

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ÇOCUK SAĞLIĞI ENSTİTÜSÜ**

**ASTIMLI ÇOCUKLARIN
EGZERSİZE KARDİYOPULMONER YANITI
İLE
SİSTOLİK VE DİYASTOLİK KALP FONKSİYONLARININ
SAĞLIKLI ÇOCUKLARLA KARŞILAŞTIRILMASI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Dr.BÜLENT ALİOĞLU
(Uzmanlık tezi)**

İstanbul-2001

111417

Öğrencilik ve asistanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerimden yararlandığım ve tezim süresince benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr.Günay Saner'e;

Tezimin planlanması ve yürütülmesi sırasında her aşamada bana yol gösteren, yakın ilgi, fedakarlığımı ve manevi desteğini benden esirgemeyen tez hocam Sayın Prof.Dr. Türkan Y. Ertuğrul'a;

Öğrencilik ve asistanlık eğitimim süresince, bilgi ve deneyimlerimden yararlandığım başta Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof.Dr.Ülker Öneş olmak üzere tüm hocalarıma ve başasistanlarıma;

Egzersiz testlerinin yapılmasında, sonuçlarının değerlendirilmesinde zamanımı ve bilgilerimi benimle paylaşan ve birlikte çalışmaktan mutluluk ve onur duyduğum Sayın Prof.Dr. Abidin Kayserilioğlu, Uzm.Dr.Mehmet Ünal'a ve sevgili asistan arkadaşlara;

İyi ve kötü, her anımda yanımda olan düşünceleri ile bana destek olup varlığı ile bana güven veren sevgili dostum Mine Şükür'e;

Birlikte çalışmaktan mutluluk ve onur duyduğum; iyi ve kötü günleri paylaştığımız sevgili asistan arkadaşlarıma;

Tezimin tüm istatistik işlemlerini üstlenip değerli zamanımı bana ayıran Hayriye Vehid'e;

Tezimin hazırlanması aşamasındaki dostça yardımlarından İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Pediatrik Kardiyoloji BD ile Pediatrik Allerji Akciğer Hastalıkları BD Laboratuvarı ile Spor Fizyolojisi çalışanlarına;

Eğitimim süresince anlayış ve desteklerini benden esirgemeyen başta annem ve kardeşim Levent Alioğlu olmak üzere aileme ve Çiğdem'e sonsuz teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	1
GİRİŞ	2
GENEL BİLGİLER	4
GEREÇ VE YÖNTEMLER	23
BULGULAR	27
TARTIŞMA	32
ÖZET	47
KAYNAKLAR	49

KISALTMALAR

DT	deselerasyon zamanı
EF	ejeksiyon fraksiyonu
EIB	egzersizin tetiklediği bronkospazm
FEF ₂₅₋₇₅	forse vital kapasitenin orta yarısındaki forse ekspiratuar akım hızı
FEV ₁	1. saniyedeki forse vital kapasite
FS	fraksiyonel kısalma
FVC	zorlu vital kapasite
IC	inspiratuar kapasite
kg	kilogram
LVM	sol ventrikül kütlesi
MaxVO ₂	maksimum oksijen tutulumu
msn	milisaniye
MVV	maksimum istemli ventilasyon
PEF	zirve akım hızı
RER	solunumsal exchange oranı
sn	saniye
SVT	supraventriküler taşikardi
VAT	solunumsal anaerobik eşik
Ve	dakika ventilasyon
VO ₂	oksijen tutulumu
VT	tidal volüm

GİRİŞ

Astım, tüm dünyada çocukların en sık yakalandığı hastalıkların başında gelmesine karşın; astımlı çocukların egzersiz kapasiteleri, egzersize kardiyopulmoner yanıtı ve bununla ilişkili olarak sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları ile ilgili bilgiler azdır. Vücudun akut egzersiz girişimlerine yanıtının ve tekrarlanan egzersiz çalışmalarına adaptasyonlarının fizyolojisinin anlaşılması amacıyla uygulanan dinamik egzersiz testi kardiyak problemi olan ya da olmayan çocukların, genç erişkinlerin değerlendirilmesini ve tanısını kolaylaştırmaktadır. Organ sistemlerinin artan strese yanıtındaki fonksiyonel bütünlüğü araştırmada, fiziksel çalışma kapasitesini sınırlayan mekanizmalara ipuçları sağlamakta da egzersiz testlerinden yararlanılmaktadır (1,39,43,59,68).

Egzersize yanıt kompleks bir özellik gösterir ve kalp fonksiyonları da bu yanıtta önemli rol oynar. Sol ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılan göstergeler yalnızca tanısalla amaçla değil, aynı zamanda prognozunu ve tedavi girişiminin etkisini belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Astımlı hastalarda akciğerlerde oluşan yapısal değişiklikler ve artan stres faktörleri sonucunda sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonlarında ve kalbin yapısal özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler ile bu strese karşı organizmanın geliştirdiği uyumu saptamada ekokardiyografi güvenilir bir görüntüleme yöntemidir (51,86,88,103).

Kronik astımı olan çocuklar akciğer kapasitelerinin az olması, ailelerinin etkisiyle veya tıbbi önerilere bağlı olarak fiziksel aktivitelerini genelde kısıtlı tutarlar. Bu hastaların çoğunda aerobik egzersiz kapasitesinin azaldığı, düşük anaerobik eşik, düşük oksijen (VO_2) ve yüksek dispne indeksinin varlığı gösterilmesine karşın (19,21,65) egzersiz kapasitesinin ve egzersize kardiyopulmoner yanıtın (dakika ventilasyon, kalp hızı, kardiyak debi ve dakika ventilasyonun /

maksimum istemli ventilasyon oranı) sağlıklı kişiler ile eş olduğunu gösteren çalışmalara da rastlanmaktadır (44,48,53,67,74,77).

Gerçekten astımlı hastalar fiziksel aktivitelerden kaçınmalı mı? Astımlı hastalar için fiziksel aktivite düzeyi nedir? Tüm bu sorulara yanıt bulabilmek amacıyla sunulan çalışma planlandı. Ayrıca astımlı erişkin hastalarda kardiyak fonksiyonları araştıran kısıtlı sayıda da olsa çalışma yapılmış olmasına karşın (19,82), çocuklarda benzer bir yayına rastlanamadı. Bu noktadan hareketle yapılan çalışmada medikal tedavi ile belirli bir iyileşme düzeyine ulaşan stabil astımlı çocuklarda dinamik egzersiz testi aracılığı ile aerobik egzersiz kapasiteleri ve ekokardiyografi aracılığı ile de sol ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonları ölçülerek akciğerlerde oluşan değişikliklerin solunum ve kalp fonksiyonlarına etkisi değerlendirilmek istendi.



GENEL BİLGİLER

ASTIM BRONŞİYALE

Tanım

Astım, bronşların çeşitli uyarılara karşı aşırı yanıtı, enflamasyonu, artmış havayolu direnci ve akciğer hacmi ile ekspiratuar akımdaki değişikliklerle karakterize, geri dönüşümlü bir hastalıktır (9,13,14,104).

Epidemiyoloji

Astım prevalansı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaktadır (8). Ankara'da 1996'da oran %2.1 iken, 1993'te %8.3'e yükseldiği saptanmıştır. İstanbul'da çocuklarda, %9.8 olarak saptanmıştır (78).

Ülkemizde astım prevalansının genel olarak, erişkinlerde % 2-4, çocuklarda %6-10 oranında olduğu bildirilmiştir (28,60).

Etiyoloji

Astım etiyojisinde rol oynayan faktörler (9,14,104,105):

- 1. Genetik etkenler:* Aile ve ikiz taramaları şeklinde yapılmış olan epidemiyolojik çalışmalar sonucunda, astımın genetik özelliği olduğu vurgulanmaktadır (22). Ülkemizde 1991 yılında yapılan bir araştırmada, astımlı hastaların %60'ında yakın akrabalarının da astımlı olduğu saptanmıştır (61).
- 2. Yaş, cins ve ırk:* Allerjik hastalıklar 10 yaş altında erkek çocuklarda kız çocuklara göre daha sıktır. Ergenlik ve yetişkinlik döneminde ise her iki cins arasında eşittir.
- 3. Hava kirliliği ve yaşam biçiminin etkisi:* Hava kirliliği, solunum yollarına doğrudan etki yoluyla bronşiyal aşırı duyarlılıkta artış ve immün sistemde meydana getirdikleri değişikliklerle astıma neden olmaktadır (9,14,20,58,92,93,104).

4. *Sigara*: Bronkospazm yapan etkenlerin mukoza geçirgenliğinde artış ve immün sistemde oluşturduğu değişikliklerle astıma neden olmaktadır (14,20,104).

5. *Allerjenler*: Allerjenik astımın en önemli nedeni solunum yoluyla alınan allerjenlerdir. Solunum yoluyla alınan allerjenler; polenler, ev tozu, hayvan tüyleri ve deri döküntüleridir (4,14,104).

6. *Enfeksiyonlar*: Çocuklardaki astım ataklarının %70'inde, erişkinlerde ise %10'unda viral enfeksiyonların etkili olduğu saptanmıştır (14,93,99,104).

7. *Mesleki faktörler*: Çalışma ortamındaki çeşitli kimyasal veya organik maddelerin, hava yollarında aşırı yanıtı neden olarak astım ataklarını tetiklediği saptanmıştır (9,13,14,104).

8. *Gıdalar ve katkı maddeleri*

9. *İlaçlar*: Başta aspirin olmak üzere tüm nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar, antibiyotikler, beta blokerler, ACE inhibitörleri astım ataklarına neden olmaktadır.

10. *Psikolojik faktörler*: Duygu durum değişikliklerinin de astıma neden olduğu bilinmektedir (9,14,104).

11. *Hormonal faktörler*: Çeşitli endokrin ve metabolik faktörlerin astımda rol oynadığı bilinmektedir.

12. *Derin inspiriyum ve soğuk hava*: Sağlıklı kişilerde derin inspiriyum sonucu hava yolu direncinde azalma ve hava yollarında gevşeme olmasına karşın astımlı çocuklarda hava yolu daralması görülebilmektedir.

13. *Gastroözofageal reflü*

14. *Noktürnal ataklar*

15. *Egzersiz*: Özellikle çocuklarda olmak üzere her yaş grubunda astım atakları için tetikleyici bir nedendir. Soğuk havalarda ani olarak başlanan egzersizin, astımlı çocuklarda astım semptomlarının ortaya çıkmasına veya semptomu olan hastalarda semptomların artmasına neden olabilmektedir (2,6,10,12,26,83,93).

16. *İntrauterin beslenme*

Fizyopatoloji

Solunum yollarının allerjenlere karşı abartılı yanıtı ne olursa olsun akciğerde hemen hemen benzer değişiklikler oluşur.

1. Hava yolları düz kaslarında kasılma ve hiperplazi

2. Bronş duvarlarında ödem, enflamasyon ve epitel yıkımı; vazodilatasyon, damar geçirgenliğinin artması, serum ve enflamatuar hücrelerin mukoza ve submukozaya toplanması, bronş epitelinde frajilite ile displazi ve desküamasyon (112)

3. Müköz tıkaç oluşması; dökülen epitel hücrelerinin, diğer enflamatuar hücre artıklarının ve artmış müküsün oluşturduğu, lümeni tıkayan plaklar

4. Kalıcı yapısal değişiklikler; uzun süren enflamasyon sonucunda gelişen matriks fibroblastlarının miyofibroblast tipinde artışı, subepitelial fibrozis, düz kas hipertrofisi, müköz salgı bezi hipertrofisi ve revaskülarizasyonu içerir (9,13,14,81,104).

Astım patogeneğinde rol oynayan hücre ve mediatörler

Aktive olmuş lenfositler, eozinofiller, mast hücreleri ve makrofaj/monositler, trombositler kronik enflamasyonda rol alırlar.

Mast hücreleri: Antijen girişini ilk karşılayan, patogeneğinde rol alan çeşitli hücrelerin uyarılması ve mediatörlerin salınımına neden olan hücrelerdir (9,13,14,104).

Lenfositler: Astımlı hastalarda yapılan çalışmalarda astım patogeneğinde rol alan lenfositlerin CD4 fenotipik özellikte olduğu ve CD8 lenfositlerde ise azalma olduğu saptanmıştır.

Bazofiller: Allerjik reaksiyonların geç fazında etkili olup histamin salarlar.

Eozinofiller: Allerjik reaksiyonların karakteristik hücreleri olup granüllerinde dört faktör içerir. eozinofilik katyonik protein (ECP), majör katyonik protein (MBP), eozinofil derive nörotoksin (EDN), eozinofil peroksidaz (EPO) gibi dört faktör içerir.

Astım patogeneğinde rol alan mediatörler arasında histamin, lipid mediatörler, tromboksanA2, lökotrienler, platelet aktive edici faktör (PAF), sitokinler, serbest oksijen radikalleri, adezyon molekülleri, nörojenik mekanizmalar sayılabilir (93,104,113).

Tanı

Öykü, fizik muayene, radyolojik incelemeler ve akciğer fonksiyon testleri, astım olduğu kuşku duyulan kişilerde tanı koydurucudur.

Astımda solunum fonksiyon testlerinin başlıca dört önemli yararı vardır.

1. Solunum yollarında gelişen daralmanın derecesini ve gaz değişiminde oluşan değişikliklerin değerlendirilmesi

2. Allerjenler ve bronş daralmasına neden olan diğer maddelere karşı akciğerlerde oluşan yanıtların değerlendirilmesi
3. Tedavide kullanılan bronkodilatör ilaçların ve diğer tedavi etkinliklerinin sonuçlarının değerlendirilmesi
4. Hastalık prognozunun değerlendirilmesi (9,14,80,81,104,105).

Sınıflama

A.Etiyolojik sınıflama:

1. İlaçlara bağlı astım
2. Egzersiz ile oluşan astım
3. Mesleki etkenlerle oluşan astım
4. Emosyonel nedenlerle oluşan astım
5. Latent astım
6. Solunumsal etkenlerle oluşan astım

B.Patogeneze göre sınıflama:

1. IgE'ye bağlı yol (allerjik astım): Ekstrensek astım da denir. Solunum yoluyla organizmaya giren allerjenlerin yaptığı astımdır.
2. IgE'ye bağlı olmayan yol (allerjik olmayan yol): İntrensek astım da denir.
3. Mikst astım:

C.Havayolu obstrüksiyonunun şiddetine göre (Tablo1) de sınıflama yapılabilir.

Tablo1. Solunum yolu obstrüksiyonunun şiddetine ve özelliğine göre astımın sınıflaması (1)

<u>Astımın şiddeti</u>	<u>Tedaviden önceki klinik özellikler</u>	<u>Akciğer fonksiyonu</u>
<i>Hafif</i>	İntermitant, kısa semptomlar → <haftada 2 kez Noktürnal astım semptomları → <ayda 2 kez Ataklar arası asemptomatik	PEF>%80 PEF değişkenliği → <%20 PEF,bronkodilatör sonrası normal
<i>Orta</i>	Ataklar → >haftada 1-2 Noktürnal astım semptomları → >ayda 2 kez Hemen hemen hergün B-2 agonist kullanımı gerektilen semptomlar	PEF %60-80 beklenen başlangıç PEF değişkenliği → %20-30
<i>Ağır</i>	Sık ataklar Devamlı semptomlar Sıklıkla noktürnal astım semptomları Astımdan ötürü fizik aktivitenin kısıtlanması	PEF<%60 beklenen başlangıç değeri PEF değişkenliği → >%30

Tedavi

Astım tedavisinin amacı

1. Noktürnal semptomlar dahil olmak üzere kronik semptomların önlenmesi veya en aza indirilmesi
2. Atakların önlenmesi, şiddeti ve sıklığının azaltılması
3. Hastaneye yatış ve acil servise başvuruların en aza indirilmesi

4. Beta-2 agonistlere gereksinimin azaltılması
5. Egzersiz dahil aktivitelerde ve günlük yaşamda kısıtlama olmaması
6. PEF değerinin normal veya normale yakın olması, değişkenliğin %20'den az olması
7. İlaçların yan etkilerinin olmaması veya minimal olması şeklinde özetlenebilir.

Astım tedavisinde ilk basamak, hastayı ve ailesini, tetikleyici faktörlerden uzak durma konusunda eğitmektir (13,14,80,104).

Farmakoterapi: Beta adrenerjik ajanlar, teofilin, kortikosteroidler, mast hücre stabilizatörleri, antikolinergik ajanlar, astma tedavisinde yeni ilaçlar (Zafirlucast, Montelukast).

İnhale furosemid: Egzersizin tetiklediği astımda etkili olduğunu gösterir çalışmalar vardır (71).



SİSTOLİK VE DİYASTOLİK KALP FONKSİYONLARI

Kardiyovasküler sistem, sistol ve diyastol olarak tanımlanan iki döngünün bir biri ardı sıra süregelen ilkesi ile işlev gösteren kompleks yapıdan oluşur. Yapısal ve sistemik hastalıklar iki döngüden birini veya ikisini birden bozarak döngüyü aksatır veya durdurabilirler.

Sistol fizyolojisi

Sistol, izovolemik kontraksiyon ve ejeksiyon fazlarından oluşur.

İzovolemik kontraksiyon: Ventrikül sistolünün başlangıcı ile semilunar kapağın açılması arasındaki sürece izovolemik veya izometrik kontraksiyon denir.

Ejeksiyon fazı: Semilunar kapakların açılması ile başlar. “Hızlı ejeksiyon”, “azalan ejeksiyon” fazı olmak üzere iki dönemden oluşur (16,115). Ventriküllerin sistolik fonksiyonları miyokardın ön yük, ard yük ve kontraktilite özelliklerine bağlıdır.

