

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GÖĞÜS KALP DAMAR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

**NORMOTERMİK VE HİPOTERMİK
KARDİYOPULMONER BYPASS SIRASINDA
BİYOİMPEDANS FARKLILIKLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

PERFÜZYONİST
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa TÜRKMENOĞLU


DANIŞMAN
Doç. Dr. Abdussemet HAZAR

ŞANLIURFA

2014

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mustafa TÜRKMENOĞLU'un hazırladığı "Normotermik ve Hipotermik Kardiyopulmoner Bypass Sırasında Biyoimpedans Farklılıklarının Karşılaştırılması" konulu çalışma, 16/06/2014 tarihinde jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'nda Perfüzyonist Yetiştirme Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.


Doç. Dr. Mustafa GÖZ
Harran Üniversitesi
BAŞKAN

Doç. Dr. Abdussemet HAZAR (Danışman) **Yrd. Doç Dr. Aydemir KOÇARSLAN**
Harran Üniversitesi **Harran Üniversitesi**
ÜYE **ÜYE**


Prof. Dr. Nurten AKSOY
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans yaptığım süre içerisinde, biz öğrencilerine öğrencisi olmaktan daha çok bir arkadaşı gibi yaklaşan, emeğin ve bilimin dünyasında saygınlığının ancak samimiyetle kurulabileceğinin bilinci ve özlemi içerisinde olan, hocam Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Mustafa GÖZ'e...

İyi niyetiyle hepimizin saygı ve sevgisini kazanmış Danışman hocam Sayın Doç. Dr. Abdussemet HAZAR'a...

Kalp Damar Cerrahisi Kliniğinin benden yardımını esirgemeyen hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Salih AYDIN, Yrd. Doç. Dr. Aydemir KOÇARSLAN'a...

Arkadaşlığını ve bilgisini esirgemeyen Öğr. Görevlisi Sayın Reşat DİKME'ye...

Cihazın kullanılmasında yardımını aldığım Biyofizik Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Cemil SERT'e...

Göğüs Cerrahisi Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. İrfan ESER'e...

OSM Hastanesi KDC Uzmanı Sayın Dr. Bayram YILMAZKAYA'ya...

Üzerimde emeği olan başta hocam Sayın Prof. Dr. Battal Çıplak olmak üzere Akdeniz Üniversitesi'ndeki hocalarıma...

Perfüzyonist Yüksek Lisans Öğrencileri başta dönem arkadaşlarım Esin AKÇA ve H. Bilge AÇIK'a...

Klinik çalışanları, Harran Üniversitesi emekçileri ve tüm Aileme ayrı ayrı teşekkür ederim.

Mustafa TÜRKMENOĞLU

Mayıs, 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kardiyopulmoner Bypass	3
2.2. Perfüzyon ve Kalp Damar Cerrahisi	4
2.2.1. Perfüzyon	4
2.2.1.1. Hipotermik ve Normotermik KPB	6
2.2.2. Kalp Akciğer Makinesi	7
2.2.2.1. KPB Devreleri ve Elemanları	7
2.3. Biyoimpedans	12
2.3.1. Biyoimpedans Analiz Genel Prensipleri	12
2.3.2. Biyoimpedans Analiz Metotları	14
2.3.3. Biyoimpedans Spektroskopisi	14
2.3.4. Segmental-Biyoimpedans Analiz	15
2.3.5. Biyoimpedans Analiz Ölçüm Standartları.....	17
2.3.6. Doğrulama	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	18
3.1. Klinik Parametreler	18
3.2. Biyoimpedans Ölçümü	19
3.3. İstatiksel Analiz	19
4. BULGULAR	20
5. TARTIŞMA	29
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	32
7. YARARLANILAN KAYNAKLAR	33

Şekiller**Sayfa**

Şekil 1.	Genel olarak oksijenli solunum tepkimeleri	4
Şekil 2.	Glikoliz sonrasında Laktik Asit fermantasyonu ve Krebs Döngüsünün aşamaları, ETS (Elektron Taşıma Sistemi)	5
Şekil 3.	Tubing Set	7
Şekil 4.	Ana rezervuar ve onun içinde kardiyotomi rezervuarı	8
Şekil 5.	Biyoimpedans problemlerinin uzuvlara takıldığı bölgeler	13
Şekil 6.	BİA Cihazı	14
Şekil 7.	BİA çıkışı	16

Tablo

Tablo 1.	Hipotermik koşullara bağlı sıcaklık aralıkları	6
----------	------------------------------------------------	---

