

IDUHeS, 2025; 8(1): 25-37

Doi: 10.52538/duhes.1587695

Derleme Makalesi – Review Paper

HEMODİYALİZE BAĞLI GELİŞEN KARDİYOVASKÜLER DİSFONKSİYONA
YÖNELİK EGZERSİZ YAKLAŞIMLARIEXERCISE APPROACHES FOR CARDIOVASCULAR DYSFUNCTION DUE TO
HEMODIALYSISCansu ÖZDEMİR ¹, Gülşah BARÇI ²

Özet

Hemodiyaliz, böbrek fonksiyonlarının yetersiz olduğu durumlarda, kanın yapay bir böbrek cihazı aracılığıyla temizlenmesini sağlayan bir tedavi yöntemidir. Hemodiyaliz kronik böbrek yetmezliği yaşayan hastalar için hayat kurtarıcı bir tedavi yöntemi olmasına rağmen, beraberinde kardiyovasküler disfonksiyon gibi sağlık sorunlarını da getirebilmektedir. Bu derlemede hemodiyalize bağlı olarak ortaya çıkan kardiyak disfonksiyon ve bu duruma yönelik uygulanan egzersiz yaklaşımlarını incelemeyi amaçladık. Eylül ve Kasım 2024 tarihleri arasında “böbrek diyalizi, böbrek yetmezliği, egzersiz, kalp ve damar hastalıkları, rehabilitasyon” anahtar kelimeleri kullanılarak PubMed, Google Akademik ve Scopus üzerinden elektronik veri tabanları tarandı. 2014-2024 yılları arasında toplamda 28 makaleye ulaşıldı ve 13 makale dahil edildi. Hemodiyaliz sırasında gelişen kardiyovasküler disfonksiyon, genellikle sıvı dengesizliği, elektrolit değişiklikleri ve oksidatif stres gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu komplikasyonlar hastalarda kalp yetmezliği, aritmi ve koroner arter hastalığı gibi ciddi durumlara yol açarak yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu problemlerin yönetimi kapsamında çeşitli egzersiz yaklaşımları uygulanmaktadır. Bu egzersiz programları içerisinde aerobik egzersizler, ev egzersizleri ve dirençli egzersiz eğitimleri yer almaktadır. Literatürdeki çalışmalar, hemodiyalize giren bireylerde özellikle aerobik egzersizlerin kardiyovasküler komplikasyonları azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Egzersiz eğitimi sonrasında kalp atım hızı regüle olur, kan akışı iyileşir ve kardiyovasküler endurans artar. Böylece bu bireylerde kardiyovasküler disfonksiyon gelişme riski azalabilmektedir. Ayrıca, bireylerde elektrolit dengesizlikleri kontrol altına alınabilir, hipertansiyon yönetimi ve insülin duyarlılığı artar. Dolayısıyla bireylerin glisemik kontrolünün sağlanmasına da katkı sağlanabilir. Sonuç olarak, hemodiyaliz alınan günler dışında ve hemodiyaliz sırasında uygulanan egzersiz eğitimleri güvenlidir ve kardiyovasküler disfonksiyonun önlenmesinde faydalıdır. Bu nedenle hemodiyalize bağlanan bireylerin tedavisine düzenli uygulanan egzersiz programlarının entegrasyonu ile sağlıklarını desteklemek ve yaşam kalitelerini artırmak mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Böbrek diyalizi, Böbrek yetmezliği, Egzersiz, Kalp ve damar hastalıkları, Rehabilitasyon.

Abstract

Hemodialysis is a treatment method that cleans blood through an artificial kidney device where kidney function is insufficient. Although hemodialysis is a life-saving treatment method for patients with chronic renal failure, it can also cause health problems such as cardiovascular dysfunction. In this review, we aimed to examine cardiac dysfunction resulting from hemodialysis and exercise approaches applied for this condition. Between September and November 2024, electronic databases were scanned through PubMed, Google Scholar and Scopus using the keywords “cardiovascular diseases, exercise, rehabilitation, renal dialysis, renal insufficiency”. A total of 28 articles were reached between 2014-2024 and 13 articles were included. Cardiovascular dysfunction developing during hemodialysis is usually caused by factors such as fluid imbalance, electrolyte changes and oxidative stress. These complications afflict the quality of life of these patients by causing serious conditions such as heart failure, arrhythmia and coronary artery disease. Various exercise approaches are applied in management of these problems. These exercise programs include aerobic exercises, home exercises and resistance training. Studies in literature show that aerobic exercises are particularly effective in reducing cardiovascular complications in individuals undergoing hemodialysis. After exercise training, heart rate is regulated, blood flow improves, and cardiovascular endurance increases. Thus, the risk of developing cardiovascular dysfunction may be reduced in these individuals. In addition, electrolyte imbalances can be controlled, hypertension management and insulin sensitivity can be improved in individuals. Therefore, it may also contribute to glycemic control of individuals. In conclusion, exercise trainings applied outside of hemodialysis days and during hemodialysis are safe and beneficial in preventing cardiovascular dysfunction. Therefore, it is possible to support the health and improve their quality of life in individuals connected to hemodialysis by integrating regular exercise programs into their treatment.

Keywords: Cardiovascular diseases, exercise, rehabilitation, renal dialysis, renal insufficiency.

Geliş Tarihi (Received Date): 19.11.2024, Kabul Tarihi (Accepted Date): 12.04.2025, Basım Tarihi (Published Date): 30.05.2025. ¹ Avrasya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ergoterapi Bölümü, Trabzon Türkiye, ²İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İzmir, Türkiye. **E-mail:** cansu.ozdemir@avrasya.edu.tr **ORCID ID's:** C.Ö.; <https://orcid.org/0009-0000-8908-5941>, G.B.; <https://orcid.org/0000-0002-5243-3997>

1. GİRİŞ

Hemodiyaliz, metabolik atıklar veya toksik maddelerin yarı geçirgen bir zar tarafından süzülerek vücuttan uzaklaştırıldığı bir yöntemdir (Yang ve He, 2019, ss. 1-253). Bu yöntem, çözünen maddelerin diyaliz zarı boyunca pasif hareketi olan difüzyon ilkesine dayanmaktadır (Shahgholian ve ark., 2011, ss. 212-216). Türkiye’de hemodiyaliz uygulaması ilk kez 1962 yılında Ankara Tıp Fakültesi’nde gerçekleştirilmiştir (Ayla, 1997). Ülkemizdeki 2018 yılı verilerinde renal replasman tedavilerinin durumu incelendiğinde; hastaların çoğunluğunun hemodiyaliz tedavisi aldığı gösterilmiştir (Bülbül ve Çelik, 2021). Bu durum, özellikle akut böbrek hasarı yaşayan hastalarda, böbrek fonksiyonlarının hızla düzeltilmesine yardımcı olarak tedavi sürecinin kritik bir parçası haline gelmektedir. Bununla birlikte, hemodiyaliz gerektiren çeşitli klinik durumlar da mevcuttur. Örneğin üremik ensefalopati, beyin fonksiyonlarını olumsuz etkileyebileceğinden acil hemodiyaliz gerektirir (Olano ve ark., 2024). Refrakter asidoz ve hipervolemi, iç organlarda komplikasyonlara yol açabileceğinden bu durumlarda da hemodiyaliz başlatılması hayati önem taşır (Preka ve Shroff, 2023, ss. 412-425). Yetersiz beslenme ile karşılaşan hastalar, besin ve sıvı dengesinin sağlanabilmesi için hemodiyalizden yararlanabilirler. Periferik nöropati ve inatçı gastrointestinal semptomlar da hemodiyaliz gereksinimini artırabilir (Ikizler ve ark., 2020, ss. 1-107). Glomerüler filtrasyon hızı 5-9 mL/dk./1,73 m² olan asemptomatik hastalarda, böbrek fonksiyonlarının kritik düzeye gelmesi sebebiyle hemodiyaliz düşünülmelidir. Ayrıca herhangi bir toksik madde yutulması durumunda da hemodiyaliz acil bir tedavi seçeneği olarak devreye girebilir (Preka ve Shroff, 2023, ss. 412-425). Hemodiyaliz gerektiren kardiyak durumlar arasında; elektrolit bozukluklarına bağlı gelişen aritmiler, üremik perikardit ve suboptimal böbrek fonksiyonuna bağlı olarak gelişen şiddetli konjestif kalp yetmezliği bulunur (Rangaswami ve ark., 2019, ss. 840-878).