Sistolik Fonksiyonların Ekokardiyografi ile Değerlendirilmesi

Ekokardiyografik incelemede ejeksiyon indeksleri ana parametreleri oluşturur. En sık kullanılan ejeksiyon indeks parametreleri ise ejeksiyon fraksiyonu (EF), atım hacmi (stroke volüm), fraksiyonel kısalma (FS, fractionel shortening) ve çevresel lif kısalma hızıdır (Vcf, circumferential fiber shortening).

Ejeksiyon fraksiyonu: Diyastol ve sistol sonu sol ventrikül volüm farkının, diyastol sonu sol ventrikül volümüne bölünmesi ile elde edilir. Çocuklarda ekokardiyografik olarak ölçülen normal ejeksiyon fraksiyonu değeri 66 ± 4 iken bu değer in sırt üstü yatar pozisyonda 50 ' nin altında olması patolojik olarak değerlendirilir.

Fraksiyonel kısalma (FS): Sol ventrikül diyastol sonu çapından sistol sonu çapının çıkarılıp, bu değer in diyastol çapına bölünmesi ile elde edilir. Normal çocuklarda kısalma fraksiyonu 36 ± 4 ' tür. Bu değer in 25 ' in altına düşmesi patolojiktir (5,45,97,115).

Atım Hacmi: Sol ventrikülün diyastol hacminden sistol sonu hacminin çıkarılması ile elde edilir.

Çevresel lif kısıalma hızı (Vcf): Sol ventrikülün işlevi için ejeksiyon fraksiyonuna göre daha anlamlı bir ölçümdür. Vcfnin normal değerinin alt sınırı 1.1 çevre/sn'dir.

Diyastol Fizyolojisi

Ventriküllerin normal diyastolik fonksiyonu, düşük basınç ile yeterli doluş hacminin sağlanması olarak tanımlanabilir. Sistol, yalnızca miyokard kasılması ile ilgili olmasına karşın, diyastolde ventrikül doluşu bir çok faktörün etkisi ile oluşmaktadır. Bunlar miyokardın viskoelastik özellikleri, ventrikül kompliyansı (esnekliği), koronerlerin doluşu, atriyum kasılması, ventriküllerin etkileşimi ve perikard etkisidir. Diyastol, aort kapağının kapanması ile mitral kapağın kasılması arasında ve dört aşamada gerçekleşir (50,52,54,76).

İzovolemik relaksasyon: Aort kapağının kapanması ile mitral kapağın açılması arasındaki sürede izovolemik relaksasyon olur (50,52,54,76,115).

Hızlı doluş süreci: Mitral akımın başlangıcından, sol ventrikül doluş hızının plato yaptığı zamana kadar devam eder. Diyastolün bu fazı, sol ventrikülün gevşemesine (relaksasyon), esnekliğine (kompliyans) ve miyokardın viskoelastik özelliklerine bağlıdır (50,52,54,76).

Diastaz süreci: Hızlı doluş sürecinden atriyum kontraksiyonunun başlangıcına kadar olan ve ventriküler doluşun pasif olarak devam ettiği süredir (50,52,54,76).

Atriyal kontraksiyon: Diyastolün son aşamasıdır. Atriyal kontraksiyon gücüne, kısmen de ventrikül esnekliğine ve perikardın etkisine bağlıdır.

Diyastolik fonksiyonların ekokardiyografi ile değerlendirilmesi

Ekokardiyografi, noninvazif, kolay uygulanabilmesi ve Doppler ekokardiyografi ile elde edilen bulguların anjiyografik yöntemlerle elde edilen bulgularla benzerlik göstermesi nedeniyle diyastolik fonksiyon çalışmalarında yaygın olarak tercih edilen bir tanı yöntemidir (100). Doppler ekokardiyografi, diyastolik fonksiyonlarının ölçümü, sol ventrikül doluşu sırasında mitral kapaktan geçen kan akım hızının ölçülmesi esasına dayanır (100,103).

Pulse wave (pw) Doppler ekokardiyografi ile sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarını belirlemek için apikal dört boşluk konumunda, atriyoventriküler kapak yaprakçıklarının hemen üzerinde ve olabildiğince akıma paralel olarak ölçüm yapılır. Bu şekilde elde edilen mitral akım

trasesi, sol atriyumdan sol ventriküle geçen kanın zamana göre akım hızını gösterir ve iki kısımdan oluşur (33,50,54,55,76,103).

E dalgası: Erken ventriküler doluşu yansıtır. Akım hızının sıfıra indiği ve A dalgasının başlangıcına kadar olan kısım diyastazdır.

A dalgası: Diyastazı izleyerek oluşan ikinci dalgadır. A dalgası ventrikül doluşunun geç evresi olan atriyal kontrksiyonu gösterir ve maksimal noktaya ulaştıktan sonra azalarak mitral kapağın kapanması ile sona erer.

E ve A dalgalarının ölçümleri ile elde edilen ve diyastolik fonksiyonları belirlemekte kullanılan parametreler şunlardır.

1. **Pik doluş velositeleri (peak filling velocities):** E ve A dalgalarının yükseklikleri
2. **Hız-zaman integralleri (velocity-time integral VTIE-VTIA):** E ve A dalgalarının kapladığı alandır.
3. **Hız-zaman integraller oranı (VTI E/A)**
4. **Pik doluş hızı (peak filling rate-PFR):** E velositesi ve mitral annülüs alanının çarpımı ile elde edilir.
5. **Normalize pik doluş hızı (nPFR):** Pik doluş hızının sol ventrikül diyastol volümüne bölünmesi ile elde edilir. Sol ventrikül stiffness'inin (esneksizlik) bir indeksidir.
6. **Atriyal doluş hızı (atriyal filling rate-AFR):** Pik atriyal velosite ile mitral annülüs alanının çarpımı ile elde edilir.
7. **İzovolemik relaksasyon zamanı (IVRT):** Aort kapağının kapanması ile E dalgasının başlangıcına kadar olan süredir.
8. **Yarı doluş fraksiyonu (half-filling fraction)**
9. E ve A dalgalarının artma ve azalma hızları (eğim ve süreleri).

Diyastolik doluşu etkileyen fizyolojik değişkenler

Kalp hızı: Kalp hızı artıkça E hızı değişmez; A hızı artar; sonuç olarak pik E/A oranı azalır (50,54,55,72,76).

Solunum: İnspiryumda sol ventrikül doluş hızları azalır. Bu nedenle solunumun etkilerini azaltmak için ölçümler ya apne sırasında ya da birden fazla kalp atımında tekrarlanmalıdır.

Yaş: Yaş arttıkça pikA velosite artar, E/A oranı azalır (64,115,117).

Ön yük ve ard yük değişiklikleri: Önyük azaldığında sol atriyum ve sol ventrikül arasındaki basınç farkı azalır. Erken ventriküler doluşun (E hızı) azalmasına bağlı olarak E/A oranı azalır. Önyük arttığında ise atriyal kontraksiyonun diyastole katkısı azalır ve buna bağlı olarak E/A oranı artar (23,24,33).

Diyastolik fonksiyon bozukluğuna neden olan durumlar

İntrensek nedenler:

1. Ventriküler gevşemenin bozulması
2. Ventriküler duvarın esnekliğini değiştiren nedenler (kardiyomiyopatiler, aort stenozu, sistemik hipertansiyon)
3. Visköz özellikler
4. Diğer faktörler (miyokard iskemisi, osmolalite)

Ekstresek nedenler:

1. Perikardın etkisi
2. Atriyal kontraksiyon
3. Diyastolik dolumun artışı
4. Kan volümü
5. Sağ ventrikülün aşırı yüklenmesi

EGZERSİZ TESTİ

Günümüz pediatrik kardiyologları için vücudun akut egzersiz girişimlerine yanıtının ve tekrarlanan egzersiz çalışmalarına uyumlarının fizyolojisinin anlaşılmasının önemi artmaktadır. Dinamik egzersiz testi kardiyak ve nonkardiyak sorunları olan çocukların ve genç erişkinlerin değerlendirilmesini ve teşhisini kolaylaştırır. Egzersiz testleri, kişilerin fiziksel çalışma kapasitelerini değerlendirmekte, maksimum oksijen tutulumlarını tahmin etmekte, fiziksel çalışma kapasitelerini sınırlayan mekanizmalara ipuçları sağlamakta kullanılır (59,68). Akut egzersiz girişimi organ sistemlerinin artan strese yanıtındaki fonksiyonel bütünlüğü araştırmada tanısal bir yöntem olarak

kullanılabilir (15,43,63,68). Vücudun egzersize fizyolojik yanıtı araştırılırken büyüme ile ilişkili bazı fizyolojik faktörler ele alınmalıdır. Büyüme maksimum O_2 tutulumunda, kardiyak debide ve çalışma kapasitesinde artışa neden olur. Benzer şekilde pulmoner ventilasyon, solunumsal dakika hacmi ve tidal volümdeki artış sonucu artar. Büyüme ile ilişkili bu normal fizyolojik değişiklikler çocuğun dinamik egzersizdeki performansını etkiler (56,59,111). Çocuklardaki ve erişkinlerdeki egzersiz fizyolojisi çalışmaları bisiklet ergometreleri ve treadmill (ayak değirmenleri) ile yapılmaktadır. Erkeklerde maksimum egzersiz sırasında oksijen tutulumu (VO_2), dakika ventilasyon (V_e) ve tidal volüm (VT) kızlara göre daha fazladır ve bu vücut ölçüleri ile ilişkilidir. Erkeklerde VO_2 'nin yüksek olması, V_e ve VT 'nin daha fazla olması nedeniyledir. Solunum değişiklikleri, dakika ventilasyon (V_e) ve VT , antropometrik ölçümlerle özellikle; ağırlık ve boy ile yakından ilişkilidir (1, 6,56,87).

Biyoenerjistikler: Bütün hücrel aktiviteler enerji gerektirir. Dinlenme ve egzersiz sırasında üç temel enerji sistemi vardır (16,68).

1. ATP-fosfokreatinin (ATP-PCr) sistemi: 15 saniyeye kadar olan tüm yüklenme aktiviteleri için primer enerji sistemidir.
2. Anaerobik glikolitik enerji sistemi: 30 saniye ile 2 dakika arasındaki tüm enerji kullanımları için primer enerji sistemidir.
3. Oksidatif enerji sistemi: 3 dakika veya daha uzun süren bütün maksimum dışı egzersizlerdeki primer enerji sistemidir. Bu sistem aerobik sistemdir. Dakikada alınan O_2 miktarı (VO_2), hem dinlenmede, hem de egzersiz sırasında harcanan enerji ölçümünün ve yüksek enerjili fosfat bileşiklerinin anaerobik rejenerasyon oranının belirteçidir (116).

Her iş durumu için bir VO_2 değeri söz konusudur. VO_2 daha fazla artamayacağı (pik) değere kadar iş oranı ile doğrusal ilişkili olarak artar. VO_2 'nin eriştiği pik değere $maxVO_2$ denir. $MaxVO_2$ vücudun enerji harcama oranını gösterir ve aynı zamanda aerobik kapasite olarak da tanımlanır (1,16,39,56,68).

$$VO_2 = Q \text{ (kardiyak debi)} \times \text{arteriyel-venöz oksijen farkı.}$$

$$Q \text{ (kardiyak debi)} = \text{Atım hacmi (stroke volüm; SV)} \times \text{kalp hızı (HR)}$$

$$VO_2 = \text{Atım hacmi} \times \text{kalp hızı} \times \text{arteriyel-venöz oksijen farkı}$$

Bu eşitlikte görüldüğü gibi aerobik kapasite, kardiyak debi ve arteriyel-venöz oksijen farkından etkilenmektedir. Sağlıklı çocuklarda $maxVO_2$ 'in majör sınırlaması primer olarak kardiyak

debidir. Atım hacmi, diyastol sonu hacim ve sistol sonu hacim arasındaki farktır (1,16,59,68). Atım hacmi ve vücut kompozisyonuna bağlı olarak erkeklerde maxVO_2 kızlardan daha fazladır (90,91). Treadmill testlerinden elde edilen değerler bisiklet ergometre testlerinden yaklaşık %10 daha fazladır. VO_2 'nin değerlendirildiği birçok egzersiz testinde CO_2 üretimi de (VCO_2) değerlendirilir. CO_2 üretiminin O_2 alımına oranı, VCO_2/VO_2 , respiratuar exchange oranıdır (RER). RER, akciğerdeki gaz değişimini yansıtmaktadır. RER değerleri belirli bir miktarda harcanan enerji için kullanılan substratla yağ metabolizmasında 0.70'i yansıtan ve karbonhidrat metabolizmasında 1.0'ı yansıtan değer penceresini sağlar. Çocuk iş oranını artırdığı sürece maksimum iş oranında en az 1.0 değerini aştığında karbonhidratlara artmış bağımlılığı gösterir. Bunun nedeni akciğerlerin yüksek enerji harcamalarında artan anaerobik metabolizma sonucu asit ürünlerini tamponlamak için çok fazla CO_2 üretmeleridir (1,16,68,111). RER dinlenmede genellikle 0.7-0.85 arasındadır. 1'den yüksek RER sıklıkla kişinin maksimum düzeyde efor verdiğini gösterir (1). Egzersiz metabolik gereksinimi artırır ve dolayısıyla üretilen CO_2 miktarı artar, enerji sağlamak için gerekli O_2 miktarı artar. Çocuklar artmış metabolik gereksinimi karşılamak için VO_2 değerini artırır ve bunu kardiyak atımı ve arteriyel-venöz O_2 farkını artırarak yaparlar. Kalp büyüklükleri ve kan hacimleri erişkinlere göre küçük olduğundan dinlenmede ve egzersizde atım volümleri erişkinlerle karşılaştırıldığında azdır (40,79). Kardiyak debiyi artırmak için kalp hızını daha fazla artırır. Maksimum kalp hızı (HRmax) : 220-yaş (yıl) (1,16,59,68,111).

Egzersize arteriyel basınç yanıtı, kullanılan kas kitlesinin miktarına, büyüklüğüne ve iş cinsine bağlıdır. Arteriyel kan basıncı (BP) = Q (kardiyak debi) x TPR (periferik direnç). Artan yoğunluktaki dinamik egzersiz sırasında sistolik kan basıncında artış ve diyastolik kan basıncında hafif azalma ya da değişimeme vardır (1,16,40,68).

Çocuklarda egzersiz testinin kullanıldığı durumlar (1,16, 59,106,111)

1. Egzersizin tetiklediği özgül semptomların ya da bulguların değerlendirilmesi
2. Kardiyak ya da nonkardiyak bozukluklarda egzersize anormal adaptif yanıtların tanımlanması
3. Medikal ya da cerrahi uygulamaların etkinliğinin değerlendirilmesi
4. İş, eğlence ve atletik gereksinimler için fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesi
5. Özgül bir bozukluğun prognozunu tahmin etmek
6. Tüm fiziksel sağlamlık düzeylerinin değerlendirilmesi

7. Rehabilitasyon programlarının takibi için bazal bilgi elde etmek.

Egzersiz testinin kesin kontrendikasyonları

1. Perikardit, miyokardit ve romatizmal kapak hastalığı gibi akut enflamatuar kalp hastalıkları
2. Kontrol altına alınamayan kalp yetersizliği
3. Akut miyokard enfarktüsü
4. Akut akciğer hastalıkları (astım, pnömoni)
5. Ağır sistemik hipertansiyon
6. Akut böbrek hastalıkları (akut glomerulonefrit)
7. Akut hepatitler
8. Egzersize kardiyopulmoner yanıtı etkileyen ilaç zehirlenmeleri (digoksin, salisilat, kinidin).

Kısmi kontrendikasyonlar

(Bu gruptaki hastalara egzersiz testi çok dikkatle uygulanmalıdır)

1. Ağır aort veya pulmoner stenoz
2. Kawasaki hastalığının akut dönemi
3. Glikojen depo hastalıkları (Tip I,IV)
4. Hemorajik hastalıklar
5. Ortostatik hipotansiyon
6. Pulmoner arter hastalığı
7. Önemli bir kalp hastalığı ile birlikte ciddi ventriküler distritmisi olanlar.
8. Ciddi sol ve ventriküler okstrüksiyon
9. İskemik kalp hastalıkları.

Risk ve önlemler: Egzersiz testine başlamadan önce öykü alınması ve fizik muayenenin yapılması önemlidir. Çocuklarda test sırasında ölüm bildirilmemiştir. Göğüs ağrısı, senkop, hipotansiyon ve tehlikeli aritmiler gibi komplikasyonlar %2 oranında görülmektedir. Erişkin hastalar için egzersiz testi mortalitesi %0.01, morbiditesi %2 olarak bildirilmiştir. Ağır astımlı erişkin hastalarda yapılan çalışmalarda egzersiz süresince oluşan kardiyak aritmilerin bronşlardaki obstrüksiyonla ilgili olmadığı saptanmıştır (1).

Egzersiz testinin sonlandırılma kriterleri

1. Hasta sonlandırmak ister
2. Egzersiz testi uygulamasından gerekli sonuçlar elde edilmiştir

3. Monitör ekipmanı başarısızdır
4. Göğüs ağrısı, baş ağrısı, senkop, baş dönmesi
5. 3mm'den fazla ST segment depresyonu
6. Sistolik kan basıncının 250 mmHg'ın üzerine çıkması
7. Sistolik kan basıncında düşme
8. Progresif atriyoventriküler blok
9. Ciddi disritmilerin başlaması (VT, SVT)
10. Göğüs ağrısı, baş ağrısı, baş dönmesi, görme bozukluğu, solukluk, aşırı yorgunluk, bulantı
11. Belirgin dispne ve siyanoz
12. Diyastolik kan basıncında istirahate göre 20 mmHg ve üstünde yükselme olması
13. Egzersize devam edilmesine karşın kalp hızı ve kan basıncının yükselmemesi.