Grafik

Figure 1.	Hipotermik KPB'da TBW'nin zamansal eğrisi	21
Figure 2.	Normotermik KPB'da TBW'nin zamansal eğrisi	21
Figure 3.	ECW Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi	22
Figure 4.	ECW Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi	22
Figure 5.	İCW Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi	23
Figure 6.	İCW Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi	23
Figure 7.	BMR'nin Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi	24
Figure 8.	BMR'nin Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi	24
Figure 9.	FM'in Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi	25
Figure 10.	FM'in Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi	25
Figure 11.	LBM'in Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi	26
Figure 12.	LBM'sin Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi	26
Figure 13.	BCM'nin Hipotermik KPB'da zamansal eğrisi	27
Figure 14.	BCM'nin Normotermik KPB'da zamansal eğrisi	27
Figure 15.	PA'nın Hipotermik KPB'da zamansal eğrisi	28
Figure 16.	PA'nın Normotermik KPB'da zamansal eğrisi	28

KISALTMALAR

ATP	: Adenozin trifosfat
BIA	: Biyoimpedans Analizörü
BIS	: Biyoimpedans Spektroskopisi
BMR	: Basal Metabolic Rate
BCM	: Body Cell Mass
ECW	: Extracellular Water
FM	: Fat Mass
İCW	: İncracellular Water
KPB	: Kardiyopulmoner Bypass
LBM	: Lean Body Mass
PA	: Phase Angle
R	: Rezistance
TBW	: Total Body Water
X	: Reactance
Z	: İmpedance

ÖZET

Normotermik ve Hipotermik Kardiyopulmoner Bypass Sırasında Biyoimpedans Farklılıklarının Karşılaştırılması

GİRİŞ: Daha önce yapılan çalışmalar ve sonuçları normotermik ve hipotermik kardiyopulmoner bypass hakkında değerli bilgiler vermektedir. Bu çalışmada, biyoimpedans yöntemine göre, bu iki tür arasındaki farklar incelendi.

METOT: Normotermik ve Hipotermik bypass gruplarından her biri için 15 hasta çalışmaya dahil edildi. BİS (Biyoimpedans spektroskopisi) temeline (50 frekans) dayalı (Body Composition Monitor) olarak vücut kompozisyon analizi yapıldı. Extracellular Sıvı, İntrasellular Sıvı, Fat Mass, Basal Metabolic Rate gibi parametreler kullanıldı.

BULGULAR: Yapılan çalışmada, hipotermi ve normotermiye bağlı BİS parametreleriyle yapılan ölçümler her iki koşulda da anlamlı benzerlikler göstermiştir.

SONUÇ: İCW (İntracellular Water) düzeyinde artış ödemin göstergesi kabul edilmiş. Her iki koşul altında diüretik destekle hücre içi sıvının vasküler alana kanalize edilmesi gerektiği kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Biyoimpedans, kardiyopulmoner bypass, hipotermik, normotermik.

ABSTRACT

During Normothermic and Hypothermic Cardiopulmonary Bypass Differences Comparison of Bioimpedance

INTRODUCTION: Earlier studies conducted and their results provide valuable information on the normothermic and hypothermic cardiopulmonary bypass. In this study, were investigated between these two styles differences by the method of bioimpedance.

METHODS: Normothermic and hypothermic bypass group for each of the 15 patients were included in the study. BIS (Bioimpedance spectroscopy) base (50 frequencies) based on (Body Composition Monitor) as a body composition analysis was performed. Extracellular fluid, intracellular fluid, Fat Mass, Basal Metabolic Rate was used as parameters.

RESULTS: In the study, hypothermia and normothermi connected to the BIS parameter measurements made with both conditions showed significant similarities.

CONCLUSION: ICW (Intracellular Water) accepted indicator of increase in the level of edema. Under both conditions the intracellular fluid diuretic support should be channeled to areas of the vascular believe that.