Hemodiyaliz uygulamasında diyaliz için yeterli kan akımının sağlanması en önemli unsur haline gelmektedir; bu amaçla kalıcı veya geçici damar yolları oluşturulmaktadır. Geçici damar giriş yolları subklavian, femoral veya juguler vene yerleştirilen perkütan venöz kateterlerden oluşurken, kalıcı damar giriş yolları ise arteriovenöz fistül, arteriovenöz greft veya Dacron çift lümenli silikon kateter (Permcath) gibi seçenekleri içermektedir (Greenberg ve Choi, 2021, ss. 796-809). Bu yollar sayesinde hemodiyaliz sırasında, kan dengeli bir elektrolit çözeltisiyle temasta bulunan bir filtreden pompalanarak temizlenir. Bu işlem, kanda birikmiş üre, ürik asit, kreatinin, sülfat, fosfat, sodyum, potasyum ve magnezyum gibi solütlerin diyaliz sıvısına geçişini sağlar. Ayrıca, diyaliz sıvısında bulunan alkali bileşikler, kalsiyum ve dekstroz da kana geçer (Raharjo ve ark., 2022, ss. 1-15). Hemodiyaliz tedavisi gören hastalar, diyaliz makinesine bağlı olarak haftada 2-3 gün ve her seans 4 saat süren tedavi almaktadır (Preka ve Shroff, 2023, ss. 412-425). Hastalar, hemodiyaliz seansları öncesinde ve sonrasında tartılarak, bir önceki diyaliz sonrası kilosuyla karşılaştırma yapılır. Bu değerlendirme, hemodiyaliz sırasında ne kadar sıvının çekileceğini belirlemek için kritik bir öneme sahiptir. İki hemodiyaliz seansı arasında sıvı alımının ortalama 3-3,5 litreyi geçmemesi hedeflenmektedir (Colucci ve ark., 2019, ss. 1-35; Germain ve ark., 2021, ss. 2093-2097). Hemodiyaliz tedavisi başlamadan önce hastanın vital bulguları kaydedilir. Seans boyunca her 30 dakikada bir tansiyon, nabız ve olası diyaliz komplikasyonları açısından dikkatli bir izleme yapılır. Eğer hastaya ilaç uygulanması gerekiyorsa, bu işlem hemodiyalizin son 15-20 dakikasında makine aracılığıyla gerçekleştirilir. Seansın sonunda hasta tekrar tartılarak, diyaliz işlemi sırasında ne kadar sıvının alındığı belirlenir (Kim ve ark., 2023, ss. 1-9). Bu uygulamada yaşam süresinin uzaması gibi

olumlu sonuçlar olsa da akut veya kronik komplikasyonlar gelişme ihtimali de bulunmaktadır (Bello ve ark., 2022, ss. 378-395). Hemodiyalizin en yaygın görülen akut komplikasyonları arasında hipotansiyon, kas krampları, baş ağrısı, bulantı, kusma, yorgunluk, sırt ve göğüs ağrıları ile bakteriyel reaksiyonlar ve heparinizasyona bağlı komplikasyonlar yer almaktadır. Öte yandan, kronik komplikasyonlar genellikle kardiyovasküler, kas-iskelet sistemi, nörolojik ve pulmoner sistemlerle ilişkilidir (Locatelli ve ark., 2009, ss. 645-654).

Hemodiyalize bağlı kardiyovasküler disfonksiyon, kronik böbrek hastalığı nedeniyle hemodiyaliz tedavisi gören hastalarda sıkça karşılaşılan bir durumdur ve bu durum ciddi kardiyovasküler hastalıklara yol açabilir. Bu bağlamda hem böbrek yetmezliğinin getirdiği yük hem de hemodiyalizin yan etkileri kardiyovasküler disfonksiyona neden olabilmektedir (McIntyre ve Rosansky, 2012, ss. 382-387). Hemodiyalize bağlı en yaygın görülen kardiyak problemler arasında; sol ventrikül hipertrofisi (%29-%75), konjestif kalp yetmezliği (%20-%40), koroner arter hastalığı (%22-%39), atriyal fibrilasyon (%11-%27) ve kapak kalp hastalığı (%24) bulunmaktadır (Echegu ve ark., 2023, ss. 1-21). Hemodiyalize bağlı olarak ortaya çıkan kardiyak disfonksiyon hastaların hayatını ciddi düzeyde etkileyebilmektedir. Bu sebeple kardiyak disfonksiyon ve çeşitli egzersiz yaklaşımlarının hemodiyaliz alan hastaların yaşam kalitesi üzerine olan etkilerinin araştırılması önemlidir. Bu derleme çalışması, hemodiyaliz alan hastalarda kardiyak disfonksiyonun yönetiminde farklı egzersiz yaklaşımlarının etkilerini değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında, 2014-2024 yılları arasında yayımlanmış randomize kontrollü çalışmalar ve sistematik derlemeler taranarak, egzersiz uygulamalarının etkileri incelenmiştir.