Akciğer hacim ve kapasiteleri

A. Statik parametreler:

1. *Solumum volümü (Tidal volüm)*: Her solukta alınan veya verilen hava miktarıdır.
2. *İnspiratuar kapasite (IC)*: Solunum volümü ile inspiratuar rezerv volümün birleşmesinden meydana gelmektedir. En derin inspirasyon ile akciğerlere giren hava hacmidir.
3. *İnspiratuar rezerv volüm (IRV)*: İnspirasyonla normal soluk havası alındıktan sonra, en derin inspirasyonla akciğerlere alınabilen hava hacmidir.
4. *Ekspiratuar rezerv volüm (ERV)*: Normal ekspirasyon çıkarıldıktan sonra, en derin ekspirasyonla akciğerlerden çıkarılabilen hava volümüdür.
5. *Vital kapasite (VC)*: Bir inspirasyondan sonra, kuvvetli bir ekspirasyonla dışarı atılan hava miktarıdır.
6. *Rezidüel volüm (RV)*: En derin ekspirasyonla akciğerlerden çıkarılamayan hava hacmidir (minimal hava ile kollaps havasının toplamı).
7. *Total akciğer kapasitesi (TAK)*: Vital kapasite ile rezidüel hacmin toplamıdır.
8. *Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC)*: Sakin bir ekspirasyon sonunda akciğerlerde kalan hava, ekspiratuar rezerv volüm ile rezidüel volümün birleşmesinden meydana gelir.

B. Dinamik parametreler:

1. Solunum dakika hacmi:

solunum dakika hacmi = sakin soluk havası x soluk sayısı

2. Zamanlı vital kapasite

3. FVC (zorunlu vital kapasite)

4. FEV_1 : Ekspiryum ile birinci saniyede çıkarılan zorlu ekspirasyon volümüdür. Obstrüktif akciğer hastalığı araştırmasında en çok kullanılan bir parametredir.

5. FEV_1/FVC : Obstrüktif hastalıklarda solunum yolları direncinin artması FEV_1 'de düşmelere neden olur ve buna bağlı olarak da FEV_1/FVC oranı düşecektir. Obstrüktif hastalığın ciddiyetinin belirlenmesinde kullanılır.

6. PEF (peak ekspiratuar akım l/sn): FEV_1 sırasında herhangi bir anda ulaşılabilen maksimum akım hızıdır. Özellikle hastanın medikal tedavisinin düzenlenmesi ve izlenmesi açısından astımlı hastalarda önemlidir.

8. FEF_{25-75} ve FEF_{50} : Maksimum ekspirasyon ortası ve sonu akım hızını gösterir. Belirli bir zaman aralığında ortalama akım hızını ölçen bu değerler periferik hava yolları ve orta boy hava yollarına ilişkin bilgi verir.

9. MVV (maksimum istemli ventilasyon): Belirli bir zaman diliminde istemli olarak yapılabilinen maksimal solunum hacmidir. Solunum kaslarının devamlılığı, havayolları ve dokuların, akciğer ve toraksın kompliyansı hakkında bilgi verir.

Egzersiz Tipleri

Submaksimal egzersiz testleri: Bu testler önceden belirlenmiş bir iş tamamlandığında veya hedeflenen maksimum kalp hızının %85'ine ulaşıldığında sonlandırılır.

Maksimal Egzersiz Testleri: Bu testlerin tekniği multistage submaksimal testlere benzer. Farklı olarak bunlarda sonlandırma yorgunluk, dispne, göğüs ağrısı, kalp debisi yetersizliğini gösteren klinik bulgular veya EKG bozuklukları nedeni ile olur.

En sık kullanılan multistage submaksimal veya maksimal egzersiz testleri bisiklet ve treadmill testleridir.

Treadmill testi: En yaygın kullanılan test tipidir (%71). En sık kullanılan treadmill testi protokolü Bruce protokolüdür. Bruce protokolü çok evreli olup, 3 dakikalık evreler sonunda hızda ve

eğimin yüzdesinde artış olur. 4 yaş ve üstü çocuklar için oldukça uygun bir egzersiz testi protokolüdür. Bruce protokolünde maksimal endürasyon zamanı, total egzersiz kapasitesi olarak kullanılmaktadır. Maksimal endürasyon zamanı hastanın test sırasında ulaşabildiği maksimum süredir (1,16,59).

Egzersiz testi sırasında elde edilen parametrelerin değerlendirilmesi

İş oranı: İş oranı ya da güç değerleri kilopond x metre /dk (kpm/dk) ya da daha sık olarak watt olarak verilebilir (16).

Aerobik kapasite: Aerobik kapasite değerleri genellikle maksimum dakika oksijen kullanımı (maxVO_2) ve solunumsal anaerobik eşiğin başlangıcındaki dakika O_2 kullanımınıdır (VAT). VAT ve maxVO_2 çocuklarda kalp hızından daha duyarlı gösterge olarak bilinmektedir (1,56).

Maksimum O_2 tutulum (maxVO_2) değeri, kişinin maksimum aerobik kapasitesini (uzun süreli, şiddetli egzersizlerde kişinin dayanıklılığı) tanımlayan en güvenilir değerdir. Kişinin bir zaman diliminde kullanabildiği O_2 miktarı ne kadar fazla ise aerobik kapasite de o kadar fazladır. Bu değer, kişinin kardiyopulmoner uyumunu gösteren en iyi değerdir. Düzenli fiziksel egzersizle aerobik kapasite %15-20 oranında artırılabilir. 18-25 yaşlarında maxVO_2 en yüksek düzeyine ulaşırken, 70 yaşlarında 20 yaşındaki düzeyin %50'si kadardır. MaxVO_2 'nin geliştirilmesi dinamik ve statik egzersiz yapılmasının bir ayrıcalık oluşturması yanı sıra, uygulanacak antrenmanın sıklığı ve süresine de bağlıdır. Pediatrik popülasyonda maxVO_2 'nin geniş değerleri nedeniyle bir egzersiz testi sırasında bireyin maxVO_2 değerinin çocuğun elde edebileceği en yüksek olup olmadığını bilmek zordur

Şiddetli artan egzersiz sırasında gerekli enerji belirli bir noktaya kadar aerobik mekanizmalar ile karşılanır. Ancak bir noktadan sonra aerobik mekanizmalar yetersiz kalır ve anaerobik mekanizmalar devreye girer. Anaerobik mekanizmaların devreye girdiği bu noktaya "anaerobik eşik" denir. Anaerobik eşik, sedanter kişilerde maksimum O_2 tutulumunun %40-60'ında görülür. VAT genellikle egzersizin indüklediği laktik asidin tamponlanması nedeniyle artmış CO_2 üretiminin tesbit edilebilen respiratuar kompensasyonundaki VO_2 değeri olarak tanımlanır.

Kardiyak debi: Kardiyak debinin noninvazif ölçümü aerobik kapasitenin değerlendirilmesinde önemli bir ölçüttür. Kardiyak debinin artırılmasında çocuklar O_2 kullanımı olarak ölçülen çalışma

kapasitesi ve aerobik kapasitesi gibi çeşitli mekanizmalarla korunabilir. Kardiyak debinin noninvazif ölçümü pediatrik egzersiz laboratuvarında rutin yapılan güvenilirliği düşük ölçümlerden birisidir.

Kalp hızı: Egzersiz sırasında kalp debisindeki artış yeteneğinin başlıca belirleyicisi kalp hızındaki değişikliklerdir.

Kan basıncı: Sistolik kan basıncı, egzersizle önemli derecede artar. Diyastolik basıç genellikle düşer ya da değişmez. Pediatrik popülasyonun hesaplanan normal kan basıncı değerinde önemli yaş, cinsiyet ve ırk farklılıkları bulunur. Sistolik kan basıncındaki körlemesine artış ya da sistolik kan basıncındaki düşme özellikle sol ventrikül obstrüktif lezyonlarında ciddi ventriküler çıkış yolu obstrüksiyonunu dolayısıyla azalmış kardiyak debiyi belirtebilir.

Tablo2. Maksimum dinamik kan basıncı yanıtı (Bruce protokolü) (25)

Yaş	Erkek (mmHg)	Kız (mmHg)
10 ve 12	151+/-10	138+/-14
13 ve 15	157+/-10	157+/-15
16 ve 18	165+/-17	150+/-20

Miyokard perfüzyonunun ölçümleri: Pediatrik popülasyonda egzersizin tetiklediği miyokard iskemisi üzerine olan bilginin çoğu elektrokardiyografik değişiklikler ya da nükleer perfüzyon görüntülemesi gibi miyokard perfüzyonunun belirteçleri kullanılarak elde edilmiştir (39, 46).

Kan basıncı-kalp hızı indeksi: Egzersizin her evresi için kalp hızı ile sistolik kan basıncının çarpımı ile elde edilir. Bu çarpım egzersiz sırasındaki miyokardın O₂ tüketimi için bir göstergedir.

Egzersiz elektrokardiyogram: Egzersiz sırasında oluşan S-T segmenti değişiklikleri miyokard iskemisi tanısı için kullanılır. ST segmentinin yükselmesi transmural iskemiye gösterirken, ST segmenti depresyonu subendokardiyal iskemi ve enfarktüsü gösterir.

Disritmiler: Egzersiz testinin en yararlı olduğu disritmi tipi ventriküler erken vurudur (VEV). Ciddi kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan erişkin hastalarda yapılan bir çalışmada egzersiz ile kardiyak aritmi arasında pulmoner hastalığın derecesinin rolü olmadığı saptanmıştır (82).

Ejeksiyon fraksiyonu (EF): Radyonükleid anjiyografi ile istirahatte ve egzersiz sırasında EF ölçülebilir.

Endürasyon süresi (Egzersiz kapasitesi): Bruce treadmill testinde, endürasyon süresi egzersiz kapasitesinin tek göstergesi olup, kişinin yapabildiği maksimum egzersiz süresidir.

Tablo3. Bruce treadmill testi normal endürasyon süresi (dk) (25)

	persantil						SD
	10	25	50	75	90	ort.	
Erkek(yıl)							
4 ve 5	8,1	9	10	12	13,3	10,4	1,9
6 ve 7	9,7	10	12	12,3	13,5	11,8	1,6
8 ve 9	9,6	10,5	12,4	13,7	16,2	12,6	2,3
10 ve 12	9,9	12	12,5	14	15,4	12,7	1,9
13 ve 15	11,2	13	14,3	16	16,1	14,1	1,7
16 ve 18	11,3	12,1	13,6	14,5	15,8	13,5	1,4
Kız(yıl)							
4 ve 5	7	8	9	11,2	12,3	9,5	1,8
6 ve 7	9,5	9,6	11,4	13	13	11,2	1,5
8 ve 9	9,9	10,5	11	13	14,2	11,8	1,6
10 ve 12	10,5	11,3	12	13	14,6	12,3	1,4
13 ve 15	9,4	10	11,5	12	13	11,1	1,3
16 ve 18	8,1	10	10,5	12	12,4	10,7	1,4

Solunum yetersizliği ve egzersiz

Sağlıklı sedanterler dahil olmak üzere egzersizde akciğerlerin toplam kapasitesinin %80'i kullanılır. Geriye kalan %20'lik rezerv kronik akciğer hastalıklarında egzersiz kapasitelerinde az bir düşmeyle devam edebilir; ancak orta dereceli akciğer hastalığından şiddetli akciğer hastalığına dönüştüğünde ise kaybolur. Bu da gaz alışverişini bozarak egzersiz süresince, hemoglobin saturasyon miktarının düşmesiyle sonuçlanabilir. Akciğerdeki bu fonksiyon bozukluğu ilerledikçe O₂ azalması hafif egzersizlerde görülebileceği gibi istirahat durumunda bile ortaya çıkabilir.

İnspirasyonun majör yükünden sorumlu diyafragmanın kısalığı ve düşük yassı yerleşimi nedeniyle mekanik olarak da etkilenmektedir. Hava yollarının kollapsı, gaz difüzyonu için mevcut yüzey alanlarında kayba neden olur. Azalan difüzyon, pulmoner kapilerlere oksijen girmesini ve pulmoner kapilerlerden CO₂ atılımını düşürür. Diyafragmanın etkisizliği ve kayıp yüzey alanlarından gaz transferinin azalması, gaz girişi ve değişiminin etkinliğinin azalması ve solunum iş

ikünün artmasına neden olmaktadır. Bu hastalarda uzamış ekspirasyon ile birlikte egzersiz solunum frekansının fazla olması, dinamik hiperinflasyona ve ekspirasyon sonu artmış akciğer volümüne bağlıdır. Dinamik hiperinflasyon inspirasyon yükünü artırır. Solunum yetersizliklerinde ekspirasyon sonu volümünün artmış olmasının solunumsal sınırın oluşmasında etken olduğu son zamanlarda vurgulanmıştır. İnspirasyon başında astımlı hastalar daha fazla bir kuvvet harcayarak öğüs kafesi geri çekilme kuvvetini yenebilirler. Kompliyansa bağlı abartılı frekans gerçekleştirebilirler. Statik kompliyans (yüzey gerilimi) azalmasına bağlı olarak hastalar solunum boyunca yüzeyel basınç-volüm eğrisi çizerler.

Kronik pulmoner hastalığı olan çocuklarda egzersiz testi astımlı ve astımı olmayan hastayı ayırabilir. Treadmillde maksimum çalışma kapasitesinin %66'sında 6 dakika boyunca %0 grade ya da serbest oranlı koşma genellikle astımda bronkokonstrüksiyonu tetikler. Egzersizin tetiklediği bronkokonstrüksiyon, egzersiz sonrası pik ekspiratuar akımda %10-15 ya da daha fazla azalma ile birlikte olduğunda astım için tanı koydurucudur (59,68). Solunum yetersizliklerinde egzersizde, maksimum ventilasyonun, MVV değerine oranı (Vmax/MVV) hastanın istirahatteki durumunu iyi belirleyen kriterdir. Bu hastalarda ekspirasyon akım ölçümleri; FEV₁ ile MVV anlamlı korelasyon göstermektedir. Geri dönüşümsüz kronik akciğer hastalığı olup steroid ile tedavi edilen erişkin hastalarda steroid tedavisinin egzersiz performansı üzerine etkili olmadığı saptanmıştır (101).

Solunum yetersizliği olan hastalarda hipoksemi, hiperkapni ve dengesiz beslenme, solunum kaslarının fonksiyonunu baskılar. Bu mekanik yetersizliğin sonucunda diyafragma güçsüzlüğü ortaya çıkmaktadır. Hiperinflasyona bağlı diyafragma kısalığı gelişir ve diyafragma eğimi bozulmasına bağlı olarak solunum alanı azalır.

Astımlı hastaların bir bölümünde fiziksel aktivite astım alevlenmelerini tetikleyen önemli bir faktördür (2,10,12,48,83). Çocuk ve adolesanlarda egzersizin tetiklediği bronkospazm prevalansını saptamak amacıyla yapılmış çalışmalarda egzersizin tetiklediği bronkospazm prevalansı %16 oranında belirlenmiştir (10). Sağlıklı insanlarda EIB tanısı koymak zordur; zira semptomlar ve objektif testler arasındaki ilişki kesin değildir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırma, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Pediatrik Allerji ve Akciğer Hastalıkları Bilim Dalı Polikliniğinden izlenmekte olan, 7-16 yaşlar arasında 20 astımlı hastada ile özdeş yaş grubundan 20 sağlıklı çocukta yapıldı.

Vakaların seçimi:

Deneklerin hepsi öykü, fizik muayene, radyolojik inceleme ve solunum fonksiyon testi ile kesin astım tanısı konmuş hastalardı. Çocukların hiçbirisinde astım dışında bir akciğer hastalığı veya diğer bir sistemik hastalık yoktu. Son 1 yıl içinde yapılan spirometrik incelemede inhalasyon yolu ile verilen salbutamolden sonra FEV₁'de %15 veya daha fazla; FEF₂₅₋₇₅'te %25 artış saptanarak astım tanısı kesinleşmiş vakalar çalışmaya alındı. Astım vakalarının astım ağırlık derecesini saptamak için hastalar hafif, orta ve ağır astım olmak üzere üç grup olarak değerlendirildi.

Çalışmaya alınan 20 vakanın 13'ü erkek, 7'si kızdı. 16 çocuk orta, 4 çocuk da ağır astım tedavisi ile izlenen hastalardı. Hastaların tümü prick deri testi ile en sık rastlanan inhalan allerjenler (Dermatophagoides farinae, Dermatophagoides pteronyssinus, kedi, köpek, mantar, polenler histamin ile kontrol edilerek; Allergopharma, Germany) açısından değerlendirilmiş ve özgül bir allerjene karşı duyarlılığı olduğu saptanmıştı. Deri testinde 3 mm veya daha fazla hiperemi ve endürasyon saptandığında pozitif olarak değerlendirildi. Astıma ilave olarak tüm hastaların ayrıca allerjik riniti vardı. 16 hasta inhale steroid, 8 hasta nasal steroid tedavisi görmekteydi.

Hastaların son 3 hafta içinde atak geçirmemiş olmasına ve son dört hafta içinde de herhangi bir bakteriyel veya viral enfeksiyon geçirmemiş olmalarına dikkat edildi. Testten önce kullandıkları ilaçlarda değişiklik yapılmadı; hastaların hiçbiri bronkodilatör kullanmıyordu.

Ayrıca benzer yaş grubundan tamamen sağlıklı 20 vaka da kontrol grubu olarak alındı ve tüm incelemeler kontrol grubunu oluşturan deneklere de uygulandı.

