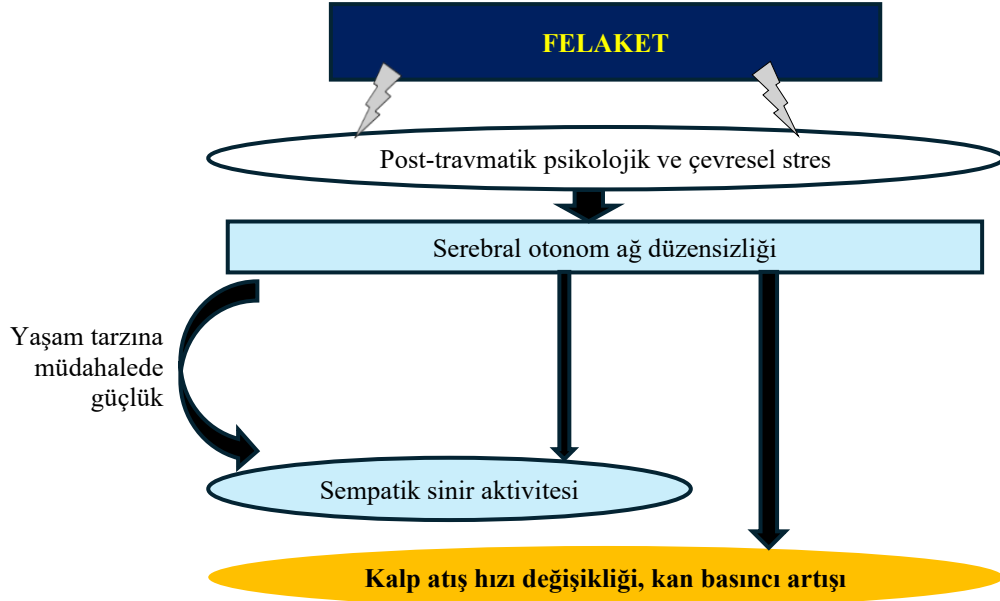
Atf	Durum	Uyarı	Frekans	Denek	Öçülen biyolojik sinyaller	Uygulanan Stres tipi	Bio-Feedback	Bulgular
(Lee vd., 2019)	Travma sonrası stres bozukluğu (Askeriye) Sağlıklı	EEG dalgalarından ses	0,5-48,5Hz	18 kişi	EEG, MRI, HRV, Sürekli BP	-	Evet	Düzelme
(Guannan vd., 2023)	Sağlıklı	EEG ile senkron ses	0,5-35 Hz	6 kişi	EEG	-	Evet	Derin uyku için olumlu
(Parizek vd., 2023)	Sağlıklı	Müzik	0,02-1kHz 0,25-2kHz	30 Genç	HRV	-	Hayır	Yüksek frekanslı müziğin rahatlatıcı etkisi
(Du vd., 2022)	Kronik ağrı	Müzik	1-16 kHz 8-150 Hz	37 Ağrı hastası	HRV fNIRS	-	Hayır	Düşük görsel değerlendirme ölçeği puanları
(Gerdes vd., 2013)	Uykusuzluk	EEG dalgalarından ses	Delta, Teta Alpha, Beta, Gamma	19 kişi	EEG	-	Evet	Uyku Düzenliliği
(Zabrecky vd., 2020)	Uykusuzluk	Vibroakustik	Delta <3 Hz	30 kişi	fMRI	-	Hayır	Uykuyu iyileştirir, beynin işlevsel bağlantısını değiştirir.
(Blase vd., 2021)	Uykusuzluk, doğum sonrası depresyon, stres ve anksiyete	Özdenetim	-	-	HRV- Biofeedback	-	Evet	İyileşme
(Kim vd., 2023)	Sağlıklı	Ortalama kalp atış hızı rezonansı	Metronom (100-120 atım/dk.)	22 kişi	Fotoplektismogram HRV	Dinamik hareket	Evet	Kardiyovasküler sistemi etkileyebilir.



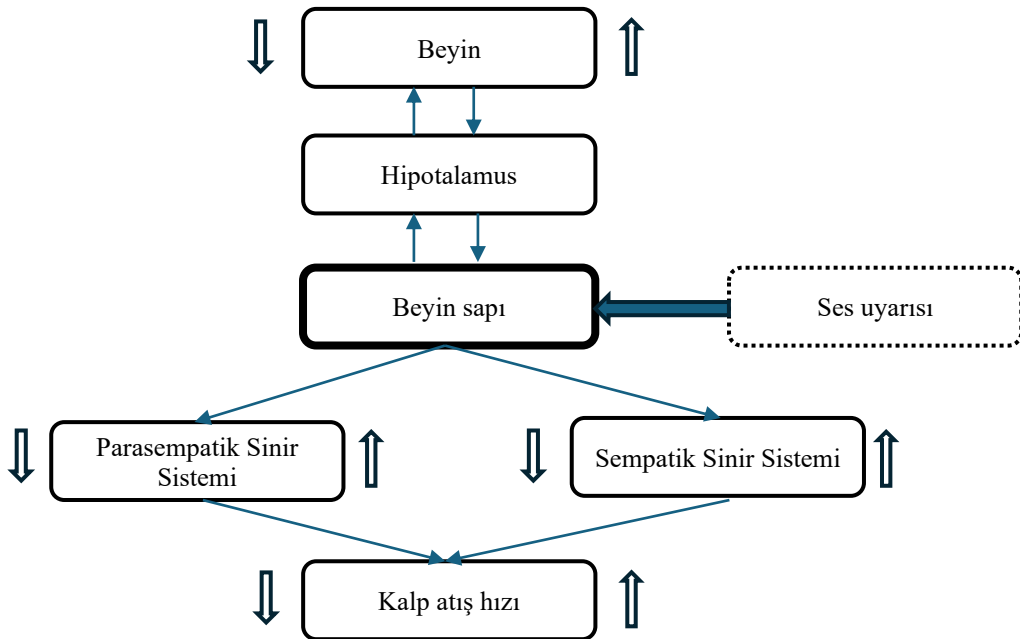
Şekil 1. Sağlık ve allostatik yükü birbirine bağlayan yollar (Suvarna vd., 2020).



Şekil 2. Depremlerin kardiyovasküler sağlık üzerindeki etkisi (Dakhil et al. çalışmasından uyarlanmıştır) (Dakhil vd., 2023).



Şekil 3. Deprem, savaş gibi felaketler ve kalp fonksiyon bozukluğu arasındaki ilişkiye dair olası bir yol (Nagai vd., 2022).



Şekil 4. Otonom sinir sistemi entegrasyon modelinin basitleştirilmiş gösterimi ve ses stimülasyonunun yeri (Kim vd., 2023)