2. YÖNTEM

Bu derlemede hemodiyalize bağlı olarak ortaya çıkan kardiyak disfonksiyonun nedenlerini ve bu duruma yönelik uygulanan egzersiz yaklaşımlarının etkinliğini incelemeyi amaçladık. Eylül ve Kasım 2024 tarihleri arasında “böbrek diyalizi, böbrek yetmezliği, egzersiz, kalp ve damar hastalıkları, rehabilitasyon” anahtar kelimeleri kullanılarak PubMed, Google Akademik ve Scopus üzerinden elektronik veri tabanları tarandı. Literatür taramasıyla elde edilen güncel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

3. BULGULAR

Eylül ile Kasım 2024 tarihleri arasında "böbrek diyalizi, böbrek yetmezliği, egzersiz, rehabilitasyon" anahtar kelimeleri kullanılarak PubMed, Google Akademik ve Scopus veri tabanlarında elektronik bir tarama gerçekleştirilmiştir. 2014-2024 yıllarını kapsayan bu tarama sonucunda toplam 28 çalışma belirlenmiş, bunlardan hemodiyaliz hastalarına yönelik egzersiz eğitimi içeren ve objektif ölçüm yöntemleriyle değerlendirilen 13 randomize kontrollü çalışma ve sistematik derleme incelememize dahil edilmiştir. Bu makalelerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

3.1. Hemodiyalize bağlı olarak gelişen kalp yetmezliği

Kalp yetmezliği, kalbin kan pompalama işlevinin bozulmasına bağlı olarak fizyolojik dolaşımın sürdürülemez hale gelmesiyle karakterize olan bir sendromdur. Hemodiyaliz

hastaları hem diyastolik hem de sistolik disfonksiyon riski taşımaktadır (Han ve ark., 2020, ss. 1-11). Son dönem böbrek hastalığı tanısı almış bireylerin yaklaşık %36'sı, hemodiyalize başlamadan önce kalp yetmezliği belirtileri göstermektedir (Schreiber, 2003, ss. 179-193). Hemodiyaliz, iyi belgelenmiş bir kardiyovasküler stres faktörü olarak, tekrarlayan hemodiyaliz kaynaklı miyokardiyal disfonksiyona yol açabilir; bu durum, sol ventrikül disfonksiyonu, miyokardın geçici olarak duraksaması ve fibrozis gelişimine neden olarak kalp yetmezliğini tetikler (Burton ve ark., 2009, ss. 1925-1931). Arteriovenöz erişim oluşturulması, hemodiyaliz sürecinde hemodinamik değişikliklere yol açarak kardiyovasküler etkilere neden olabilir. Bu erişimden kaynaklanan artan akış hızı, sağ ventrikül ve sol atriyal genişlemesi gibi durumlarla birlikte kalp yetmezliği riskini artırmaktadır. Erişim sağlandıktan sonraki günlerde, atım hacmi ve kalp hızında görülen artış, kardiyak çıktının yükselmesine yol açarken, sistemik vasküler dirençte de ani bir düşüş gözlemlenir. Ayrıca, periferik vasküler direnç, erişim direnci fenomeni nedeniyle azalır (Korsheed ve ark., 2011, ss. 3296-3302). Kan akışındaki artış ve kayma geriliminin yükselmesi, oluşan kayma gerilimini dengelemek için vasküler endotel hücrelerini nitrik oksit gibi vazodilatör faktörler salmaya yönlendirir (Korsheed ve ark., 2011, ss. 3296-3302). Sistemik vasküler dirençteki bu azalma, aynı zamanda sistemik kan basıncında düşüşe neden olur. Bununla birlikte sempatik sinir sistemi, atım hacmini ve kasılma gücünü artırmaya yönelik bir yanıt geliştirerek, erişim sonrası dönemde kalp debisinin sürdürülmesine katkı sağlar (Korsheed ve ark., 2011, ss. 3296-3302). Kalp debisindeki sürekli artış; sağ ventriküle olan venöz akımın yükselmesine yol açarak, sağ ventrikülün genişlemesine ve yetmezliğine neden olabilir (Reddy ve ark., 2017, ss. 1913-1923).

Parfrey ve diğerlerinin, 432 hemodiyaliz hastasından oluşan bir kohortta yürüttükleri çalışmada iskemik kalp hastalığı ile ilgili sonuçlar ve risk faktörleri incelenmiştir (Parfrey ve ark., 1996, ss. 1428-1434). Hastalara uygulanan ekokardiyogram sonuçlarına göre iskemik kalp hastalığının hemodiyaliz hastaları arasında %22 oranla yaygın görüldüğü belirtilmiştir. İskemik kalp hastalığının gelişimi, ileri yaş, hiperglisemi, hipertansiyon, hipoalbuminemi ve başlangıçta yapılan ekokardiyografide tespit edilen kardiyomiyopati gibi risk faktörleri ile hızlanabilmektedir. Bu hastalarda gelişen mortalite ise ileri dönemde görülebilen konjestif kalp yetmezliğinden kaynaklanmaktadır. Diğer yönden aynı çalışmada iskemik kalp hastalığı olan bireylerde, hemodiyaliz sırasında iskemik olay oluşumuna kadar geçen sürenin daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Bu süre diyaliz uygulanmayan hastalarda yaklaşık 55 ay iken, diyalize bağlanan hastalarda yaklaşık 24 ay olarak bulunmuştur (Parfrey ve ark., 1996, ss. 1428-1434).

3.2. Hemodiyalize bağlı oluşan kalp kapak hastalıkları

Hem geleneksel risk faktörleri (hipertansiyon, diyabet, dislipidemi) hem de üremiyle ilişkili risk faktörleri (hiperfosfatemi, hiperparatiroidizm, kronik inflamasyon), hemodiyaliz hastalarında vasküler hastalıkların ve kalp kapakçık hastalığının yüksek sıklıkta görülmesine neden olmaktadır. İleri yaş ve diyalize girilen dönem, valvopati gelişme riskini artıran en önemli etkenlerdendir. Hemodiyalizde ortaya çıkan bozulmuş kalsiyum-fosfat metabolizması, kalp iskeletini ve kapak yaprakçıklarını olumsuz yönde etkileyen patolojik distrofik kalsifikasyona neden olmaktadır (Freeman ve Otto, 2005, ss. 3316-3326; Raggi ve ark., 2002, ss. 695-701). Hiperfosfatemi, 6,5 mgr/dl'nin üzerinde olduğunda, son dönem böbrek hastalığı hastalarında kardiyovasküler komplikasyonlarla ilişkili mortalite riski artmaktadır (Ganesh ve ark., 2001, ss. 2131-2138). İnflamasyonun valvopati gelişiminde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir; hastalıklı kalp kapakçıklarında makrofaj ve T-lenfosit birikimine dair kanıtlar mevcuttur (Otto ve ark., 1994, ss. 844-853). Mitral valvopatinin patogenezi, kapakçıklar, kordalar ve halkasal hareketin kısıtlanmasıyla birlikte mitral kapak aparatının morfolojik yıkımı yoluyla gerçekleşmektedir (Raggi ve ark., 2002, ss. 695-701).

Hemodiyaliz uygulanan 98 hasta üzerinde yapılan retrospektif çok merkezli bir çalışmada, kalp kapak hastalığı ile ilişkili etiyolojik faktörler araştırılmış ve 10.000 hemodiyaliz hastasında yıllık kalp kapak hastalığı insidansı 15-19 vaka olarak belirlenmiştir (Baglin ve ark.,

1997, ss. 521-526). En sık görülen etyolojiler, endokardit (%19) ve kalsifik kalp kapak hastalığı (%69) olarak tespit edilmiştir. Aort stenozu, son dönem böbrek hastalığı hastalarında hızla ilerleyerek kısa süre içinde geri döndürülemez kalp yetmezliğine neden olabilir (Salusky ve Goodman, 2002, 336-339). Aort stenozu, hemodiyaliz hastalarında en yaygın görülen stenotik valvopatidir; mitral stenoz ise ikinci en yaygın lezyondur. Triküspit ve pulmoner stenoz ise nadir görülmektedir. Stenotik valvopati, tipik olarak hiperparatiroidizm ortamında halka kalsifikasyonu ve artmış serum kalsiyum-fosfor metaboliti ile ilişkilidir. Hemodiyaliz dışındaki hastalarda, biküspit aort kapağı ve romatizmal ateş, aort stenozunun hızlanmış gelişimi için bağımsız risk faktörleri arasında yer almaktadır. Ancak, böbrek diyaliz hastalarında bu süreç daha erken başlamaktadır ve üremi nedeniyle hızlanmaktadır. Ayrıca, ileri yaş, bu popülasyonda aort stenozunun gelişiminde bağımsız bir katkı sağlamaktadır (Straumann ve ark., 1992, ss. 236-239).