Çalışmaya başlamadan önce hasta ve kontrol grubuna birer dosya çıkarıldı. Öykü alınarak fizik muayeneleri yapıldı. Hasta ve kontrol grubundaki tüm vakaların ekokardiyografik incelemesi İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalı Laboratuvarında yapıldı. Hasta ve kontrol grubundaki tüm vakalara M-mode, iki boyutlu ve pulsed Doppler ekokardiyografik incelemeler aynı pediatrik kardiyolog tarafından gerçekleştirildi. Ekokardiyografik çalışmalarda Sonotron marka Vingmed CFM 725 ekokardiyografi aleti ile 3.5 ve 5 mHz transduser kullanıldı.

M-mode ekokardiyogram; parasternal uzun eksen pozisyonunda uygulanarak aşağıdaki parametreler ölçüldü (mm olarak).

- *Sol atriyum çapı ve aort kökü çapı (aort ve LA)
- *İnterventriküler septum kalınlığı (sistolde) IVSs
- *İnterventriküler septum kalınlığı (diyastolde) IVSd
- *Sol ventrikül arka duvar kalınlığı (sistolde) LVPWs
- *Sol ventrikül arka duvar kalınlığı (diyastolde) LVPWd
- *Sol ventrikül diyastol sonu çapı LVDd
- *Sol ventrikül sistol sonu çapı LVDs

Bu parametreler aracılığı ile ekokardiyografi bilgisayarından

- *Ejeksiyon fraksiyonu EF(%)
- *Kısalma fraksiyonu FS (%) değerleri elde edildi.
- *Devereux formülü kullanılarak sol ventrikül kütlesi (LVM) hesaplandı (36).

Sol ventrikül kütlesi (LVM, g): $0,8 \times \{1,04 \times [(LVDd + IVSd + LVPWd)^3 - (LVDd)^3]\} + 0,6$

İki boyutlu ekokardiyogram : Kalp içi organik lezyonların belirlenmesinde kullanıldı.

Pulsed Doppler ekokardiyografi (pulse wave): Sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi amacı ile apikal dört boşluk konumunda sample volüm mitral yaprakçıkların hemen altına, akıma paralel yerleştirilerek aşağıdaki parametreler ölçüldü.

- *E: Pik erken diyastolik akım hızı (m/sn)
- *A: Pik geç dyastolik akım hızı (m/sn)
- *E/A: Pik erken ve geç diyastolik akım hızları oranı

DT (deselerasyon zamanı, msn) : Maksimum erken doluş hızının sıfıra inmesine kadar olan süre.

Çalışmaya alınan hasta ve kontrol grubunun egzersiz testleri İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Fizyolojisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapıldı. Çalışmaya katılan tüm deneklerin ağırlıkları (şortla ve ayakkabısız olarak 1/100 hassasiyette TESS Model EB-150 marka tartaskülle) kg cinsinden ölçüldü. Boy uzunlukları cm cinsinden belirlendi. Testlere başlamadan önce barmak ucundan alınan kapiler kan örneğinde hemoglobın (Hb), hematokrit (Hct), eritrosit ve lökosit sayımları yapıldı. Sırtüstü yatar pozisyonda "Kardiosis" cihazı ile istirahat durumunda 12 derivasyondan kalp elektrokardiyografileri çalışıldı. Böylece risk faktörü taşıyan hastalar belirlenmeye çalışıldı.

Solunum Fonksiyon Testleri

Hasta ve kontrol grubunun solunum fonksiyon testleri, Sensor Medics 2400 Pulmonary Function Computerize cihaz aracılığı ile yapıldı. Bir ağızlık vasıtasıyla ayakta dik pozisyonda cihaza bağlanan hastaların statik ve dinamik solunum fonksiyon testleri üç kez tekrarlanarak en iyi yaptığı değer kabul edildi. Çocukların yaş, boy, kilo, ırk ve cinsiyeti girildi ve o günkü atmosfer basıncı ve ortam sıcaklığı girilerek prediktif değerler bilgisayar tarafından hesaplanarak çocukların yaptığı değerler % olarak hesaplandı. Her test günü mutlaka cihaz kalibrasyonu yapıldı. Solunum fonksiyon testlerinde FVC (zorlu vital kapasite; L), FEV₁ (zorlu ekspirasyon volümü 1.saniye; L/sn), FEV₁/FVEC (%), FEF₂₅₋₇₅ (zorlu ekspirasyon akımı L/sn), FEF₅₀ (L/sn), PEF (tepe akım hızı L/sn), MVV (maksimal istemli ventilasyon L/dk), VC (vital kapasite L/dk), IC (inspirasyon kapasitesi L) gibi parametreler değerlendirildi (38).

Metabolik tam kondüsyon testi

Metabolik ölçümleri, Rudolph mask 2way 7910 maskesiyle ekspiratuar havası sisteme bağlanan Sensor Medics 2900c metabolik aleti ile, breath by breath (nefes nefese) yöntemiyle yapıldı. Bu alet yardımıyla kalp vuruş frekansı ve bunun yüzdesi (HR, HR%max), VO₂, R (VCO₂/VO₂), max VO₂ değerleri alındı ve yazıcı ile kaydedildi. O₂ analizi zirkonyum oksit yöntemiyle yapıldı. Bu cihazın kalibrasyonu o günün atmosfer basıncı, oda sıcaklığı ve havanın nem oranı bilgileri girilerek her test günü yapıldı. %26 O₂N₂ ile %16O₂+%4CO₂-N₂ karışımı gazlar ile yapıldı.

Egzersiz Testi

Hastalar oturur durumda Quinton-5000 model monitör yardımıyla göğüs derivasyonlarından alınan EKG ile aVL, aVR, aVF, V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆'daki ST seviyeleri, istirahat anında ve yüklenme sırasındaki ST değişiklikleri değerlendirildi. Yükleme Bruce protokolüne göre yapıldı. Her evre sonu sistolik kan basıncı ve diyastolik kan basıncı ölçüldü. Test öncesi, 2 dakika istirahat değerleri alındı. Çocuklara bir dakika treadmill (Quinton marka treadmill) üzerinde eğimsiz olarak ısınma (warm up) yaptırıldıktan sonra protokol uygulandı. Çocuklara teste ilişkin bilgi verilerek, semptomlarının şiddetlenmesi halinde durmaları; aksi taktirde tükeninceye kadar teste devam etmeleri söylendi. Test bitimi 3 dakika "recovery" (istirahat-geriye dönüş) değerleri alınarak test sonlandırıldı.

Test bitimi Q5000 model cihazından ve metabolik gaz analizatörü cihazından elde edilen sonuçlar kaydedilerek dosyalarına ilave edildi.

İstatiksel yöntemler

Çalışmada incelenen değişkenlerin varyanslarının öncelikle homojenliği kontrol edildi. Varyansların homojen olmadığı gruba Mann-Whitney U testi (anaerobik VO₂, E/A oranı, hemoglobin, istirahat kalp hızı, dakika istemli ventilasyon, sol atriyum/aort oranı); varyansların homojen olduğu gruplara ise bağımsız t testi (vücut kitle indeksi, boy, tartı, yaş, vücut yüzeyi, FEV₁, FEF₂₅₋₇₅, inspirasyon kapasitesi, istirahat kalp hızı, maksimal kalp hızı, maxVO₂, R, endürasyon süresi, FS, EF, LVM) uygulandı.

BULGULAR

Astımlı hastalarla sağlıklı kontrol grubu arasında; vakaların tanımlanmasına yönelik olarak elde edilen değerler (yaş, boy, tartı, kan hemoglobin düzeyi, vücut kütle indeksi, vücut yüzeyi); egzersiz öncesi solunum fonksiyon testleri sonuçları (FEV₁, FEF₂₅₋₇₅, inspiratuar kapasite, dakikadaki istemli ventilasyon); egzersize kardiyopulmoner yanıtı gösteren parametrelere (istirahat kalp tepe atımı, maksimal kalp tepe atımı, endürasyon süresi, oksijen tutulumu, R oranı); kalbin sistolik ve diyastolik fonksiyonlarını belirlemek amacıyla belirlenen ölçütlere (sol atriyum/aort oranı, ejeksiyon fraksiyonu, fraksiyonel kısalma, sol ventrikül kütlesi, E akım/A akım oranları) ilişkin sonuçlar aşağıda belirtildi.

1. Vakaların tanımlanmasına yönelik bulgular

Çalışmaya alınan 20 astımlı hastanın yaş ortalaması 11,85±2,85 yıl (6-16 yıl); 20 sağlıklı çocuktan oluşan kontrol gurubunun yaş ortalaması ise 12±2,44 yıl (7-16 yıl) olarak saptandı. Astımlı hastaların boy ortalaması 147±16,29 cm; kontrol grubunun boy ortalaması da 152,0±13,9 cm olarak saptandı. Her iki grup arasında anlamlı fark bulunmadı (Tablo 4).

Astımlı hastaların ağırlık ortalaması 42,4±15,87 kg; kontrol grubunun ise 48,18±15,2kg olarak belirlendi. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4).

Astımlı hastaların vücut kütle indeksleri 18,96±4,39 iken, kontrol grubunun vücut kütle indeksleri 20,48±3,55; astımlı hastaların vücut yüzeyleri 1,3±0,3 m² iken, kontrol grubunun ise 1,41±0,27 m² olarak saptandı. Elde edilen parametreler arasında anlamlı fark yoktu (Tablo 4).

Tablo 4. Astımlı çocuklar ile sağlıklı çocukların tanımlanmasına yönelik parametreler

	Astım	Kontrol	P
Yaş (yıl)	11,85±2,85	12,0±2,44	AD
Boy (cm)	147,3±16,29	152±3,9	AD
Ağırlık (kg)	42,4±15,87	48,17±15,2	AD
Vücut kütle indeksi (kg/m ²)	18,96±4,39	20,48±3,5	AD
Vücut yüzeyi (m ²)	1,3±0,3	1,41±0,27	AD

AD:Anlamli değil

2.Solunum fonksiyon testleri

Astım ve kontrol grubunda egzersiz öncesi, istirahat durumundayken ölçülen solunum fonksiyon testlerinden FVC (zorlu vital kapasite), FEV₁ (zorlu ekspiratuar volüm birinci saniye), FEF₂₅₋₇₅ (zorlu ekspiratuar akım hızı), PEF (tepe ekspiratuar akım hızı), FEF₅₀, MVV (maksimum istemli ventilasyon), IC (inspiratuar kapasite) ölçüldü. Bronş hiperreaktivitesini göstermede daha önemli olduğu belirtilen FEV₁, FEF₂₅₋₇₅ ile MVV, IC değerleri karşılaştırıldı (Tablo 5).

FEV₁ (zorlu ekspiratuar volüm birinci saniye %), astım hastalarında 90±13% iken; kontrol grubunda 101,3±13,42 % olarak saptandı ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,01).

FEF₂₅₋₇₅ (zorlu ekspiratuar akım hızı %), astım hastalarında %93,55±31,4 iken; kontrol grubunda %98,4±24,8 olarak saptandı. Her iki grup arasındaki fark anlamlı değildi.

MVV (maksimum istemli ventilasyon L), astım hastalarında 84,65±20,2 L iken; kontrol grubunda 99,2±40,37 L olarak saptandı. Her iki grup arasındaki fark anlamlı değildi.

IC (inspiriyum kapasitesi L), astım hastalarında 1,89±0,5 L iken; kontrol grubunda 2,29±0,70 L olarak saptandı. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,045).

Tablo5. Astımlı çocuklarla sağlıklı çocukların spirometrik değerlerinin karşılaştırılması

	Astım	Kontrol	P
FEV ₁ (%)	90±13,07	101,3±13,42	0,01
FEF ₂₅₋₇₅ (%)	93,55±31,4	98,4±24,87	AD
MVV (L)	84,65±20,2	99,2±40,37	AD
IC (L)	1,89±0,50	2,29±0,70	0,045

AD : Anlamli değil

3.Egzersiz testleri ve metabolik testler

Treadmill egzersiz testi sırasında ölçülen parametrelere ilişkin değerler de iki grup arasında karşılaştırıldı (Tablo 6). Astımlı hastalarda istirahat durumunda ölçülen kalp hızı 88,2±11,57 /dk iken; kontrol grubunda 89,9±18,6 /dk olarak saptandı. Maksimum egzersiz sırasında saptanan maksimum kalp hızı astımlı grupta 187,3±12,5 /dk iken; kontrol grubunda 186,2±11,59 /dk olarak saptandı. Aralarında anlamlı fark saptanmadı.

Astımlı grupta ortalama maxVO₂ 42,51±12,5 ml/kg/dk iken; kontrol grubunda 48,75±9,8 ml/kg/dk olarak saptandı; ve aralarında fark anlamlıydı (p=0,035).

Astımlı grupta endürasyon kapasitesi (egzersiz testini tamamlama zamanı; dakika) 8,31±2,6 dakika iken; kontrol grubunda 10,14±2,32 dakikaydı ve aralarındaki fark anlamlıydı (p=0,025).

Astımlı grupta R (VCO₂/VO₂) 0,84±0,05 iken ; kontrol grubunda 0,84±0,057 olarak saptandı. Her iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdı. Astımlı grupta anaerobik eşikteki maxVO₂ %63,85±4,17% iken; kontrol grubunda %65,95±7,6 olarak saptandı ve her iki grup arasındaki fark anlamlı değildi.

Tablo6. Egzersiz testleri sonuçlarının iki grup arasında karşılaştırılması

	Astım	Kontrol	P
İstirahat kalp hızı /dk	88,2±11,5	89,9±18,6	AD
Maksimum kalp hızı /dk	187,3±12,54	186,2±11,5	AD
MaxVO ₂ (ml/kg/dk)	42,51±12,5	48,75±11,59	0,035
Endürasyon kapasitesi	8,31±2,6	11,1±2,32	0,025
R (VCO ₂ /VO ₂)	0,84±0,05	0,84±0,05	AD
Anaerobik %maxVO ₂	63,85±4,17	65,95±7,6	AD

P<0.05 : Anlamlı, AD: Anlamlı değil

4.Sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları

Astımlı çocukların sol atriyum / aort oranı 1,23±0,07 iken; sağlıklı çocuklarda bu oran 1,18±0,171 olarak saptandı. Aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdı.

Sol ventrikül sistolik fonksiyonlarından fraksiyonel kısalma %33,4±,84 iken; sağlıklı çocuklarda %36,6±4,99 olarak saptandı. Fraksiyonel kısalma açısından iki grup arasında anlamlı fark saptandı (p=0,029).

Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu astımlı çocuklarda %71,05 iken; sağlıklı çocuklarda %74,4±6.9 olarak belirlendi ve aralarındaki anlamlı fark saptanmadı.

Sol ventrikül kütlesi (LVM g) astımlı çocuklarda 73,29±22,6 g; sağlıklı çocuklarda 88,8±30,8 g olarak bulundu. Her iki grup arasında sınırda anlamlı fark saptandı (p= 0.075).

Sol ventrikül diyastolik fonksiyon göstergesi olan E/A oranı astımlı çocuklarda 1,74±0,40; sağlıklı çocuklarda 1,58±0,27 olarak saptandı. Aralarında anlamlı fark yoktu.

Tablo7. Sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonlarına ilişkin parametrelerin karşılaştırılması.

	Astım	Kontrol	P
Sol atriyum/aort	1,23±0,07	1,18±0,17	AD
Fraksiyonel kısalma(%)	33,4±3,84	36,6±4,99	0,029
Ejeksiyon fraksiyonu(%)	71,05±5,85	74,4±6,9	AD
Sol ventrikül kütlesi(g)	73,29±22,65	88,8±30,8	0,078
E/A oranı	1,74±0,40	1,58±0,27	AD

P<0,05: Anlamlı; AD: Anlamlı değil

TARTIŞMA

Astımlı hastaların egzersiz kapasiteleri, egzersize kardiyopulmoner yanıtları ve bununla ilişkili olarak sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları ile ilgili bilgiler kısıtlıdır. Genellikle çalışmalar astımlı erişkin hastalarda yapılmış araştırmalardan elde edilen bilgilerle sınırlıdır. Hastaların egzersize kardiyovasküler yanıtları incelenirken sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları genellikle değerlendirilmemiştir. Bu noktadan hareketle sunulan çalışmada astımlı çocukların egzersize kardiyopulmoner yanıtları, egzersiz kapasitesi ve bununla ilişkili olarak sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları incelendi.

Literatürde kronik astımlı çocukların çoğunda aerobik egzersiz kapasitesinin azaldığı, hastaların genellikle düşük anaerobik eşik, düşük oksijen tutulumu (VO_2) ve yüksek dispne indeksine sahip oldukları gösterilmiştir (21,65). Biz de çalışmamızda benzer şekilde astımlı çocuklarda istirahat durumunda akciğer fonksiyon testi değerlerinden FEV_1 , inspirasyon kapasitesi (IC) ile kişinin aerobik egzersiz kapasitesinin en önemli ölçütleri olan $maxVO_2$ ve endürasyon süresini benzer yaş grubundaki sağlıklı çocuklardakinden daha düşük bulduk. Literatürde bildirilen bazı çalışmalarda ise hafif veya orta dereceli astımı olan adolesanlarda egzersiz kapasitesinin ve egzersize kardiyopulmoner yanıtın (dakika ventilasyon hızı, kalp hızı, kardiyak debi ve dakika ventilasyonun/maksimal istemli ventilasyona oranı) sağlıklı kişilerdekenden farklı olmadığı saptanmıştır (44,48,53,67,74,77).