3.3. Hemodiyalize bağlı oluşan aritmiler

Son epidemiyolojik veriler, kardiyovasküler hastalığın kronik böbrek hastalığında en yaygın ölüm nedeni olmaya devam ettiğini ve aritmiler ile kalp durmasının, belirlenmiş tüm ölüm nedenlerinin %41,4'ünü oluşturduğunu ortaya koymaktadır (United States Renal Data System, 2022). Ölümcül kardiyak aritmilerin gelişimi için tetikleyici faktörler, aritmojenik alt yapı ve aşırı aktif sempatik sinir sistemidir. Hipertansiyon ve koroner arter hastalığı, kardiyak aritmilerin önemli etkenlerindendir. DeLima ve ark.'nın belirttiği gibi hipertansiyon, mekanik stres yaratıp özellikle sol ventrikül hipertrofisi veya miyokardiyal fibrozis durumlarında iskemi oluşturarak aritmiye yol açmaktadır (De Lima ve ark., 1999, ss. 204-208). Hemodiyaliz hastalarında QT dalga süresinde uzama sık görülür ve bu durumun otonomik nöropati, kardiyak miyositlerin hipertrofisi, miyokardiyal kalsifikasyon, kardiyak fibrozis ve ventriküler duvar gerginliğinde artma gibi etmenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Suzuki ve ark., 1998, ss. 240-244). Sempatik sinir sisteminin aşırı aktivasyonu hem kısa hem de uzun vadeli proaritmogenik etkiler gösterir ve bu durum, kronik böbrek hastalığı olan hastalarda aritmik ölümlerin patofizyolojisine katkıda bulunur. Sempatik hiperstimülasyonun önemli bir aracısı, renin-anjiyotensin aktivasyon sistemi aracılığıyla yükselen anjiyotensin II seviyeleridir (Kaur ve ark., 2017, ss. 1-18; Shang ve ark., 2017, ss. 3251-3261). Ayrıca, potasyum ve magnezyum seviyelerindeki dalgalanmaların hemodiyaliz hastalarında sık görülen aritmi riskini artıran önemli faktörler arasında yer aldığı belirtilmektedir (Rafaqat ve ark., 2022, ss. 1-10). Kardiyak hastalar için anjiyotensin reseptör blokerleri, ACE inhibitörleri ve aldosteron antagonistleri gibi ilaçların yanlış kullanımı da iatrojenik nedenlerle aritmilerin tetiklenmesine neden olabilir (Watanabe, 2020, ss. 31-36).

3.4. Hemodiyalize bağlı oluşan koroner arter hastalığı

Hemodiyaliz uygulamalarının başlamasına paralel olarak son dönem böbrek hastalığı olan bireylerde iskemik kalp hastalığı görülme oranları artmaktadır ve bu bireylerin hiç kalp hastalığı olmayan bireylere göre sağkalım oranları daha düşüktür (Parfrey ve ark., 1996, ss. 1428-1434). Hemodiyaliz sırasında iskemik kalp hastalığının tahmini oluşma yaygınlığı %15 ile %73 arasında değişebilmektedir (Foley ve ark., 2010, ss. 805-813). Bu hastalarda, en az %75 daralmaya sahip belirgin stenotik lezyonların sıkça bulunduğu gözlemlenmiştir; bu lezyonların %73'ü multipl vasküler hastalıklar ve kalsifikasyon ile ilişkilidir. Glomerüler filtrasyon hızının azalması, koroner arter hastalığı olasılığının da orantılı olarak artmasına neden olmaktadır (Joki ve ark., 1997, ss. 718-723). Koroner arter hastalığı ile ilgili önerilen mekanizmalar arasında, diyaliz tedavisi ile hızlandırılmış ateroskleroz ve diyaliz öncesi koroner arter hastalığı risk faktörlerinin varlığı yer almaktadır. Bu durumu destekleyen bir bulgu, bu hastalarda koroner arter olaylarının insidansının ilk yılda artmaması, ancak mortalitede artan bir eğilim gözlemlenmesidir (Collins ve ark., 2014). Hastalarda koroner arter hastalığı öyküsünün olması, diyabetik nefropatide kötüleşen böbrek fonksiyonları için önemli risk faktörleridir (Sabe ve ark., 2016).

Böbrek hastalığı olan bireylerde koroner vasküler kalsifikasyon ile koroner arter hastalığı arasındaki bağlantı dikkat çekicidir (Nakamura ve ark., 2009, ss. 1892-1900). Son dönem böbrek hastalığı olan hastalar; koroner arterler, aort, abdominal ve alt ekstremitte arterleri gibi belirli damar yapılarında kalsifik aterosklerotik hastalık sergilemektedir (Düeke, 2008, ss. 1583-1584). Hemodiyaliz hastalarında, üremik risk faktörlerine bağlı olarak daha belirgin intimal plak kalsifikasyonu tespit edilmiştir. İntimal kalsifikasyon, plak kırılma eğilimi gösterirken, medial kalsifikasyon vasküler sertliğe neden olmaktadır. Ağırlıklı olarak intimal kalsifikasyona sahip olmak, medial kalsifikasyona göre daha yüksek bir ölüm riski taşımaktadır. Bu nedenle, kardiyovasküler disfonksiyonun varlığının erken dönemde saptanması ve uygun tedavi yaklaşımlarının uygulanması, hastaların yaşam kalitesini artırmada ve olası komplikasyonların önlenmesinde önemli bir rol oynar (London ve ark., 2003, ss. 1731-1740).

3.5. Egzersiz yaklaşımları

Son dönem böbrek hastalığı olan hastalar, birçok kardiyovasküler komplikasyon yaşamakta ve azalmış egzersiz kapasitesiyle mücadele etmektedir. Egzersiz eğitiminin çeşitli kardiyovasküler bozukluklar üzerine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Diğer yandan, hemodiyaliz alan böbrek hastalarında egzersiz eğitiminin etkilerini araştıran çalışmalar günümüzde halen kısıtlıdır.