Aerobik egzersiz kapasitesi erişkinlerde olduğu gibi çocukluk çağında da iki cins arasında farklılıklar göstermektedir. *Turley ve arkadaşları* (108), 7-9 yaş arası 12'si erkek, 12'si kız olmak üzere toplam 24 sağlıklı çocuktan oluşan iki grubun submaksimal egzersize verdikleri yanıtı karşılaştırmışlardır. Maksimum aerobik kapasitenin en önemli ölçütlerinden olan maksimal oksijen

tutulumu ($\max\text{VO}_2$) erkeklerde ($54,4\pm 5,5$ ml/kg/dk); kızlara ($53,1\pm 4,4$ ml/kg/dk) göre daha yüksek bulunmuş ve bunun nedeni vücut ölçümleri arasındaki fark ile açıklanmıştır. Bir başka çalışmada $\max\text{VO}_2$ erkeklerde $46,75\pm 3,4$ ml/kg/dk, kızlarda $44,32\pm 3,1$ ml/kg/dk olarak saptanmıştır (6). Biz çalışmamızda kız erkek ayırımı yapmaksızın sağlıklı çocuklarda $\max\text{VO}_2$ 'i $48,75\pm 11,59$ ml/kg/dk olarak saptadık. Bizim vakalarımızın yaş ortalaması daha büyük olmasına karşın $\max\text{VO}_2$ 'nin düşük bulunmasının nedeninin bu çocukların daha sedanter yaşam sürmeleri ile ilgili olabileceğini düşündük.

Gadhoke ve arkadaşlarının (47) 9-15 yaş arası 40 sağlıklı çocukta, bisiklet ergometresi ile yaptıkları çalışmada $\max\text{VO}_2$ değerinin kalp hızı, yaş, boy, tartı, vücut yüzeyi ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada $42,2\pm 9,5$ ml/kg/dk olarak belirlenen ortalama $\max\text{VO}_2$ değeri bizim astımlı çocuklarda elde ettiğimiz ortalama değere yakındır. *Turley ve arkadaşları* (108) bisiklet ergometresinin kullanıldığı ölçümlerde $\max\text{VO}_2$ 'nin treadmill değerlerine göre %10 daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgu dikkate alındığında *Gadhoke ve arkadaşları* (47) egzersiz testini treadmill'de yapsaydı $\max\text{VO}_2$ sonuçları bizim sağlıklı çocukların değerlerine benzer olacaktı.

Rogers ve arkadaşları (87), çocuk ve erişkinleri içeren bir çalışmada $\max\text{VO}_2$ ile vücut yüzey ilişkisinin, VO_2 ile vücut kütle indeksi arasındaki ilişkiden daha anlamlı olduğunu saptamıştır. Bizim astımlı ve kontrol grubumuzun hem vücut yüzeyi, hem de vücut kütle indeksleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığından $\max\text{VO}_2$ bu parametrelerden etkilenmemiştir.

Armstrong ve arkadaşlarının (6) 8-12 yaş arası 101 erkek ve 76 kız çocuğunda submaksimal egzersiz ve pik egzersize puberte öncesindeki çocukların solunumsal yanıtlarını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, çocukların maksimum istemli ventilasyon (MVV), kalp hızları ve oksijen tutulumları değerlendirilmiştir. Dakika ventilasyon ve tidal volüm ile pik VO_2 arasında belirgin bir ilişki olduğu saptanmıştır. Astımlı çocukların yaşlarına göre maksimum istemli ventilasyonlarının (MVV) düşük, dakika ventilasyonlarının yüksek olması nedeniyle özellikle iş yükü arttığında egzersiz kapasiteleri kısıtlı kalmaktadır. Bizim astımlı hastalarımızın dakikadaki maksimum istemli ventilasyonu (MVV) bu çalışmadaki değere eşit, kontrol grubumuzdan ise düşüktür. Ancak aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 5).

Erişkinlerde iki cins arası maxVO₂ farklılıklarının, vücut kompozisyonu, hemoglobin konsantrasyonu, kalp boyutları ve fonksiyonları arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir (1,43). Aynı faktörlerin puberte öncesi çocuklarda da etkili olduğu bildirilmiştir (59). Bununla beraber adolesan öncesi yaş grubunda hemoglobin konsantrasyonu açısından kız ve erkekler arasında fark olmadığı, bu nedenle preadolesan dönemdeki çocukların maxVO₂ değerlerindeki farklılıklar üzerine hemoglobinin etkili olamayacağı bildirilmiştir (89). Cinsiyet farklılıklarının kardiyak fonksiyonel kapasite üzerine etkilerini araştırmak amacıyla *Rowland ve arkadaşlarının* (90) yaptıkları çalışmada 25 erkek (12±0,4 yıl) ve 25 kız (11,7±0,5 yıl) çocuk çalışmaya alınmıştır. Bu çalışmada maxVO₂'nin erkek çocuklarda kızlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (erkek, 47,2±6,1ml/kg/dk ve kızlarda 40,4±5,8 ml/kg/dk). Her iki cinsin maksimum kalp hızları (erkeklerde 198±9/dk; kızlarda 199±11 /dk) ve arteriyovenöz oksijen düzeyleri arasında fark bulunmamıştır. Bu çalışmada erkek grubunda saptanan maxVO₂ değerleri bizim kontrol grubundaki değerlere eşittir. Oysa kız çocuklarının maxVO₂ değerleri bizim kontrol grubumuzun yanı sıra astımlı hastalarinkinden de daha düşüktü. Erkek çocuklarda maxVO₂'nin yüksek olması erkek çocukların daha yüksek kardiyak atım hacmine sahip olması ile açıklanmıştır. *Armstrong ve arkadaşları* (6), aerobik kapasitede çocukların günlük fiziksel egzersizlerinin etkili olabileceğini ve erkek çocuklarda maxVO₂'nin buna bağlı olarak daha fazla olabileceğini saptamışlardır.

Kız ve erkek çocukların egzersize solunumsal yanıtlarının farklı olduğunu belirten yayınların yanı sıra fark olmadığını bildiren yayınlar da vardır. *Rowland ve arkadaşlarının* (91) 9-13 yaş kız ve erkek çocuklarda yaptığı longitudinal çalışmada çalışma süresince iki cinsin maxVO₂ düzeyleri arasında fark oluşmadığı saptanmıştır (erkeklerde maxVO₂ 48,9±7,2 ml/kg/dk; kızlarda 47,7±6,4 ml/kg/dk). Bu çalışma tamamlanana dek çocukların çoğunda pubertenin tamamlandığı saptanmış ve pubertenin egzersize pulmoner yanıt üzerine etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

Egzersiz, pulmoner rehabilitasyonun önemli bir bileşenidir. Akciğer hastalıklarında egzersiz uygulaması ile ilgili bilinenler yetersizdir. Akciğer hastalıklarında dinamik egzersiz testinde hedef egzersiz düzeyinin ölçütü halen tartışma konusudur. Bazı araştırmacılar egzersiz testi uygulamasında kalp hızına göre hedef yükleme yapılabileceğini belirtmekle beraber bazıları da semptomlara göre hedef egzersiz düzeyine ulaşılması gerektiğini belirtmektedir. *Punzal ve arkadaşlarının* (82) yaptığı çalışmada, 57 orta ve ağır dereceli astımı olan erişkin hastada yüksek

şiddetli ve semptom limitli dayanıklılık egzersizleri karşılaştırılmıştır. Yaşları $61,6 \pm 8,3$ yıl olan bu hastalarda çalışma öncesi $\max\text{VO}_2$ $17,0 \pm 6,4$ ml/kg/dk, max kalp hızı: 135 ± 18 /dk, endürasyon süreleri $12,1 \pm 8,4$ dk, maksimum istemli ventilasyon (MVV) $45,5 \pm 24,7$ L iken; çalışma sonrası $\max\text{VO}_2$ $18,6 \pm 6,9$ ml/kg/dk; maksimum kalp hızları 138 ± 18 /dk, endürasyon süreleri $22,0 \pm 10,9$ dak ve MVV $50,7 \pm 22,5$ L'e yükselmiştir. Sağlıklı kişilerde olduğu gibi astımlı hastalarda da egzersizin hedef kalp hızına göre uygulanabileceği sonucuna varmışlardır. *Punzal ve arkadaşlarının* (82) yaptıkları bu çalışmanın sonuçları, çalışma grubumuzun sonuçlarından düşük olup sonuçların bu kadar farklı olması her ne kadar yaş ile ilgili olsa da kendi yaş grupları için de oldukça düşük değerlerdir. Astım ve kontrol gruplarımız arasında egzersize dayanıklılık süresi bakımından anlamlı bir fark saptanması ($8,31 \pm 2,16$ dk ; $10,14 \pm 2,32$ dk. $p=0,025$), astımlı hastaların egzersiz kapasitelerinin benzer özellik taşıyan kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Astımlı hastalarımızın dayanıklılık süreleri, bu yaş için uygun 10. persantil değerinin de altında bulundu. Astımlı hastalarımızın egzersize dayanıklılık sürelerinin düşük olması; özellikle şiddetli egzersiz sırasında akciğer kapasitelerinin tükenmesi, hava yollarının kollapsı nedeniyle yüzey alanlarında gaz diffüzyonunun bozulması, solunumun en büyük yükünden sorumlu diyafragmanın kısalığı nedeniyledir. Solunum sonu akciğer volümünün artmış olması ve bu hastaların yaşlarına göre daha sedanter bir yaşam sürmeleri de diğer bir nedendir. *Kapoor ve arkadaşlarının* (62) kronik anemili ve sağlıklı çocukların egzersiz kapasitelerinin Bruce protokolü egzersiz testi yöntemiyle karşılaştırıldığı çalışmalarında sağlıklı çocukların dayanıklılık süresi $13,66 \pm 1,26$ dk iken; anemisinin derecesi hafif olan çocuklarda $8,97 \pm 0,68$ dk olarak saptamışlardır. Bu değer anemi derecesinin artması ile daha da azalmakta olup ağır anemili çocuklarda $3,65 \pm 1,3$ dk olarak saptanmıştır.

Turley ve arkadaşlarının (107), 7-9 yaş arası 24 çocuk ve 18-26 yaş arası 24 erişkinde submaksimal egzersizin karşılaştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada $\max\text{VO}_2$ ve kalp hızı değerlendirilmiştir. $\max\text{VO}_2$ değerleri erkek ve kız olmak üzere iki çocuk grubu ile erişkin erkek grubunda benzer ve erişkin kadınlara göre de yüksek bulunmuştur (erkek çocuk $54,4 \pm 5,5$; kız $53,1 \pm 4,4$; genç erkek $53,2 \pm 5,3$; kadın $46,9 \pm 4,3$ ml/kg/dk). Çocuk ve genç erkek grubunda $\max\text{VO}_2$ değerleri çalışmamızdaki sağlıklı kontrol grubu ile benzer iken; astımlı hastaların değerleri de genç erişkin kadınların değerlerine eşit bulunmuştur. Kalp hızları da çocuk grubu ile erişkin erkek grubunda, erişkin bayanlara göre daha yüksek bulunmuştur (erkek çocuk 195 ± 10 ; kız

199±8; genç erkek 192±10; kadın 185±8 /dk). Bu çalışmada kardiyak debinin çocuklara göre erişkinlerde daha yüksek olduğu, çocukların bu açıklarını kapatmak amacıyla arteriyel-venöz oksijen farkını artırdıkları görülmüştür. Bu nedenle de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Aerobik egzersizin sağlıklı çocuklar kadar astımlı çocuklar için yararları vardır. Bununla beraber bu konu, klinik uygulamada özellikle ağır astımlı çocuklarda halen tartışma konusudur. *Neder ve arkadaşlarının* (74), orta ve ağır derece astımlı çocuklarda kısa süreli aerobik egzersizin etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada egzersiz öncesi kız ve erkeklerde maxVO₂ değerlerini farklı bulmuşlardır (kız <11 yaş 25ml/kg/dk; >11 yaş 27 ml/kg/dk ve erkeklerde <13 yaş 32ml/kg/dk; >13 yaş 37 ml/kg/dk). Elde edilen bu değerler bizim sonuçlarımızdan oldukça düşüktür. Bu çalışmada ayrıca orta ve ağır derece astımlı çocuklarda düzenli aerobik egzersiz programı uygulanması sonucu en az %10'luk bir artış saptandığı vurgulanmıştır. Yeterli şiddet ve sürede düzenli fiziksel egzersizin orta ve ağır derece astımlı çocuklarda aerobik kapasitede, vücut kompozisyonunda, psikososyal faktörlerde iyileşme sağladığı sonucuna varmışlardır. *Matsumoto ve arkadaşları* (67), yüzerek egzersiz yapmanın, hafif ve orta derece astımlı çocukların aerobik kapasitelerini artırdığı ve bu egzersiz programlarının egzersizin tetiklediği bronkokonstrüksiyonu bu hastalarda azalttığını saptamışlardır.

Astımlı hastaların özellikle egzersiz sırasında akciğer kapasitelerinin azalmasının maksimum istemli ventilasyonun (MVV) azalmasına bağlı olduğu bilinmektedir. MVV'nin azalması da doğrudan solunum yollarının sabit bir şekilde daralmış olmasına veya MVV manevrası sırasında solunum yollarının daralmasına bağlıdır. *Hallstrand ve arkadaşlarının* (53), yaş ortalaması 28,8 yıl olan 5 hafif astımlı hastada aerobik egzersiz programının solunum fizyolojisi, istirahat halindeki akciğer fonksiyonları ve egzersize uyumları üzerinde yaptıkları çalışmada, hasta ve kontrol grubuna giren kişiler 10 haftalık egzersiz programına alınmıştır. Aerobik egzersiz sonrası maksimum oksijen tutulumlarında artış saptanmıştır (hasta grubunda egzersiz öncesi maxVO₂ 22,73 ml/kg/dk iken, egzersiz sonrası 25,29 ml/kg/dk; kontrol grubunda ise egzersiz öncesi maxVO₂ 22,94 ml/kg/dk iken, egzersiz sonrası 27,85 ml/kg/dk). Bu çalışmada elde edilen maksimum oksijen tutulum sonuçları, kendi astımlı ve kontrol grubumuzun maxVO₂ sonuçlarına göre daha düşüktür. Zira yaş arttıkça maxVO₂ değeri azalma gösterir. Bu çalışma sonucunda egzersiz öncesi ve sonrası maxVO₂ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Egzersiz öncesi ve sonrasında FEV₁'de değişme olmamakla beraber maksimum

stemli ventilasyonda (MVV) iyileşme saptanmıştır (hastalarda 96 L/dk'dan 108,2 L/dk; kontrol grubunda 134,0 L/dk'dan 131,2 L/dk). MVV değerleri kontrol grubu ile astımlı gruplarla karşılaştırıldığında ölçülerimize göre yüksektir (astımlı çocuklarda $84,65 \pm 20$ L; kontrol grubunda $9,2 \pm 40,3$ L). Bu çalışmada FEV₁ parametresinde egzersiz öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmaması hastalığın ciddiyetini gösteren FEV₁'in astımlı hastaların egzersiz programına uyum özelliğini göstermediği; zira aerobik kapasitedeki gelişmenin akciğer fonksiyonlarındaki değişikliklerle ilgili olmadığı sonucuna varılmıştır. Bizim çalışmada astım ve kontrol grubuna giren hastaların FEV₁'leri arasında belirgin fark saptanmıştır ($90,0 \pm 13,7$; kontrol grubunda $101,3 \pm 13,2$, $p=0,01$).

Egzersiz fiziksel kapasiteyi artırdığı bilinmekle beraber düzenlenen egzersiz programının şiddeti de önemlidir. *Narray ve arkadaşları* (73), astımlı çocuklarla (11,4 \pm 1,8 yaş grubu) yaptıkları çalışmada aerobik egzersiz ve ağır egzersiz programlarını karşılaştırmışlardır. Her iki egzersiz programı sonucunda da egzersizin akciğer fonksiyon testleri düzelmesi üzerine olan etkilerinin az olduğu; çocukların ilaç gereksinimini azaltmadığı saptanmıştır. Başlangıçta $42,2 \pm 5,6$ ml/kg/dk olan maxVO₂ aerobik egzersizle $48,8 \pm 4,6$ ml/kg/dk'a yükselirken aynı çocuklara şiddetli egzersiz uygulanması ile maxVO₂'de azalma saptanmıştır. Maksimum kalp hızlarında her iki grupta azalma saptanmıştır. Sonuçta uygulanan egzersiz programlarının şiddetlerinin önemli olduğu; aerobik egzersizin çocukların egzersiz kapasitelerini artırdığı; buna karşın ağır egzersiz programlarının egzersiz kapasitelerini artırmadığı sonucuna varılmışlardır.

Astımlı hastaların gaz değişimi ve solunum fonksiyonlarının az olduğu bilinmektedir. *arter ve arkadaşlarının* (19), 51 astımlı hasta (29 erkek, 22 kadın FEV₁ >60%) ve 39 kontrol (20 erkek, 19 kadın) kişilerde yaptıkları çalışmada bisiklet ergometresi kullanılmıştır. Astımlı hastaların solunum rezervinin düşmesi ve hiperkapniye bağlı olarak hedef kalp tepe atımlarının istenmediği ve buna bağlı olarak da solunum kapasitelerinin de sınırlı olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu hastaların, solunum sonu akciğer volümlerinin fazla olması sonucu tidal volümlerinin düşük ve buna bağlı olarak da diyafragmanın da mekanik olarak etkilenmesi sonucu dispnenin erken gelişmesine bağlı olarak fiziksel kapasitelerinin yaşlılarına göre benzer iş yükünde daha düşük olabileceği saptanmıştır. Bu çalışmada maxVO₂ değerleri hasta grubunda kontrol grubuna göre düşük bulunmuştur (astımlı grup erkek $20,8 \pm 4,5$ ml/kg/dk, kadın $15,3 \pm 4,5$ ml/kg/dk; kontrol grubu erkek $25,2 \pm 6,4$ ml/kg/dk, kadın $17,6 \pm 5,0$ ml/kg/dk). Aerobik kapasitedeki düşmenin

edenleri; hava yolu akımlarının sınırlanması, alveoler ventilasyon-perfüzyondaki bozukluk, evamlı egzersiz yapmamaları şeklinde değerlendirilmiştir. Sınırlı solunum kapasitesi nedeniyle bu alışmada bireylerin kalp tepe atımları (astımlı grup erkek 130 ± 16 , kadın 133 ± 12 ; kontrol grubu erkek 144 ± 16 , kadın 147 ± 15), maksimum istemli ventilasyon değerleri düşük bulunmuştur (astımlı grup erkek $90,6\pm 29$ L/dk, kadın $58,1\pm 17,7$ L/dk; kontrol grubu erkek 120 ± 29 L/dk, kadın $5,1\pm 28$ L/dk). Bu çalışmada, hafif hava yolları obstrüksiyonunun, hafif astımlı hastalarda da ziksel çalışma kapasitesinde azalmaya neden olabileceği saptanmıştır.