Momeni ve ark. (2014), tarafından yapılan çalışmada, egzersiz grubundaki hastalar haftada 3 kez, seans başına 30 dakika olacak şekilde bisiklet çevirme egzersizi yaparken, kontrol grubundaki hastalar yalnızca hemodiyaliz tedavisi almıştır (Momeni ve ark., 2014, ss. 207-211). Bu çalışmanın sonucunda, egzersiz yapan grubun sistolik ve diyastolik fonksiyonlarında iyileşme sağlandığı gösterilmiştir. Van Craenenbroeck ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, 3 ay boyunca evde uygulanan aerobik eğitim programı, her biri 10 dakikalık 3 set halinde gerçekleştirilen ve haftada 4 gün hedef kalp hızında yapılan bisiklet egzersizlerinden oluşmaktaydı (Van Craenenbroeck ve ark., 2015, ss. 285-296). Bu hedef kalp hızı, anaerobik eşikte elde edilen kalp hızının %90'ı olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, 3 aylık aerobik egzersiz eğitimi, endotel fonksiyonu veya arteriyel sertlikte değişiklik oluşturmadan VO₂ pik değerinde artış sağlamıştır (Van Craenenbroeck ve ark., 2015, ss. 285-296). Cook ve ark. (2018), 3 gün/hafta hemodiyaliz alan 10 hastayı pedal çevirme grubuna almıştır. Bu çalışmada kontrol grubu ise yalnızca hemodiyaliz almıştır. Çalışmanın sonunda egzersizin arteriyel sertliği azalttığı bildirilmiştir (Cook ve ark., 2018, ss. 458-466). Silva ve ark. (2019), yaptıkları bir çalışmada hemodiyaliz uygulanan hastalarda aerobik egzersizlerin geleneksel olmayan kardiyovasküler risk faktörleri üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır (Oliveira e Silva ve ark., 2019, ss. 391-399). Eğitim grubu 3 kez/hafta ve 4 ay boyunca aerobik egzersiz eğitimi alırken, kontrol grubu 4 ay boyunca gözlemlenmiştir. Egzersiz programı hemodiyaliz seansının ilk 2 saatinde 30 dk/seans olarak hemodiyaliz sandalyesine uyarlanmış bir sikloergometre ile gerçekleştirilmiştir. Sikloergometreye uygulanan yük, her hastanın performansına göre kademeli olarak artırılmıştır. Çalışmanın sonuçları aerobik egzersizlerin hemodiyaliz hastalarında endotel fonksiyonunu iyileştirebildiğini, sol ventriküler hipertrofiyi ve serum aldosteron seviyelerini azaltabildiğini ve muhtemelen inflamatuvar durumların ilerlemesini önleyebildiğini göstermiştir. Ancak, arteriyel sertlik belirteçlerinde veya merkezi ve periferik kan basıncı değerlerinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir (Oliveira e Silva ve ark., 2019, ss. 391-399).

Zang ve ark. (2022), yayımladığı sistematik derleme ve meta-analizde, hemodiyaliz hastalarında uygulanan farklı egzersiz yöntemlerinin kardiyopulmoner fonksiyon üzerindeki etkilerini karşılaştırılmıştır. Çalışmada, tüm egzersiz biçimlerinin kardiyorespiratuar kapasitenin tüm göstergeleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, elektriksel kas stimülasyonu eğitiminin, aktif olarak egzersiz yapmak istemeyen ancak kan basıncında artışa neden olabilen bireyler için kullanılabilir bir alternatif olduğu vurgulanmıştır.

Bu bulgular, hemodiyaliz hastalarında egzersiz müdahalelerinin önemine dikkat çekmekte ve çeşitli egzersiz yöntemlerinin kardiyopulmoner sağlığı iyileştirme potansiyelini ortaya koymaktadır (Zang ve ark., 2022). Andrade ve ark. (2022), 8 hemodiyaliz hastasını 30 dakikalık aerobik egzersiz programı ve 30 dakikalık istirahat süresince değerlendirerek elde edilen bulguları karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda akut aerobik egzersizin hemodiyaliz hastalarında arteriovenöz fistül çapını iyileştirmede etkili olduğu, sistolik ve diyastolik kan basıncının üzerinde herhangi bir değişiklik oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Andrade ve ark., 2022, ss. 732-738).

Huang ve ark. (2023), katılımcıları kontrol grubu ve egzersiz grubu olarak iki gruba ayırmışlardır (Huang ve ark., 2023, ss. 969-976). Egzersiz grubu hemodiyaliz alma süresine göre 2 kez/hafta olarak toplam üç ay boyunca aerobik ve dirençli egzersiz yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda sol ventrikül kütlesi etkili bir şekilde azalmış ve ventrikül fonksiyonu önemli ölçüde iyileşmiştir. Anding-Rost ve ark. (2023), hemodiyaliz alan hastalarda dirençli egzersizler ve endurans egzersizlerinden oluşan 12 aylık bir eğitimin etkilerini incelemiştir (Anding-Rost ve ark., 2023). Katılımcılar, endurans egzersizleri için hedef kalp hızını koruyacak şekilde ayarlanmış yarı yatar bisiklet ergometresi kullanmıştır. Direnç egzersizleri ise elastik bantlar, egzersiz topları ve ağırlıklarla yapılmıştır. Çalışma sonunda, katılımcıların kalp atım hızı değişikliklerinin normalleştiği ve fiziksel işlevlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Ferrari ve ark. (2023), intradiyalitik egzersizlerin ve evde yapılan egzersiz eğitiminin etkinliği karşılaştırılmıştır (Ferrari ve ark., 2023, ss. 2389-2406). Sonuç olarak her iki eğitim yöntemlerinin birbirine üstünlüğüne dair bir kanıt bulunamamıştır. Bir başka çalışmada ise aerobik ve dirençli egzersiz kombinasyonunun hemodiyaliz hastalarında normal bakıma kıyasla pik oksijen alımını, diyaliz yeterliliğini arttırdığı bildirilmiştir (Liu ve ark., 2023, ss. 278-293). Giannaki ve ark. (2023), yaptıkları çalışmada hibrit bir egzersiz programının etkinliğini incelemiştir (Giannaki ve ark., 2023). Katılımcılara hemodiyaliz seansının ilk 2 saati boyunca 60 dk/seans olmak üzere 3 kez/hafta bisiklet ergometresinde aerobik egzersiz uygulanmıştır. Ardından hastalar elastik bantlar, ayak bileği ağırlıkları ve dambıllar kullanılarak 20 dakika boyunca dirençli egzersizleri yapmışlardır. Egzersiz içeriği göğüs presi, triseps ekstansiyonu, omuz fleksiyonu, kalça abduksiyonları, seated row, ayak bileği ağırlıkları ve dambıl egzersizleri, diz ekstansiyonu, biceps curl, kalça fleksiyonu, omuz presi, yan omuz kaldırma, düz bacak kaldırma hareketlerinden oluşmuştur. Sonuç olarak, hibrit intradiyalitik egzersiz eğitiminin stabil hemodiyaliz hastalarında ejeksiyon fonksiyonu ve kalp hızı değişkenliği üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. 2024 yılında yayımlanan güncel bir sistematik derleme ve meta-analizde, egzersizin hemodiyaliz alan yetişkinlerde kardiyovasküler sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada, diyastolik kan basıncı, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ve düşük frekans/yüksek frekans oranıyla ölçülen kalp hızı değişkenliği gibi kardiyovasküler sağlığın çeşitli fizyolojik ölçümleri üzerinde egzersizin iyileştirici etkileri olduğu belirtilmiştir (Verrelli ve ark., 2024, ss. 390-413). Güncel bir başka çalışmada, 56 hemodiyaliz hastası sırasıyla iki hemodiyaliz seansına ve 30 dakikalık bir aerobik egzersiz seansına katılmıştır. Çalışmanın sonuçları, orta yoğunlukta kısa süreli egzersizin dahi sol atriyal rezervuar fonksiyonundaki düşüşü önlemede etkili olduğunu ortaya koymuştur (Maufrais ve ark., 2024, ss. 694-703).