Garfinkel ve arkadaşları (48), hafif ve orta dereceli astımlı erişkin hastalarda (7 erkek, 20 kadın) havayollarının duyarlılık derecesi, ekspiratuar akım oranları ve boş zamanlardaki fiziksel aktivitelerinin miktarı ile fiziksel kapasite düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışmada astaların maksimum oksijen tutulumlarının normal olduğu saptanmıştır ($36,8\pm 10,60$ ml/kg/dk'a $8,5\pm 5,3$ ml/kg/dk). Ortalama maksimum oksijen pulse ($\text{maxHR}/\text{maxVO}_2$), anaerobik eşik ve ispne indeksleri de farklı bulunmamıştır. Bu hastaların maxVO_2 değeri ile FEV_1 arasında anlamlı bir ilişki saptanmamasına karşın; boş zamanlarında egzersiz yapma süresi ile maxVO_2 arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Çalışma sonucunda; astımlı hastaların aerobik egzersiz kapasitelerinin hava yollarının duyarlılık derecesi ve ekspiratuar akım oranları ile değil de kişisel olarak uyguladıkları egzersiz miktarı ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Astımlı hastaların aerobik egzersiz programlarını etkileyen faktörlerin, istirahat durumundaki hava yolu obstrüksiyonu ve ronşiyal aşırı duyarlılığın aerobik aktivite sırasında artışı olduğu vurgulanmıştır. *Clark ve arkadaşları* (21), 44 astımlı ve 64 sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmada astımlı hastaların maxVO_2 , anaerobik eşiklerinin ve buna bağlı olarak fiziksel kapasitelerinin az olduğunu saptamışlardır.

Mermier ve arkadaşlarının (70), epidemiyolojik çalışmalar için kalp hızının ventilasyon ölçüleri için kullanılabilirliği ile ilgili çalışmasında, 7-72 yaş arası bireyler çalışmaya alınmıştır. Bu çalışmada 10-17 yaş arası sağlıklı erkek çocuklarının maxVO_2 değeri, $46,6\pm 5,8$ ml/kg/dk, 7-17 yaş arası sağlıklı kızların $38,0\pm 5,0$ ml/kg/dk, 21-43 yaş arası astımlı hastaların ise $41,2\pm 7,7$ ml/kg/dk olarak saptanmıştır. Bu çalışmada; astım hastalarında elde edilen değerlerin sağlıklı kişilerden farklı olmadığı; aerobik kapasitelerinin eşit olduğu saptanmıştır.

Egzersiz testi ve düzenli egzersiz programı uygulaması ile ilgili önemli bir tartışma konusu olan egzersizin tetiklediği astımdır. Egzersizin tetiklediği astımı olan hastaların yaklaşık yarısında

ızamış egzersize bağlı olarak duyarsızlık dönemi olduğu tanımlanmıştır. *Reiff ve arkadaşlarının* (84), egzersizin tetiklediği astımı olan hastalarda ısınma egzersizlerinin yararını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada maksimum oksijen tutulum (maxVO_2) başlangıçta 50,2 ml/kg/dk olarak saptanmış ve ısınma egzersizlerinin yapıldığı ikinci gün 32,1 ml/kg/dk'a düşmüştür. Isınma egzersizlerinden sonraki uzun egzersiz sırasında da tekrar 49,9 ml/kg/dk'a yükselmiştir. Bunun sonucunda da egzersizin tetiklediği astımlı hastalarda ısınma egzersizlerinin yararlı olabileceği, düzenli egzersiz yapmaları durumunda aerobik kapasitelerinde başlangıçta olan düşmeden sonra yeniden ilk ölçülen maksimum oksijen tutulumu değerlerine sahip olabilecekleri sonucuna varılmıştır (84). Bu durum egzersiz ve hiperventilasyonun bronkokonstrüksiyonu tetiklediğini savunanların aksine; egzersizin bronkokonstrüksiyona duyarsızlığı tetiklediği şeklinde yorumlanmıştır. Geçmişte egzersizin tetiklediği astımı olan hastalarda, egzersize duyarsızlığın derecesinin egzersiz şiddeti ve bronkokonstrüksiyonun derecesi ile ilişkili olduğu sanılmasına karşın; günümüzde egzersize karşı duyarsızlığın hastaların çoğunda görüldüğü bildirilmektedir. Ancak bunun nedeni açıklanamamıştır.

Emtner ve arkadaşları (37), egzersizin tetiklediği astım tanısı ile izlenen erişkin hastalarda, fiziksel aktivite programı ile semptomlarının ve farmakolojik tedavi miktarının azaltılabileceğini saptamışlardır. Benzer şekilde *Ahmaidi ve arkadaşları* (3), hafif ve orta dereceli astımı olan, 12-17 yaş arası çocuklarda yaptıkları çalışmada egzersiz programı uygulanan ve uygulanmayan hastalardaki maksimum oksijen tutulumu sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Başlangıçta eşit olan maxVO_2 değeri, egzersiz uygulanan grupta uygulananlara göre egzersiz sonrası daha yüksek bulunmuştur (maxVO_2 başlangıç 46,5±1,6 ml/kg/dk; 47,2±2,1 ml/kg/dk ve egzersiz sonrası ise 44,1±2,4; 51,2±1,9 ml/kg/dk). *Beck ve arkadaşları* (12), genç erişkin astımlı hastalarda yaptıkları çalışmada maxVO_2 42,3 ml/kg/dk olarak bulmuşlardır. Bu değer astımlı hastaların aerobik kapasitelerinin normal sınırlarda olduğunu göstermektedir.

Buna karşın *Strain ve arkadaşları* (101), erişkin kronik obstrüktif akciğer hastalığı olup steroid tedavisi gören kişilerde tedavi ile spirometrik değerler, dakika ventilasyon, oksijen tüketimi (VO_2), kalp hızlarında değişiklik saptanmadığını bildirmişlerdir.

Egzersiz birçok sistemi ilgilendiren bir olaydır. Bu nedenle egzersize yanıt kompleks bir özellik gösterir. Vücut kasları ve akciğer fonksiyonlarının yanı sıra; endokrin sistem ve kalp fonksiyonları da etkilenir. Sağlıklı çocuk ve erişkinlerde aerobik egzersiz kapasitesi ile birlikte

stolik ve diyastolik kalp fonksiyonlarının ve sol ventrikül kütlelerinin araştırıldığı çalışma sayısı teratürde kısıtlıdır. Aerobik kapasite düzeyi, kişinin kalp hızı, atım volümü ve dolayısıyla akciğadaki atım hacmi ve arteriyel-venöz oksijen farkı ile ilişkilidir. Biz burada egzersize fizyolojik anıtı araştırmak için ekokardiyografik yöntemler kullandık. Sistolik ve diyastolik kalp mksiyonlarından başka sol ventrikül yapısal özelliklerini, kitlesini sağlıklı çocuklarla arşılaştırdık. Astımlı çocukların sol ventrikül kütlesi, sistolik ve diyastolik fonksiyonları ile ilgili alışma literatürde olmadığından; çalışma sonuçlarımızı daha önce yapılan sağlıklı çocuklarda ve eşitli hastalık durumlarında yapılmış çalışmalarla karşılaştırdık. Çalışmada sol ventrikül kütlesini lçmek için kullandığımız ve Amerikan Ekokardiyografi Derneği'nin de kabul ettiği Devereux'un 36) formülünün gerçek sol ventrikül kütlesini gösterip göstermediği ile ilgili bir çalışmada ekropsi bulguları ile ekokardiyografi sonuçları karşılaştırılmış ve ekokardiyografi sonuçlarının erçek sol ventrikül kütle sonucunu verdiği vurgulanmıştır.

Turley ve arkadaşlarının (108), 7-9 yaş arası, 24 çocukta (12 erkek,12 kız) cinsiyetler rasındaki farklılıkları değerlendirmek amacıyla treadmill ve bisiklet egzersizi ile yaptıkları alışmada çocukların submaksimal egzersize verdikleri yanıt değerlendirilmiştir. Submaksimal gzersize karşı kız ve erkeklerin verdikleri yanıtı değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalarda enellikle kalp volümü ve sol ventrikül kütlesi değerlendirilmemiştir. Bizim çalışmamıza benzer larak bu çalışmada kalp volümleri, sol ventrikül kütlesi incelenmiş ancak diyastolik fonksiyonları eğerlendirmeye alınmamıştır. *Turley ve arkadaşlarının* (108) çalışmasında kız ve erkek ocukların sol ventrikül kütle değerleri arasında anlamlı fark saptanmıştır (erkeklerde $78,8 \pm 12,2$ g; ızlarda $66,0 \pm 11,6$ g). Çalışma grubumuzda astımlı hastalar ile sağlıklı kontrol grubunun sol entrikül kütleleri arasında sınırda anlamlı fark saptanmıştır (astımlı hastalarda $73,29 \pm 22,6$ g; ağılıklı grupta $88,8 \pm 30,8$ g). Çalışma grubumuzdaki değerlerin daha fazla olması; yaş, boy, tartı, ilo, vücut kütle indeksleri ve yüzeyi farklılığına bağlıdır. Sol ventrikül kütlesi açısından kendi ruplarımız arasındaki fark; vücut özelliklerine veya çalışmaya aldığımız grubun sayı olarak etersiz kalmasına bağlı olabilir. *Turley ve arkadaşlarının* (108) aldığı grupta vücut özelliklerinin ol ventrikül fonksiyonlarına etkisini kaldırmak amacıyla yaş, kilo, boy, vücut kütle indeksi ve üzeyleri benzer çocuklar çalışmaya alınmış olmasına karşın; her iki grup arasında istatistiksel larak anlamlı fark saptanmıştır. Bu da cinsiyetin sol ventrikül kütlesinin belirlenmesinde önemli tkisi olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada sistolik kalp fonksiyonlarından FS (fraksiyonel

salma) değerlerinin kız ve erkeklerde aynı olduğu saptanmıştır (erkeklerde %34,1±3,8; kızlarda 32,3±4,4). Elde edilen bu değerler normal sınırlarda olmasına karşın astımlı hasta grubumuzun değerlerine eşit değerlerdir. Zira kendi çalışma gruplarımız arasında FS değerleri arasında anlamlı fark saptandı (astımlı grup, %33,4±3,84; sağlıklı grup %36,6±4,99 p=0,029).

Sol ventrikülün yapısal olarak gelişmesi vücudun büyümesi ile paralellik gösterir. Bu ilişkiyi kanıtlamak amacıyla *De Simone ve arkadaşları* (35) yaşları 1 gün ile 85 yıl arasında değişen 766 normotansif bireyin (373'ü 18 yaşın altında) ekokardiyografi aracılığı ile sol ventrikül ölçümlerini saptamışlardır. Sol ventrikül kütlelerinin tartı ile doğrusal (lineer), vücut yüzeyi ve boy ile doğrusal ilişki bulunduğunu belirlemişlerdir. Süt çocuklarında vücut ölçümleri ile LVM arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve yaşın artmasıyla bu ilişkinin azaldığı vurgulanmıştır. 18 yaşın altındaki çocuk ve adolesanlarda boy uzunluğunun, erişkinlerde ise cinsiyet ve kalp atım volümünün LVM'yi etkilediği bildirilmiştir. Yaş ortalamaları birbirine çok yakın olan erkek ve kız çocuklardan elde edilen iki grubun sol ventrikül kütle ortalamaları (sırasıyla 71,2±32 g, 62±25 g) çalışmamıza alınan hem astımlı (73,3±22,6 g), hem de sağlıklı kontrol çocuklarından (88,8±30,8 g) daha düşük olduğu görülmüştür.

Sol ventrikül kütlesi değerleri, vücut ölçümleri (boy, tartı, vücut yüzeyi ve vücut kütle indeksi) ile ilişkili olmasına karşın; sol ventrikül pompa işlevleri (ejeksiyon fraksiyonu) vücut ölçümlerinden bağımsızdır. Normotansif çocuklarda vücut ölçümlerinin sol ventriküle etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada sağlıklı 970 çocuk ve 469 erişkin incelenmiştir (34). Bu çalışmada obez olan deneklerde sistolik ve diyastolik kan basınçlarının yüksek olduğu, sol ventrikül büyüklüğünü belirleyen parametrelerin ve sol ventrikül kütlelerinin de normal sınırların üzerinde olduğu saptanmıştır. Kalp hızının ise yaş, tartı, boy, vücut yüzeyi ile negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmaya aldığımız astımlı hastaların tartı, boy, vücut kütle indeksleri sağlıklı çocuklardan elde edilen kontrol grubunun ortalama değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni astımlı çocuklarda kronik hastalığa bağlı beslenme yetersizliği ile açıklanabilir. *De Simone ve arkadaşlarının* (34) çalışma grubuna aldıkları sağlıklı çocukların sol ventrikül kütle ölçümleri bizim ortalama değerlerimize yakındır.

Sol ventrikül hipertrofinin tüm etmenlerden bağımsız olarak mortalite ve morbidite nedeni olduğu bilinmektedir. Sol ventrikül kütlelerini öncelikle etkileyen faktörler arasında obesite, cinsel gelişim evresi, kan basıncı düzeyi ve vücut kas kütleleridir. *Daniels ve arkadaşları* (31) yaşları 6-17

yıl arasında değişen 201 sağlıklı çocukta sol ventrikül kütledeki değişiklikleri değerlendirdiklerinde sol ventrikül kas kütlesi ile vücut kas kütlesi, yağ kütlesi ile sistolik kan basıncı arasında anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Bu vakalar ile bizim çalışma ve kontrol gruplarımızın yaş dağılımı benzer olmasına karşın, sol ventrikül kütle ortalamaları bizim değerlerimizden yüksektir. Oysa sol ventrikül sistolik fonksiyonlarını belirleyen ejeksiyon fraksiyonu ve fraksiyonel kısalma düzeyleri bizim sonuçlarımıza benzerdir.

Dai ve arkadaşlarının (29) yaptığı epidemiyolojik çalışmada yaşları 8-17 yıl arasında değişen çocukların sol ventrikül ekokardiyografik ölçümleri sonucu saptadıkları sol ventrikül kütle değerlerinin (100,3 g) bizim verilerimizden yüksek olduğu gözlemlendi. Bu çocukların yaşları dışında vücut özellikleri ile ilgili bilgi bulunmadığından aradaki farkın nedeni açıklanamamıştır. Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (%73) ve fraksiyonel kısalma (%35) düzeyleri ise bizim sonuçlarımıza benzerdi (Tablo 7).

Cinsiyet farklılıkların kardiyak fonksiyonel kapasiteye etkisini araştırmak amacıyla *Rowland ve arkadaşlarının* (91) yaptıkları çalışmada yaşları birbirine çok yakın olan 25 erkek (12±0,4 yıl), 25 kız (11,7±0,5 yıl) çocuk çalışmaya alınmış ve kalp fonksiyonları ekokardiyografik olarak değerlendirilmiştir. İki cins arasında sol ventrikül boyutları ve kardiyak fonksiyonları açısından farklılık saptanmamıştır.

Daniels ve arkadaşları (32) yarısı erkek, yarısı kız olmak üzere yaşları 6 ile 23 yıl arasında değişen 334 sağlıklı bireyde yaptıkları çalışmada, ekokardiyografik ölçüm değerlerini *Devereux ve arkadaşlarının* (36) geliştirdiği formüle koyarak sol ventrikül kütlelerini hesaplamışlardır. Bu çalışmada sol ventrikül kütlesi ile yaş, cins ve ağırlık arasında kayda değer bir ilişki saptanmıştır. Çocuk ve adolesanlarda sol ventrikül kütlesi, sol ventrikül kütlelerinin boya ve vücut yüzeyine göre düzeltilmiş değerlerinin 95. persantil üzeri değerler sol ventrikül hipertrofi kriterleri olarak alınmıştır. Bu değerler erkekler için sırasıyla 184,9 g, kadınlar için de 130,2 g. Sol ventrikül kütlesi ortalaması erkek çocuklarda 99,7±42,1 g, kızlarda 80,9±29,1 g olarak bulunmuştur.

Sol ventrikül kütlesi ve sistolik kan basıncı çocuk, adolesan ve genç erişkinlerde fetal ve süt çocuğu dönemindeki büyüme ile ilişkilidir. *Zureik ve arkadaşları* (118), 8-24 yaş arası 210 sağlıklı çocukta yaptıkları araştırmada; öyküsünde düşük doğum ağırlığı olan bireylerde sistolik kan basıncının daha yüksek olduğunu; sol ventrikül kütlelerinin ise doğum ağırlığı ile ilişkili olmadığını saptamışlardır. Bu çalışmada sol ventrikül kütlesi kızlarda 89,9±25 g, erkeklerde 104,5±33,1 g

olarak bulunmuştur. Bu değerler çalışma gruplarımızın sol ventrikül kütlesi değerinden yüksektir. Bu fark yaş gruplarımızın özdeş olmamasına bağlıdır. Bu çalışmada sistolik kan basıncı ile sol ventrikül kütlesi arasında ilişki olduğu saptanmıştır. Genç hipertansif hastalarda da ciddi sol ventrikül hipertrofisi olabilmektedir. Bu nedenle hipertansif çocuklar ilerde ciddi kardiyovasküler hastalık açısından izlenmeli, ilaç tedavisi ile kan basıncı kontrol altına alınmalı ve obes kişilerin kilo vermeleri sağlanmalıdır. Zira kilo veren çocuklarda sol ventrikül kütlesinin azaldığı saptanmıştır (30).