Bu derleme, hemodiyalize bağlı gelişen kardiyovasküler disfonksiyon üzerinde egzersiz yaklaşımlarının etkilerini inceleyen mevcut literatüre dayanmaktadır. Ancak çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, dahil edilen çalışmaların sayısının sınırlı olması ve metodolojik farklılıklar içermesi, sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Ayrıca hastaların yaş grupları, komorbiditeleri ve hemodiyaliz süresi gibi değişkenler açısından heterojen olması, egzersiz uygulamalarının etkinliğine dair kesin yargılara varmayı zorlaştırmaktadır. Literatürde, özellikle uzun vadeli takip sonuçlarını değerlendiren daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların daha geniş

örneklem gruplarıyla, standardize edilmiş egzersiz protokollerini kullanarak yapılması gerekmektedir.

4. SONUÇ

Hemodiyaliz hastalarında kardiyovasküler risklerin azaltılması ve genel sağlık durumunun iyileştirilmesi için egzersiz önemli bir müdahale yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Hemodiyaliz hastalarında düzenli olarak uygulanan egzersizlerin, yalnızca fiziksel uygunluğu artırmakla kalmayıp kardiyovasküler sağlık üzerinde de olumlu etkiler sağladığı kanıtlanmıştır. Literatürde haftada 2-4 kez, 30-60 dakika süren orta yoğunluklu aerobik ve dirençli egzersizlerinin; kan basıncını düzenleme, kalp atış hızı ve ritmini iyileştirme gibi faydalarının yanı sıra kardiyak otonomik kontrolü düzenlediği ve sol ventrikül sistolik fonksiyonlarını desteklediği bildirilmiştir. Bu egzersizlerin, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterol seviyelerini artırması ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) ile trigliserit seviyelerini düşürmesi, kalp-damar sağlığını destekleyen önemli etkiler arasında yer almaktadır. Tüm bu veriler doğrultusunda, hemodiyaliz hastalarına yönelik egzersiz programlarının bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirilmesi, bu hasta grubunun yaşam kalitesini ve genel sağlık durumunu desteklemek açısından kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Özellikle uzman denetiminde planlanan ve hastaların fiziksel kapasiteleri ile sağlık durumlarına uygun olarak yapılandırılan egzersiz programları, hemodiyaliz hastalarının kardiyovasküler disfonksiyon geliştirme riskini azaltabilir. Bu tür programlar, hastaların bağımsız yaşamlarını sürdürebilmeleri ve günlük aktivitelerini daha kolay yerine getirebilmeleri açısından da destekleyici bir rol üstlenmektedir.

5. KAYNAKLAR

Anding-Rost, K., von Gersdorff, G., von Korn, P., Ihorst, G., Josef, A., Kaufmann, M., Huber, M., Bär, T., Zeißler, S., Höfling, S., Breuer, C., Gärtner, N., Haykowsky, M. J., Degenhardt, S., Wanner, C. ve Halle, M. (2023). Exercise during Hemodialysis in Patients with Chronic Kidney Failure. *NEJM evidence*, 2(9), <https://doi.org/10.1056/EVIDoa2300057>

Andrade, F. P., Nolasco, T., Knorst, M. M. ve Eidt Rovedder, P. M. (2022). Aerobic Exercise Increases Vascular Diameter of Arteriovenous Fistula in Hemodialysis Patients. *Blood Purification*, 51(9), 732–738. <https://doi.org/10.1159/000519880>

Ayla, S. (1997). Hemodiyaliz Hekimi El Kitabı (Akpola Tekin ve Utaş Cengiz, Eds.). Türk Nefroloji Derneęi.

Baglin, A., Hanslik, T., Vaillant, J. N., Boulard, J. C., Moulouguet-Doleris, L. ve Prinseau, J. (1997). Severe valvular heart disease in patients on chronic dialysis. A five-year multicenter French survey. *Annales de Medecine Interne*, 148(8), 521–526.

Bello, A. K., Okpechi, I. G., Osman, M. A., Cho, Y., Htay, H., Jha, V., Wainstein, M. ve Johnson, D. W. (2022). Epidemiology of haemodialysis outcomes. *Nature reviews. Nephrology*, 18(6), 378–395. <https://doi.org/10.1038/s41581-022-00542-7>

Burton, J. O., Jefferies, H. J., Selby, N. M. ve McIntyre, C. W. (2009). Hemodialysis-induced repetitive myocardial injury results in global and segmental reduction in systolic cardiac function. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 4(12), 1925–1931. <https://doi.org/10.2215/cjn.04470709>

Bülbül, E. ve Çelik, S. (2021). Tüm Yönleriyle İç Hastalıkları Hemşireliği. Ankara Nobel Tıp Kitabevleri.

Collins, A. J., Foley, R. N., Chavers, B., Gilbertson, D., Herzog, C., Ishani, A., Johansen, K., Kasiske, B. L., Kutner, N., Liu, J., St Peter, W., Guo, H., Hu, Y., Kats, A., Li, S., Li, S., Maloney, J., Roberts, T., Skeans, M., Snyder, J., Solid, C., Thompson, B., Weinhandl, E., Xiong, H., Yusuf, A., Zaun, D., Arko, C., Chen, S.C., Daniels, F., Ebben, J., Frazier, E., Johnson, R., Sheets, D., Wang, X., Forrest, B., Berrini, D., Constantini, E., Everson, S., Eggers, P. ve Agodoa, L. (2014). US Renal Data System 2013 Annual Data Report. *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation*, 63(1 Suppl), A7. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2013.11.001>

Colucci, L. A., Corapi, K. M., Li, M., Parada, X. V., Allegretti, A. S., Lin, H. Y., Ausiello, D. A., Rosen, M. S. ve Cima, M. J. (2019). Fluid assessment in dialysis patients by point-of-care magnetic relaxometry. *Science translational medicine*, 11(502), 1–35. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aau1749>

Cooke, A. B., Ta, V., Iqbal, S., Gomez, Y. H., Mavrakanas, T., Barré, P., Vasilevsky, M., Rahme, E. ve Daskalopoulou, S. S. (2018). The Impact of Intradialytic Pedaling Exercise on Arterial Stiffness: A Pilot Randomized Controlled Trial in a Hemodialysis Population. *American journal of hypertension*, 31(4), 458–466. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpx191>

De Lima, J. J. G., Campos Vieira, M. L., Ferreira Lopes, H., Gruppi, C. J., Medeiros, C. J., Ianhez, L. E. ve Krieger, E. M. (1999). Blood pressure and the risk of complex arrhythmia in renal insufficiency, hemodialysis, and renal transplant patients. *American Journal of Hypertension*, 12(2 Pt 1), 204–208. [https://doi.org/10.1016/s0895-7061\(98\)00232-5](https://doi.org/10.1016/s0895-7061(98)00232-5)

Düeke, T. B. (2008). Arterial intima and media calcification: distinct entities with different pathogenesis or all the same? *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 3(6), 1583–1584. <https://doi.org/10.2215/cjn.03250708>