Sağlıklı çocuklar (30 gün-18 yaş arası, 161 çocuk) ile dilate kardiyomiyopati çocukların (12-17 yaş, 5 çocuk) sol ventrikül fonksiyonlarının incelendiği bir çalışmada sağlıklı grupta ejeksiyon fraksiyonu 78 ± 6 , fraksiyonel kısalma 40 ± 6 , pikE/pikA oranı da $1,77 \pm 0,53$ olarak saptanmıştır (42). Bu çalışmada elde edilen ejeksiyon fraksiyonu ve fraksiyonel kısalma değerleri çalışma grubumuzdan yüksek olmakla beraber her iki çalışmanın ortalama değerleri normal sınırlar içindedir. PikE/A hız oranları bizim çalışma grubumuzda elde edilen verilere eşittir.

Kronik anemili 7-12 yaş arası 52 çocukta yapılan bir çalışmada çalışmamıza benzer şekilde sol ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonları ve egzersize vücudun kardiyopulmoner yanıtı incelenmiştir (62). Sağlıklı çocuklarla karşılaştırmalı olarak yapılan bu çalışmada sağlıklı çocuklarda EF $60 \pm 4,6$ E/A oranı $1,74 \pm 0,68$, FS $30,9 \pm 2,13$ olarak bulunmuştur. Sonuçlarında hafif anemili çocuklardan ağır anemili hastalara doğru giderek ejeksiyon fraksiyonu ve fraksiyonel kısalmada düşme, E/A oranında ise artma saptanmıştır (62).

Ekokardiyografi aracılığı ile E hız, A hız ve E/A oranlarının belirlenmesi kalbin diyastolik fonksiyonlarının güvenilir, noninvazif bir değerlendirme yöntemidir. Bu amaçla kalbin Doppler ekokardiyografik ölçümleri ile anjiyografik incelemeler karşılaştırılmıştır. *Rokey ve arkadaşları* (88), sineanjiyografi ile karşılaştırmalı olarak yaptıkları pulsed Doppler ekokardiyografi ölçümlerinde; ekokardiyografi ile elde edilen mitral akım paterninin anjiyografi ile elde edilene benzer olduğunu ve anjiyografik olarak azalmış dolun oranları gözlenen hastalarda E/A akım oranlarının azaldığını belirtmişlerdir. Doppler görüntüleme ile elde edilen değerler ile anjiyografik olarak elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark saptanmadığı ve Doppler ekokardiyografik incelemenin de diyastolik fonksiyonları yansıttığı vurgulanmıştır..

Renkli Doppler ve M-mod ekokardiyografi yöntemleri ile noninvazif olarak sol ventrikül diyastol sonu basıncını tahmin etmek amacıyla *Dağdelen ve arkadaşlarının* (27), erişkin hastalarda

yaptıkları çalışmada LVEDP'nin 10 mmHg'den >15 mmHg üzerine çıktığı ve E/A oranında azalma olduğunu saptamışlardır. Sonuçta E/A hız oranının sol ventrikül diyastol sonu basıncını belirlemede önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi zordur. Diyastolik fonksiyonların değerlendirilmesi amacıyla kullanılan E, A ve E/A oranları çeşitli hastalıklarda değişkenlik göstermektedir. Hızlı dolunun göstergesi olan E dalgasının düşük olması ve buna bağlı olarak da E/A oranının düşmesi çeşitli hastalık durumlarında gözlenir. Bu hastalıklar koroner arter hastalığı, aort stenozu, hipertansiyon, dilate kardiyomyopati'dir. Yüksek olduğu durumlar da konstrüktif perikardit ve mitral regürjitasyondur. Hipertrofik kardiyomyopati'de ise durum değişkenlik gösterir. *Nishimura ve arkadaşlarının* (75) çalışmasında mitral kapak Doppler ölçümlerinden E velositesinin 86 ± 16 cm/sn; A velositesinin 56 ± 13 cm/sn olduğu saptanmıştır.

Pulsed Doppler ekokardiyografi ile anormal sol ventrikül dolumu genellikle hipertrofik kardiyomyopati'de gözlenir. *Takenaka ve arkadaşlarının* (102), 17 hipertrofik kardiyomyopati'li hasta ile 11 sağlıklı birey arasında yaptıkları incelemede erken dolun velositesinin geç dolun velositesine oranının (E/A) ve deselerasyon zamanının azaldığı gözlenmiştir. *Gidding ve arkadaşları* (49) da 10 hipertrofik kardiyomyopati'li hastada sol ventrikül dolununun azaldığını bildirmişlerdir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda hipertansiyonu olan hastalarda klinik, EKG ve ekokardiyografik olarak bir bulgu olmasa bile Doppler ekokardiyografi ile diyastolik dolunun azaldığı gözlenmiştir (98). Sol ventrikül hipertrofisinde de kronik basınç yüküne bağlı olarak Doppler ekokardiyografide sol ventrikül dolun anomalileri saptanmaktadır. Bu amaçla yapılan kontrollü bir çalışmada FS hasta grubunda %41 iken; kontrol grubunda % 37, E/A oranı hasta grubunda 0,98 iken kontrol grubunda 1,71 olarak saptanmıştır (64).

Eroğlu ve Sarıoğlu'nun (41), 3,3 ve 17,9 yaş arası (ort. $8,5 \pm 3,7$), 50 sağlıklı çocukta sağ ve sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının Doppler ekokardiyografi ile değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada transmitral ve transtriküspit akımları değerlendirilmiştir. Yaşın diyastolik fonksiyon parametreleri üzerine etkisini incelemek üzere 9 yaş altı ve üstü diye iki gruba ayrılan çocukların Doppler ölçümlerinde her iki grup arasında fark bulunmamıştır. Transmitral ve transtriküspit pulsed Doppler ölçümleri ile yaş ve vücut alanı arasındaki korelasyonda transmitral akım E hız ile yaş arasında çok zayıf; A hız ile yaş arasında zayıf; E hız ile A hız ile vücut alanı

arasında zayıf korelasyon saptanmıştır. Sol ventrikülde erken ve geç diyastolik akımların hızlarının yaş ve vücut alanı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Mitral akım E hız: $97,8 \pm 16,7$ cm/sn; A hız: $50,3 \pm 12,0$ cm/sn; E/A oranı: $2,06 \pm 0,57$ olarak saptanmışlardır. Kendi çalışma grubumuzda ise E/A oranı astımlı çocuklarda $1,74 \pm 0,4$; sağlıklı çocuk grubunda ise $1,58 \pm 0,27$ olarak saptandı. Her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.

Sağ ventrikül dolun dinamiklerinde artan yaşla meydana gelen değişiklikleri, sol ventrikül dinamikleri ile karşılaştırmalı olarak inceledikleri çalışmaya 5-66 yaş arası 50 sağlıklı birey incelenmiştir (117). Yaşa bağlı olarak erken dolun hızlarında azalma, geç dolun hızında artma ve buna bağlı olarak da E/A oranında azalma saptanmıştır. Bu çalışmada ayrıca kalp hızı ile diyastolik parametreler arasında ilişki saptanmadığı gözlenmiştir. Pik E 60 ± 12 cm/sn, Pik A 48 ± 12 cm/sn; E/A oranı da $1,45 \pm 0,35$ olarak saptanmıştır.

Brun ve arkadaşları (17), çeşitli yaş grupları ve hastalık gruplarında diyastolik parametreleri anjiyografi çalışmaları ile karşılıklı olmak üzere değerlendirmişlerdir. 29 sağlıklı kontrol birey ile (E: $0,70 \pm 0,13$ m/sn, A: $0,43 \pm 0,07$ m/sn, E/A: $0,65 \pm 0,42$) ile hasta gruplarını (dilate kardiyomiyopati, iskemik kardiyomiyopati, hipertrofik kardiyomiyopati, sistemik hipertansiyon) karşılaştırmışlardır (E: $0,74 \pm 0,28$ m/sn, A: $0,64 \pm 0,32$ m/sn, E/A: $1,33 \pm 1,13$). Hasta grubunda diyastolik akım parametrelerinin daha az olduğunu saptamışlardır.

Sol ventrikül sistolik fonksiyonundan önce diyastolik fonksiyonunun bozulduğu gösterilmiştir. Sol ventrikül diyastolik disfonksiyonunu saptamak amacıyla *Snider ve arkadaşları* (98), 10-18 yaş arasında 11 hipertansiyonlu ve 7 sağlıklı çocukta yaptıkları çalışmada hipertansiyonlu grupta E hız: $1,0 \pm 0,16$ m/sn ; A hız: $0,68 \pm 0,11$ m/sn; E/A oranı: $1,52 \pm 0,43$ iken; sağlıklı grupta E hız: $0,91 \pm 0,11$ m/sn; A hız: $0,49 \pm 0,08$ m/sn; E/A oranı da $1,87 \pm 0,39$ olarak saptanmıştır. Bu çalışmadaki sağlıklı çocukların E/A oranı bizim çalışma grubumuzdaki sağlıklı çocukların sonucuna yakın değerdedir. Bu çalışmada hafif hipertansiyonu olan çocuklarda sol ventrikül dolununun bozulduğu ve bu bozukluğun daha sol ventrikül hipertrofisi gelişmeden önce görülebileceği vurgulanmıştır.

Riggs ve Snider (86), solunumun sol ve sağ ventrikül diyastolik fonksiyonları üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yaşları 1,5-11 yıl arası değişen çocukları çalışmaya almıştır. İspirasyonla beraber Doppler ekokardiyografide ölçülen E hız ve E/A oranlarında azalma saptamışlardır (inspiryumda $1,72 \pm 0,42$ m/sn iken; ekspiryumda $2,0 \pm 0,64$ m/sn). İspirasyon

sırasında sol ventrikül atım hacmi azalmaktadır. Pulmoner damarların venöz kapasitesinde artış, kalp hızında artışı ve buna bağlı olarak diyastol zamanında kısalmaya; negatif plevral basınca sekonder olarak sistemik art yükte artış ve inspirasyonla beraber artan sağ ventrikül dolumu nedeniyle sağa kayan interventriküler septum nedeniyle sol ventrikül diyastolik basıncının artışına neden olduğu ve buna bağlı olarak E/A oranının azaldığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak; bu çalışmada, astım tanısıyla takip edilip stabil bir düzeye ulaşmış hastaların aerobik egzersiz kapasiteleri özdeş yaş grubundan sağlıklı çocuklarla karşılaştırıldığında daha düşük olduğu saptanmıştır. Aerobik egzersiz kapasitesi, çocuğun tedaviye verdiği klinik iyilik halden bağımsızdır. Astımlı çocukların ileride, aerobik egzersiz kapasitelerinin artırılması amacıyla uygun ve düzenli egzersiz programına alınmasının uygun olacağı kanısına varıldı. Bu hastaların diyastolik kalp fonksiyonlarının etkilenmemesine karşın; sistolik kalp fonksiyonlarından refraksiyonel kısalmanın sağlıklı kontrol grubuna göre anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır. Bu nedenle astımlı hastalar sistolik fonksiyonlar açısından izlenmeli ve bu bulguyu destekleyecek daha kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır.

ÖZET

Astımlı çocukların egzersiz kapasiteleri, egzersize kardiyopulmoner yanıtı ve bununla ilişkili olarak sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları ile ilgili bilgilerimiz kısıtlıdır. Astımlı çocukların akut egzersiz girişimlerine yanıtının ve egzersiz çalışmalarına adaptasyonlarının fizyolojisinin anlaşılması amacıyla uygulanan bu çalışmada medikal tedavi ile belirli bir iyileşme düzeyine ulaşan stabil astımlı çocuklarda dinamik egzersiz testi aracılığı ile aerobik egzersiz kapasiteleri ve ekokardiyografi aracılığı ile de sol ventrikül sistolik ve diyastolik kalp fonksiyonları ölçülerek akciğerlerde oluşan değişikliklerin solunum ve kalp fonksiyonlarına etkisi değerlendirilmek istendi.

Araştırma, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Pediatrik Allerji ve Akciğer Hastalıkları Bilim Dalı Polikliniğinden izlenmekte olan, 7-16 yaşlar arasında 20 astımlı hasta ile özdeş yaş grubundan 20 sağlıklı çocukta yapıldı. Hasta ve kontrol grubundaki tüm vakaların M-mode, iki boyutlu ve pulsed Doppler ekokardiyografi incelemeleri İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalı Laboratuvarında yapıldı. Egzersiz testi yapılmasında sakınca olmayan deneklere İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Fizyolojisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde solunum fonksiyon testi, metabolik kondisyon testi ve dinamik egzersiz testi yapıldı.

İstirahat durumundaki FEV₁ ve inspiratuar kapasiteleri sağlıklı çocuklara göre daha düşük olan astımlı hastaların aerobik egzersiz kapasiteleri (maxVO₂ 42,51±12,5 ml/kg/dk) de sağlıklı çocuklara (maxVO₂ 48,75±9,8 ml/kg/dk) göre düşüktü. Aerobik egzersiz kapasitesinin diğer bir ölçütü olan endürasyon kapasitesi (8,31±2,6 dk) de sağlıklı çocuklara (10,14±2,32 dk) göre daha

düşük bulundu. Sol ventrikül diyastolik fonksiyonları ve sol ventrikül kütlesi ile ilgili olarak her iki grup arasında fark saptanmadı. Sistolik kalp fonksiyonlarını belirleyen ejeksiyon fraksiyonu her iki grup arasında farklı bulunmamasına karşın kılalma fraksiyonu astımlı çocuklarda istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu (astımlı çocuklarda $33,4 \pm 8,4$ iken; sağlıklı çocuklarda $36,6 \pm 4,99$).

Sonuç olarak; bu çalışmada, astım tanısıyla takip edilip stabil bir düzeye ulaşmış hastaların aerobik egzersiz kapasiteleri özdeş yaş grubundan sağlıklı çocuklarla karşılaştırıldığında daha düşük olduğu saptanmıştır. Aerobik egzersiz kapasitesi, çocuğun tedaviye verdiği klinik iyilik halinden bağımsızdır. Astımlı çocukların ileride, aerobik egzersiz kapasitelerinin artırılması amacıyla uygun ve düzenli egzersiz programına alınmasının uygun olacağı kanısına varıldı. Bu hastaların diyastolik kalp fonksiyonlarının etkilenmemesine karşın; sistolik kalp fonksiyonlarından fraksiyonel kılalmanın sağlıklı kontrol grubuna göre anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır. Bu nedenle astımlı hastalar sistolik fonksiyonlar açısından izlenmeli ve bu bulguyu destekleyecek daha kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Adams WB. ACC (The American College of Cardiology)/AHA (American Heart Association) Guidelines for exercise testing. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30:260-315.
2. Addo Yobo EOD, Custovic A, Taggart SCO, Asafo-Agyei AP, Woodcock A. Exercise induced bronchospasm in Ghana: differences in prevalence between urban and rural schoolchildren. *Thorax*.1997; 52:161-165.
3. Ahmadi SB, Varray AL, Savy-Pacaux AM, Prefaut CG. Cardiorespiratory fitness evaluation by the shuttle test in asthmatic subjects during aerobic training. *Chest* 1993; 103:1135-1141.
4. Alp H, Yu BH, Grant EN, Rao V, Moy JN. Cockroach allergy appears in life in inner-city children with recurrent wheezing. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2001; 86(1): 51-54.
5. Alpert JS, Rippe JM. *Manual Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, Boston: Little Brown and Company, 1980.
6. Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. Prepubescent's ventilatory responses to exercise with reference to sex and body size. *Chest* 1997; 112: 1554-1560.
7. Arthur F. Gelb, Tashkin DP, Epstein JD, Gong H, Zamel N. Exercise-induced bronchodilation in asthma. *Chest* 1985; 87:196-201 .
8. Asher MI, Keil U, Anderson HR. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Eur Respir J* 1995; 8:483-491.

9. Aydılek R. *Allerjik Hastalıklar ve Bronşial Astma*, İstanbul: Aktüel Tıp Dergisi, 1998.
10. Backer V, Ulrik CS. Bronchial responsiveness to exercise in a random sample of 494 children and adolescents from Copenhagen. *Clinical and Experimental Allergy* 1992; 22:741-747.
11. Bar-Or O, Shepard RJ, Allen CL. Cardiac output of 10-to 13-years old boys and girls during submaximal exercise. *J Appl Physiol* 1971; 30:219-223.
12. Beck KC, Offord KP, Scanlon PD. Bronchoconstriction occurring during exercise in asthmatic subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149:352-357.
13. Behrman RE, Kliegman RM, Nelson WE, Vaughan VC. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 4th ed. WB Saunders Company, 1992.
14. Bierman CW, Pearlman DS, Shapiro GG, Busse WW. *Allergy, Asthma and Immunology from infancy to Adulthood*. 3th ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 1996.
15. Braden DS, Strong EB. Cardiovascular responses to exercise in childhood. *Am J Dis Child* 1990; 144:1255-1260.
16. Braunwald E. *Heart Diseases. A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 1992.
17. Brun P, Tribouilly C, Duval AM, Iserin L, Meguira A, Pelle G, Dubois-Rande JL. Left ventricular flow propagation during early filling is related to wall relaxation: A color M-Mode Doppler analysis. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20:420-432.
18. Burnley M, Jones AM, Carter H, Doust JH. Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol* 2000; 89:1387-1396.

19. Carter R, Nicotra B, Blevins W, Holiday D. Altered exercise gas exchange and cardiac function in patients with mild chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1993;103:745-750.
20. Casale TB. Lifestyle factors and pediatric asthma. 96th International Conference of the American Thoracic Society Day1-May5, 2000.
21. Clark CJ, Cochrane LM. Assessment of work performance in asthma for determination of cardiorespiratory fitness and training capacity. *Thorax* 1988; 43:745-749.
22. Cookson WO, Sharp PA, Faux JA, Hopkin JM. Linkage between immunoglobulin E responses underlying asthma and rhinitis and chromosome 11q. *Lancet* 1989; 1:1292-1295.
23. Courtois M, Kovacs SJ, Ludbrook PA. Transmitral pressure-flow velocity relation. *Circulation* 1988; 78:661-671.
24. Courtois M, Vered Z, Barzilai B, Ricciotti NA, Perez JE, Ludbrook PA. The transmitral pressure-flow velocity relation effect of abrupt preload reduction. *Circulation* 1988; 78:1459-1468.
25. Cumming GR, Everatt D, Hastman L. Bruce treadmill test in children: Normal values in a clinic populations. *Am J Cardiol* 1978; 41:69.
26. Custovic A, Arifhodzic N, Robinson A, Woodcock A. Exercise testing revisited. The response to exercise in normal and atopic children. *Chest* 1994; 105:1127-1132.
27. Dağdelen S, Eren N, Karabulut H, Akdemir İ, Ergelen M, Sağlam M, Yüce M, Alhan C, Çağlar N. Doku Doppler görüntüleme ve renkli M-mod Doppler ekokardiyografi ile sol ventrikül diyastol sonu basıncının tahmini. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi Ağustos* 2000.

28. Dađı E, Bařaran M, Hayran O, Kurtulan E, Sağlam H. Prevalence of asthma in two distinct areas around Istanbul with different levels of air pollution. Annual Congress of ERS, Italy. 25-29 Eylül 1993. *Eur Respir J* 1993; 6(suppl17):616.
29. Dai S, Ayres NA, Harrist RB, Bricker JT, Labarthe DR. Validity of echocardiographic measurement in an epidemiological study. *Hypertension* 1999; 34:236-241.
30. Daniels SR, Loggie JMH, Khoury P, Kimball T. Left ventricular geometry and severe left ventricular hypertrophy in children and adolescents with essential hypertension. *Circulation* 1998; 97:1907-1911.
31. Daniels SR, Kimball TR, Morrison JA, Khoury P, Witt S, Meyer RA. Effect of lean body mass, fat mass, blood pressure and sexual maturation on left ventricular mass in children and adolescents. *Circulation* 1995; 92:3249-3254.
32. Daniels SR, Meyer RA, Liang Y, Bove KE. Echocardiographically determined left ventricular mass index in normal children, adolescents and young adults. *J Am Coll Cardiol* 1988; 12:703-708.
33. De Maria As, Wisenbaugh TW, Smith MD, et al. Doppler echocardiographic evaluation of left ventricular diastolic function. *Circulation* 1991; 84:288-295.
34. De Simone G, Devereux RB, Daniels SR, Mureddu GF, Roman MJ, Kimball TR, Greco R, Witt S, Contaldo F. Stroke volume and cardiac output in normotensive children and adults. *Circulation* 1997;95:1837-1843.
35. De Simone G, Devereux RB, Kimball TR, Mureddu GF, Roman MJ, Contaldo F, Daniels SR. Interaction between body size and cardiac workload. *Hypertension* 1998; 31:1077-1082.

36. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, Reichek N. Echocardiographic assesment of left ventricular hypertrophy: Comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986; 57:450-458.
37. Emtner M, Herala M, Stalenheim. High-intensity physical training in adults with asthma. 10 week rehabilitation program. *Chest* 1996; 109:323-330.
38. Enright PL, Linn WS, Awol EL, Margolis HG, Gong H, Peters JM. Quality of spirometry test performance in children and adolescents. *Chest* 2000; 118:665-671.
39. Er İ. Astımlı hastalarda aerobik egzersizlerinin ve solunum rehabilitasyonunun etkileri. *Egzersiz Fizyolojisi Yüksek Lisans Tezi*, 1996.
40. Eriksson BO. Cardiac output and arterial blood gasses during exercise in pubertal boys. *J Appl Physiol* 1971; 31:348-352.
41. Eroğlu AG, Sariođlu A. Sağlıklı çocuklarda sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarının Doppler ekokardiyografi ile değerlendirilmesi ve sol ventrikül diyastolik fonksiyonları ile karşılaştırılması. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşıvi*, Temmuz 2000.
42. Eto G, Ishii M, Tei C, Tsutsumi T, Akagi T, Kato H. Assesment of global left ventricular function in normal children and in children with dilated cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiography* 1999; 12:1058-1064.
43. Evans JE. Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1999; 31:12-17.
44. Feisal KA, Fuleihan FJD. Pulmonary gas exchange during exercise in young asthmatic patients. *Thorax* 1979; 34:393-396.

45. Friedman WF, Higgins CB. *Cardiology Clinics, pediatric cardiac imaging vol:1, no:3, Philadelphia: WB Saunders Company, 1983.*
46. Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK. Left ventricular compliance: Mechanism and clinical implications. *The Am J of Cardiol* 1976; 38:645-653.
47. Gadhoke S, Jones NL. The responses to exercise in boys aged 9-15 years. *Clin Sci* 1969; 37:789-801.
48. Garfinkel SK, Kesten S, Chapman R, Rebeck AS. Physiologic and nonphysiologic determinants of aerobic fitness in mild to moderate asthma. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145:741-745..
49. Gidding SS, Snider AR, Rocchini AP, Peters J, Farnsworth R. Left ventricular diastolic filling in children with hypertrophic cardiomyopathy: Assessment with pulsed Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986;8:310.
50. Grossman W, McLaurin LP. Diastolic properties of the left ventricle. *Ann of Int Med* 1976; 84:316-326.
51. Gutgesell HP, Paquet M, Duff DF, McNamara DG. Evaluation of left ventricular size and function by echocardiography. Results in normal children. *Circulation* 1977; 56:457-462.
52. Günel N ve arkadaşları: Diyastolik fonksiyonlar: Diyastol fiziyojisi, fonksiyon bozuklukları ve ekokardiyografi ile değerlendirilmesi. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi* 1997; 25:54-64.
53. Hallstrand TS, Bates PW, Schoene RB. Aerobic conditioning in mild asthma decreases the hyperpnea of exercise and improves exercise and ventilatory capacity. *Chest* 2000; 118:1460-1469.

54. Harizi RC, Bianco JA, Alpert JS. Diastolic function of the heart in clinical cardiology. *Arch Intern Med* 1988; 148:99-109.
55. Harrison MR, Clifton GD, Pennell AT, DeMaria AN. Effect of heart rate on left ventricular diastolic transmitral flow velocity patterns assessed by Doppler echocardiography in normal subjects. *Am J Cardiol* 1991; 167:622-628.
56. Hebestreit H, Kriemler S, Hughson RL, Bar-Or O. Kinetics of oxygen uptake at the onset of exercise in boys and men. *J Appl Physiol* 1998; 85:1833-1841.
57. Hofsra WB, Sont JK, Sterk PJ, Kuethe MC, Duiverman EJ. Sample size estimation in studies monitoring exercise-induced bronchoconstriction in asthmatic children. *Thorax* 1997; 52; 739-741.
58. Horwood LJ, Fergusson DM, Hons BA. Social and familial factors in the development of early childhood asthma. *Pediatrics* 1985; 75:859-868.
59. James FW, Blomqvist CG, Freed MD, Miller WW, Moller JH, Nugent EW, Riopel DA, Strong WB, Wessel HU. Standards for exercise testing in the pediatric age group. American Heart Association Special Report. *Circulation* 1982; 66:1377A-1397A.
50. Kalyoncu AF. Astma Epidemiyolojisi. *Medikal Magazin*, 1994.
51. Kalyoncu AF, Selçuk ZT, Karakoca Y, Emri AS, Çöplü L, Şahin AA, Barış Y. Prevalence of Childhood Asthma and Allergic Disease in Ankara, Turkey. *Allergy* 1994; 49:485-488.
52. Kapoor RK, Singh L, Mehrotra S, Chandra M. Demasking of subclinical left ventricular dysfunction in anemic children. *Indian Pediatrics* 1999; 36:991-998.
53. Klein AA. Pediatric exercise testing. *Pediatr Ann* 1978; 16:546-206.

54. Labowitz AJ, Pearson AC. Evaluation of left ventricular diastolic function: Clinical relevance and recent Doppler echocardiographic insights. *Am Heart J* 1987; 114:836-851.
55. Ludwick SK, Jones JW, Jones TK, Fukuhara JT, Strunk RC. Normalization of cardiopulmonary endurance in severely asthmatic children after bicycle ergometry therapy. *J Pediatr* 1986; 109:446-451.
56. Mannix ET, Manfredi F, Farber MO. A comparison of two challenge for identifying exercise-induced bronchospasm in figure skaters. *Chest* 1999; 115:649-653.
57. Matsumoto I, Araki H, Tsuda K, Odajima H, Nishima S, Higaki Y, Tanaka H, Tanaka M, Shindo M. Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with asthma. *Thorax* 1999; 54:196-201.
58. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Essentials of Exercise Physiology*. 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins 2000.
59. McArdle WD. Measuring Childhood Asthma Prevalence Before and After 1997. Redesign of the National Interview Survey. United States. *MMWR* October 13, 2000; 49(40):908-911.
70. Mermier CM, Samet JM, Lambert WE, Chick TW. Evaluation of the relationship between heart rate and ventilation for epidemiologic studies. *Arc Environmental Health* 1993; 48:263-269.
71. Munyard P, Chung KF, Bush A. Inhaled furosemide and exercise induced asthma. *Thorax* 1995; 50:677-678.
72. Nagueh SF, Mikati I, Kopelen HA, Middleton KJ, Quifiones MA, Zoghbi WA. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. *Circulation* 1998; 98:1644-1650.
73. Narray AL, Mercier JG, Terral CM, Prefaut CG. Individualized aerobic and high intensity training for asthmatic children in an exercise readaptation program. *Chest* 1991; 99:579-586.

4.Neder JA, Nery LE, Silva AC, Cabral ALB, Fernandes ALG. Short term effects of aerobic exercise training in the clinical management of moderate to severe asthma in children. *Thorax* 1999; 54:202-206.

5.Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ. Assessment of diastolic function of the heart: background and current applications of Doppler echocardiography. Part 2 Clinical studies. *Mayo Clinics Proc* 1989; 64: 181-204.

6.Nishimura RA, Housmans PR. Assessment of diastolic functions of the heart. *Mayo Clin Proc* 1989; 64:71-81.

7.Nixon PA. Role of exercise in the evaluation and management of pulmonary disease in children and youth. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1996; 28:414-420.

8.Öneş Ü, Sapan N, Somer A, Dişçi R, Salman N, Güler N, Yalçın I. Prevalence of childhood asthma in Istanbul, Turkey. *Allergy* 1997; 52:570-575.

9.Park MK. *Pediatric Cardiology for Practitioners*. 3rd ed. Texas: Mosby, 1996.

10.Pratter MR. Practical guide for the diagnosis and management of asthma. *National Heart, Lung and Blood Institute* 1998; 97(4053):1-52.

11.Pratter MR, Curley FJ, Dubois J, Irwin R. Cause and evaluation of chronic dyspnea in a pulmonary disease. *Arch Intern Med* 1989; 149:2277-2282.

12.Punzal PA, Ries AL, Kaplan RM, Prewitt LM. Maximum intensity exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1991; 100:618-623.

83. Rasmussen F, Lambrechtsen J, Siersted HC, Hansen HS, Hansen NC. Asymptomatic bronchial hyperresponsiveness to exercise in childhood and the development of asthma related symptoms in young adulthood: the Odense schoolchild study. *Thorax* 1999; 54; 587-589.
84. Reiff DB, Choudry NB, Pride NB, Ind PW. The effect of prolonged submaximal warm-up exercise on exercise-induced asthma. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:479-484.
85. Rietveld S, Dooijes EH. Characteristics and diagnostic significance of wheezes during exercise-induced airway obstruction in children with asthma. *Chest* 1996; 110:624-631.
86. Riggs TW, Snider RA. Respiratory influence on right and left ventricular diastolic function in normal children. *Am J Cardiol* 1989; 63:858-861.
87. Rogers DM, Olson BL, Wilmore JH. Scaling for the VO₂-to-body size relationship among children and adult. *J Appl Physiol* 1995; 79(3):958-967.
88. Rokey R, Kuo LC, Zoghbi WA, Limacher MC, Quinones MA. Determination of parameters of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography: Comparison with cineangiography. *Circulation* 1985; 71:543-550.
89. Rowland TW, Cunningham LN. Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. *Chest* 1992; 101:485-489.
90. Rowland T, Goff D, Martel L, Ferrone L. Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. *Chest* 2000; 117:629-635.
91. Rowland TW, Cunningham LN. Development of ventilatory responses to exercise in normal white children. *Chest* 1997; 111:327-332.

92. Schacter EN, Doyle CA, Beck GJ. A prospective study of asthma in rural community. *Chest* 1984; 85:623-630.
93. Schwartz RH. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, vol:18, no:1, Philadelphia: WB Saunders Company, 1998.
94. Selçuk ZT, Çağlar T, Topal T. Prevalence of allergic disease in primary school children in Edirne, Turkey. Annual Congress of ERS, Barcelona, İspanya. *Eur Respir J* 1995; 8(supply19): 1075.
95. Shah AR, Gozal D, Keens TG. Determinants of aerobic and anaerobic exercise performance in cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157:1145-1150.
96. Shrake K, Blonshire S, Brown R, Ruppel G, Wanger J, Kochansky M. Exercise testing for evaluation of hypoxemia and/or desaturation. *Respir Care* 1992; 34:907-912.
97. Silverman NH. *Pediatric Echocardiography*, Williams and Wilkins Comp, 1993.
98. Snider AR, Gidding SS, Rocchini AP, Rosenthal A, Dick M, Crowley DC, Peters J. Doppler evaluation of left ventricular diastolic filling in children with systemic hypertension. *Am J Cardiol* 1985; 56:921-926.
99. Sporik R, Holgates S, Cogswell SS. Natural history of asthma in childhood: A birth cohort study. *Arch Dis Child* 1991; 166:1050-1053.
100. Stork TV, Müller RM, Piske GJ, et al. Nonvasive measurement of left ventricular filling pressures by means of transmitral pulsed Doppler ultrasound. *Am J Cardiol* 1989; 64:655-661.
101. Strain DS, Kinasewitz GT, Franco DP, George RB. Effect of steroid therapy on exercise performance in patients with irreversible chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1995; 108:718-721.

102. Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM. Left ventricular filling in hypertrophic cardiomyopathy: A pulsed Doppler echocardiography study. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7:1263.
103. Thomas JD, Weyman AE. Echocardiographic Doppler evaluation of left ventricular diastolic function. *Circulation* 1991; 84:977-980.
104. Tinkelman DG, Falliers CJ, Naspitz CK. *Childhood Asthma Pathophysiology and Treatment*, New York:Marcel Dekker, 1987.
105. Tinkelman D, Conner B. Diagnosis and management of asthma in the young child. *J Asthma* 1994; 31:419-425.
106. Trautlein JJ. Risk factors in exercise testing. *J Allergy Clin Immunol* 1979; 64:625-626.
107. Turley KR, Wilmore JH. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J Appl Physiol* 1997; 83(3):948-957.
108. Turley KR, Wilmore JH. Cardiovascular responses to submaximal exercise in 7-to 9-years old boys and girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997; 29:824-832.
109. Vasan RS, Levy D, Larson MG, Benjamin EJ. Interpretation of echocardiographic measurement: A call for standardization. *Am Heart J* 2000; 139:412-422.
110. Warner JO, Naspitz CK: Third international pediatric consensus statement on the management of childhood asthma. *Pediatr Pulmonol* 1998; 25:1-17.
111. Washington RL, Bricker JT, Alpert BS. Guidelines for exercise testing in the pediatric age group. *Circulation* 1994; 90:2166-2179.

12. Wetsport CT. Goblet cell hyperplasia may contribute to asthma pathology. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:517-523.
13. Wetsport CT. Platelet derived growth factor implicated in airway remodeling. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 107:135-142.
14. Wever-Hess J, Hermans J, Kouwenberg JM, Duiverman EJ, Wever AM. Hospital admission and readmission for asthma in the age group 0-4 years. *Pediatr Pulmonol* 2001; 31(1):30-36.
15. Weyman AE. *Principles and Practice of Echocardiography*, 2nd ed. Pennsylvania: A Waverly Company, 1994.
16. Zhang YY, Wasserman K, Sietsema KE, Ben-Dov I, Barstow TJ, Mizumoto G, Sullivan C. O₂ uptake kinetics in response to exercise. A measure of tissue anaerobiosis in heart failure. *Chest* 1993; 103:735-741.
17. Zoghbi WA, Habib GB, Quinones MA. Doppler assesment of right ventricular filling in a normal population. *Circulation* 1990; 82:1316-1324.
18. Zureik M, Bonithon-Kopp C, Lecomte E, Siest G, Ducimetiere P. Weights at birth and early infancy, systolic pressure, and left ventricular in subjects aged 8 to 24 years. *Hypertension* 1996; 27:339-345.