Echefu, G., Stowe, I., Burka, S., Basu-Ray, I. ve Kumbala, D. (2023). Pathophysiological concepts and screening of cardiovascular disease in dialysis patients. *Frontiers in nephrology*, 3, 1–21. <https://doi.org/10.3389/fneph.2023.1198560>

Ferrari, F., Andrade, F. P., Teixeira, M. S., Ziegelmann, P. K., Carvalho, G., Bittencourt, E. S. S., Barcellos, F. C. ve Stein, R. (2023). Efficacy of six exercise-based interventions for individuals undergoing hemodialysis: a network meta-analysis of randomized clinical trials. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 38(10), 2389–2406. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfad083>

- Foley, R. N., Curtis, B. M., Randell, E. W. ve Parfrey, P. S. (2010). Left ventricular hypertrophy in new hemodialysis patients without symptomatic cardiac disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 5(5), 805–813. <https://doi.org/10.2215/cjn.07761109>
- Freeman, R. V. ve Otto, C. M. (2005). Spectrum of calcific aortic valve disease: pathogenesis, disease progression, and treatment strategies. *Circulation*, 111(24), 3316–3326. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.104.486738>
- Ganesh, S. K., Stack, A. G., Levin, N. W., Hulbert-Shearon, T. ve Port, F. K. (2001). Association of elevated serum PO(4), Ca x PO(4) product, and parathyroid hormone with cardiac mortality risk in chronic hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology : JASN*, 12(10), 2131–2138. <https://doi.org/10.1681/asn.v12i102131>
- Germain, M. J., Greco, B. A., Hodgins, S., Chapagain, B., Thadhani, R., Wojciechowski, D., Crisalli, K., Nathanson, B. H. ve Chait, Y. (2021). Assessing accuracy of estimated dry weight in dialysis patients post transplantation: the kidney knows best. *Journal of nephrology*, 34(6), 2093–2097. <https://doi.org/10.1007/s40620-021-01029-7>
- Giannaki, C. D., Grigoriou, S. S., George, K., Karatzaferi, C., Zigoulis, P., Lavdas, E., Chaniotis, D., Stefanidis, I. ve Sakkas, G. K. (2023). Nine Months of Hybrid Intradialytic Exercise Training Improves Ejection Fraction and Cardiac Autonomic Nervous System Activity. *Sports (Basel, Switzerland)*, 11(4), 79, 1-10. <https://doi.org/10.3390/sports11040079>
- Greenberg, K. I. ve Choi, M. J. (2021). Hemodialysis Emergencies: Core Curriculum 2021. *American Journal of Kidney Diseases*, 77(5), 796–809. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.11.024>
- Han, B. G., Lee, J. Y., Choi, S. O., Yang, J. W. ve Kim, J. S. (2020). Relative overhydration is independently associated with left ventricular hypertrophy in dialysis naïve patients with stage 5 chronic kidney disease. *Scientific reports*, 10(1), 15924, 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73038-8>
- Huang, M., Lv, A., Wang, J., Zhang, B., Xu, N., Zhai, Z., Gao, J., Wang, Y., Li, T. ve Ni, C. (2020). The effect of intradialytic combined exercise on hemodialysis efficiency in end-stage renal disease patients: a randomized-controlled trial. *International urology and nephrology*, 52(5), 969–976. <https://doi.org/10.1007/s11255-020-02459-1>
- Ikizler, T. A., Burrowes, J. D., Byham-Gray, L. D., Campbell, K. L., Carrero, J. J., Chan, W., Fouque, D., Friedman, A. N., Ghaddar, S., Goldstein-Fuchs, D. J., Kaysen, G. A., Kopple, J. D., Teta, D., Yee-Moon Wang, A. ve Cuppari, L. (2020). KDOQI Clinical Practice Guideline for Nutrition in CKD: 2020 Update. *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation*, 76(3 Suppl 1), 1–107. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.05.006>
- Joki, N., Hase, H., Nakamura, R. ve Yamaguchi, T. (1997). Onset of coronary artery disease prior to initiation of haemodialysis in patients with end-stage renal disease. *Nephrology, Dialysis, Transplantation : Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 12(4), 718–723. <https://doi.org/10.1093/ndt/12.4.718>

- Kaur, J., Young, B. E. ve Fadel, P. J. (2017). Sympathetic Overactivity in Chronic Kidney Disease: Consequences and Mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(8), 1-18. <https://doi.org/10.3390/ijms18081682>
- Kim, I. S., Kim, S., Yoo, T. H. ve Kim, J. K. (2023). Diagnosis and treatment of hypertension in dialysis patients: a systematic review. *Clinical Hypertension* 2023 29:1, 29(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S40885-023-00240-x>
- Korsheed, S., Eldehni, M. T., John, S. G., Fluck, R. J. ve McIntyre, C. W. (2011). Effects of arteriovenous fistula formation on arterial stiffness and cardiovascular performance and function. *Nephrology, Dialysis, Transplantation : Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 26(10), 3296–3302. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfq851>
- Liu, Y., Luo, X., Deng, S., Chen, J., Zhang, L., Huang, Y. ve Hu, H. (2023). Combined aerobic and resistance exercise in maintenance hemodialysis patients: A meta-analysis. *Seminars in Dialysis*, 36(4), 278–293. <https://doi.org/10.1111/sdi.13162>
- Locatelli, F., Martin-Malo, A., Hannedouche, T., Loureiro, A., Papadimitriou, M., Wizemann, V., Jacobson, S. H., Czekalski, S., Ronco, C., Vanholder, R. ve Membrane Permeability Outcome (MPO) Study Group (2009). Effect of membrane permeability on survival of hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology : JASN*, 20(3), 645–654. <https://doi.org/10.1681/ASN.2008060590>
- London, G. M., Guérin, A. P., Marchais, S. J., Métivier, F., Pannier, B. ve Adda, H. (2003). Arterial media calcification in end-stage renal disease: impact on all-cause and cardiovascular mortality. *Nephrology, Dialysis, Transplantation : Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 18(9), 1731–1740. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfg414>
- Maufrais, C., Josse, M., Patrier, L., Grandperrin, A., Isnard, M., Turc-Baron, C., Nottin, S., Mandigout, S., Cristol, J. P. ve Obert, P. (2024). Cardioprotective effect of intradialytic exercise on left atrial mechanics. *American journal of physiology. Renal physiology*, 326(5), 694–703. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00380.2023>
- McIntyre, C. W. ve Rosansky, S. J. (2012). Starting dialysis is dangerous: how do we balance the risk? *Kidney International*, 82(4), 382–387. <https://doi.org/10.1038/ki.2012.133>
- Momeni, A., Nematollahi, A. ve Nasr, M. (2014). Effect of intradialytic exercise on echocardiographic findings in hemodialysis patients. *Iranian Journal of Kidney Diseases*, 8(3), 207–211.
- Nakamura, S., Ishibashi-Ueda, H., Niizuma, S., Yoshihara, F., Horio, T. ve Kawano, Y. (2009). Coronary calcification in patients with chronic kidney disease and coronary artery disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 4(12), 1892–1900. <https://doi.org/10.2215/cjn.04320709>
- Olano CG, Akram SM, Hashmi MF. Uremic Encephalopathy. [Updated 2024 Jul 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk564327/>
- Oliveira E Silva, V. R., Stringuetta Belik, F., Hueb, J. C., de Souza Gonçalves, R., Costa Teixeira Caramori, J., Perez Vogt, B., Barretti, P., Zanati Bazan, S. G., De Stefano, G. M. M.

- F., Martin, L. C. ve da Silva Franco, R. J. (2019). Aerobic Exercise Training and Nontraditional Cardiovascular Risk Factors in Hemodialysis Patients: Results from a Prospective Randomized Trial. *Cardiorenal medicine*, 9(6), 391–399. <https://doi.org/10.1159/000501589>
- Otto, C. M., Kuusisto, J., Reichenbach, D. D., Gown, A. M. ve O'Brien, K. D. (1994). Characterization of the early lesion of “degenerative” valvular aortic stenosis. Histological and immunohistochemical studies. *Circulation*, 90(2), 844–853. <https://doi.org/10.1161/01.cir.90.2.844>
- Parfrey, P. S., Foley, R. N., Harnett, J. D., Kent, G. M., Murray, D. ve Barre, P. E. (1996). Outcome and risk factors of ischemic heart disease in chronic uremia. *Kidney International*, 49(5), 1428–1434. <https://doi.org/10.1038/ki.1996.201>
- Preka, E. ve Shroff, R. (2023). Hemodialysis. Evidence-Based Nephrology, Second Edition: Volumes 1,2, 2, 412–425. <https://doi.org/10.1002/9781119105954.ch66>
- Rafaqat, S., Rafaqat, S., Khurshid, H. ve Rafaqat, S. (2022). Electrolyte's imbalance role in atrial fibrillation: Pharmacological management. *International Journal of Arrhythmia* 2022 23:1, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s42444-022-00065-z>
- Raggi, P., Boulay, A., Chasan-Taber, S., Amin, N., Dillon, M., Burke, S. K. ve Chertow, G. M. (2002). Cardiac calcification in adult hemodialysis patients: A link between end-stage renal disease and cardiovascular disease? *Journal of the American College of Cardiology*, 39(4), 695–701. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01781-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01781-8)
- Raharjo, Y., Zainol Abidin, M. N., Ismail, A. F., Fahmi, M. Z., Saiful, Elma, M., Santoso, D., Haula', H. ve Habibi, A. R. (2022). Dialysis Membranes for Acute Kidney Injury. *Membranes*, 12(3), 325, 1-15. <https://doi.org/10.3390/membranes12030325>
- Rangaswami, J., Bhalla, V., Blair, J. E. A., Chang, T. I., Costa, S., Lentine, K. L., Lerma, E. V., Mezue, K., Molitch, M., Mullens, W., Ronco, C., Tang, W. H. W., McCullough, P. A. ve American Heart Association Council on the Kidney in Cardiovascular Disease and Council on Clinical Cardiology (2019). Cardiorenal Syndrome: Classification, Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment Strategies: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 139(16), 840–878. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000664>
- Reddy, Y. N. V., Obokata, M., Dean, P. G., Melenovsky, V., Nath, K. A. ve Borlaug, B. A. (2017). Long-term cardiovascular changes following creation of arteriovenous fistula in patients with end stage renal disease. *European Heart Journal*, 38(24), 1913–1923. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx045>
- Sabe, M. A., Claggett, B., Burdmann, E. A., Desai, A. S., Ivanovich, P., Kewalramani, R., Lewis, E. F., McMurray, J. J., Olson, K. A., Parfrey, P., Solomon, S. D. ve Pfeffer, M. A. (2016). Coronary Artery Disease Is a Predictor of Progression to Dialysis in Patients With Chronic Kidney Disease, Type 2 Diabetes Mellitus, and Anemia: An Analysis of the Trial to Reduce Cardiovascular Events With Aranesp Therapy (TREAT). *Journal of the American Heart Association*, 5(4), e002850. <https://doi.org/10.1161/jaha.115.002850>
- Salusky, I. B. ve Goodman, W. G. (2002). Cardiovascular calcification in end-stage renal disease. Nephrology, Dialysis, Transplantation : Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association, 17(2), 336–339. <https://doi.org/10.1093/ndt/17.2.336>

Schreiber, B. D. (2003). Congestive heart failure in patients with chronic kidney disease and on dialysis. *The American Journal of the Medical Sciences*, 325(4), 179–193. <https://doi.org/10.1097/00000441-200304000-00004>

Shahgholian, N., Ghafourifard, M. ve Shafiei, F. (2011). The effect of sodium and ultra filtration profile combination and cold dialysate on hypotension during hemodialysis and its symptoms. *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*, 16(3), 212–216.

Shang, F., Wang, S. C., Hsu, C. Y., Miao, Y., Martin, M., Yin, Y., Wu, C. C., Wang, Y. T., Wu, G., Chien, S., Huang, H. D., Tarnag, D. C., Shiu, Y. T., Cheung, A. K., Huang, P. H., Chen, Z. ve Shyy, J. Y. (2017). MicroRNA-92a Mediates Endothelial Dysfunction in CKD. *Journal of the American Society of Nephrology : JASN*, 28(11), 3251–3261. <https://doi.org/10.1681/asn.2016111215>

Straumann, E., Meyer, B., Misteli, M., Blumberg, A. ve Jenzer, H. R. (1992). Aortic and mitral valve disease in patients with end stage renal failure on long-term haemodialysis. *British Heart Journal*, 67(3), 236–239. <https://doi.org/10.1136/hrt.67.3.236>

Suzuki, R., Tsumura, K., Inoue, T., Kishimoto, H. ve Morii, H. (1998). QT interval prolongation in the patients receiving maintenance hemodialysis. *Clinical Nephrology*, 49(4), 240–244.

Van Craenenbroeck, A. H., Van Craenenbroeck, E. M., Van Ackeren, K., Vrints, C. J., Conraads, V. M., Verpooten, G. A., Kouidi, E. ve Couttenye, M. M. (2015). Effect of Moderate Aerobic Exercise Training on Endothelial Function and Arterial Stiffness in CKD Stages 3-4: A Randomized Controlled Trial. *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation*, 66(2), 285–296. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.03.015>

Verrelli, D., Sharma, A., Alexiuk, J., Tays, Q., Rossum, K., Sharma, M., Ford, E., Iansavitchene, A., Al-Jaishi, A. A., Whitlock, R., McIntyre, C. W., Garg, A. X. ve Bohm, C. (2024). Effect of Intradialytic Exercise on Cardiovascular Outcomes in Maintenance Hemodialysis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Kidney360*, 5(3), 390–413. <https://doi.org/10.34067/kid.0000000000000361>

Watanabe, R. (2020). Hyperkalemia in chronic kidney disease. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, 66(1), 31–36. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.S1.31>

Yang, J. ve He, W. (2019). Chronic Kidney Disease: Diagnosis and Treatment. *Chronic Kidney Disease: Diagnosis and Treatment*, 1–253. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9131-7/cover>

Zang, W., Fang, M., He, H., Mu, L., Zheng, X., Shu, H., Ge, N. ve Wang, S. (2022). Comparative efficacy of exercise modalities for cardiopulmonary function in hemodialysis patients: A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in public health*, 10, 1040704. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1040704>