Keywords: Bioimpedance, cardiopulmonary bypass, hypothermic, normothermic.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dünyada yaygın kalp hastalıklarının artışı, yapılan ameliyatların sayısını olabildiğince arttırmaktadır. Ameliyat koşullarında postoperatif dönemde, hastaların en az hasarla tedavi edileceği yöntemler her gün elde edilen yöntemlerle değişmekte ve en yararlı hale gelmektedir. Birçok araştırmada postoperatif dönemde intracellülar sıvı oranının arttığı net bir şekilde gözlemlenmektedir. Doku ve organ yetmezliğine bağlı harabiyete yol açabilecek vasküler kaynağın dışındaki sıvının, hastanın sonraki dönemde yaşam kalitesi üzerine etkileri de bilinmektedir. Bu çalışmalarda bugüne kadar, normotermik ve hipotermik koşulların ödemle ilişkisi karşılaştırılmamıştır. Bu çalışmayla postoperatif dönemin Biyoelektrik İmpedans Spektroskopisiyle (BİS) ile sıkı takibi yapılarak, bazı veri setlerinin elde edilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Kardiyopulmoner bypass yoluyla kardiyak cerrahi, prime solüsyonu ve intravenöz sıvılar nedeniyle total vücut sıvı artışına neden olur. Ayrıca ekstrakorporeal dolaşım ve prime volümün vücut sıvıları ile etkileşimi sistemik bir inflamasyona yol açar. Böylece hayati bölgelerdeki ödemler, dikkate değer klinik belirtiler olarak karşımıza çıkar. Dolayısıyla sıvıların perioperatif akış gözlemi morbidite ile yakından ilişkilidir. Bioelectrical impedance analyses (BIA), vücut sıvı dağılımını tayin etmek için non-invasive bir yöntemdir. Bu teknik dokulardan çok küçük bir alternatif akım geçirme esasına dayanır. Klinikte 50 kHz frekanslı tek frekans BIA ölçümleri kullanılır. Bu yüksek frekanstaki elektrik akımları, hem intra hem de extrasellüler yolda ilerleyerek total vücut suyu hesaplanır. Ancak 5 kHz den küçük frekanslı akımlar, extrasellüler boşluklar boyunca ilerler ve extrasellüler akış değişimleri hakkında klinik olarak faydalı bilgiler sağlar. Vücut sıvı değişimlerini değerlendirmek için kolay ve pahalı olmayan bir metot olan BIA'nın medikal bilimlerde uzun süreden beri kullanımına rağmen kardiyak cerrahideki deneyimler oldukça sınırlıdır. Yeni gelişen cerrahi yöntemler ışığında daha çok normotermik

koşullar altında yapılan kardiyopulmoner bypass ameliyatları, vücut sıvı kaybına ne derece etki ettiği tam olarak araştırılmamıştır. Normotermik ve Hipotermik koşullarda yapılan kardiyopulmoner bypass operasyonlarında hastalar, vücut kitle indeksi göz önüne alınacak, her iki koşullar altındaki iki gruptan elde edilecek veriler çalışmanın odağı olacaktır. Çalışmayla elde edilecek veriler, normotermik kardiyopulmoner bypass ameliyatlarında, ameliyat sonrasında ve öncesinde hastanın monitorizasyonunun yorumlanması ve doğru müdahalelerin tespiti için uygun sonuçlar barındırabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca artan Aterosklerozun oranı günümüzün yaygın bir hastalık tipi olarak ele alınmasına ve bundan dolayı kardiyopulmoner bypass ameliyatlarının daha sık gerçekleşeceği beklentisi, konunun çalışılmaya değer olduğunun en önemli dayanağı niteliğindedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kardiyopulmoner Bypass (KPB)

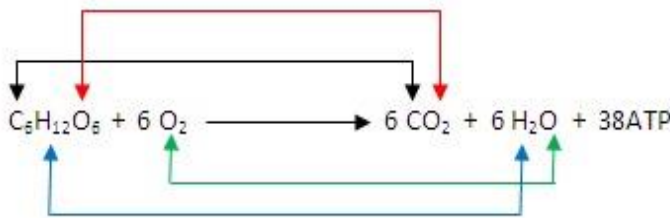
Kardiyopulmoner Bypass'ın da diğer birçok hastalık gibi 20. yy'ın başlarında beri artan sanayileşmeye, küresel çapta çevre kirliliğine, sigara, alkol gibi madde bağımlılığına ve genetik faktörlere bağlı nedenlerle gittikçe yaygınlaştığı düşünülmektedir. Özellikle 1950 yılından sonra artan bu durumla doğru orantılı olarak hasta ve operasyon sayısı da o derece artış göstermiştir. Kısmen ya da tamamen duran kalbin üzerinde işlem yapmaya imkan veren kalp akciğer makinesi ve oksijenatörün kullanılması, kardiyopulmoner bypass'da hem operasyon sayısının artmasına hem de mortalitenin düşüşünü sağlayarak cerrahi operasyonlarda başarı oranını yükseltmiştir. Ameliyat kalbin kan pompalaması görevini üstlenen bir roller başlık ve kanın akciğerde oksijenlenmesine benzer görev üstlenen oksijenatörle, ekstrakorporeal dolaşım şartlarında gerçekleştirilir. Aort'un konulan klemp ile kapatılmasıyla kan, aort kanülü aracılığıyla kalbe uğramadan sirküle edilir. Fakat akımın düşük şiddeti ve nonpulsatil akım olmasından dolayı nonfizyolojik bir süreç olarak kabul edilir. Bypass'da iki tip bypass vardır: Total bypass ve Parsiyel bypass. Total bypass'da kalp tamamen arrest durumdayken parsiyelde tam bir perfüzyonun sağlanması için kalbin atıyor ve ejekte ediyor olması gereklidir.

2.2. Perfüzyon ve Kalp Damar Cerrahisi

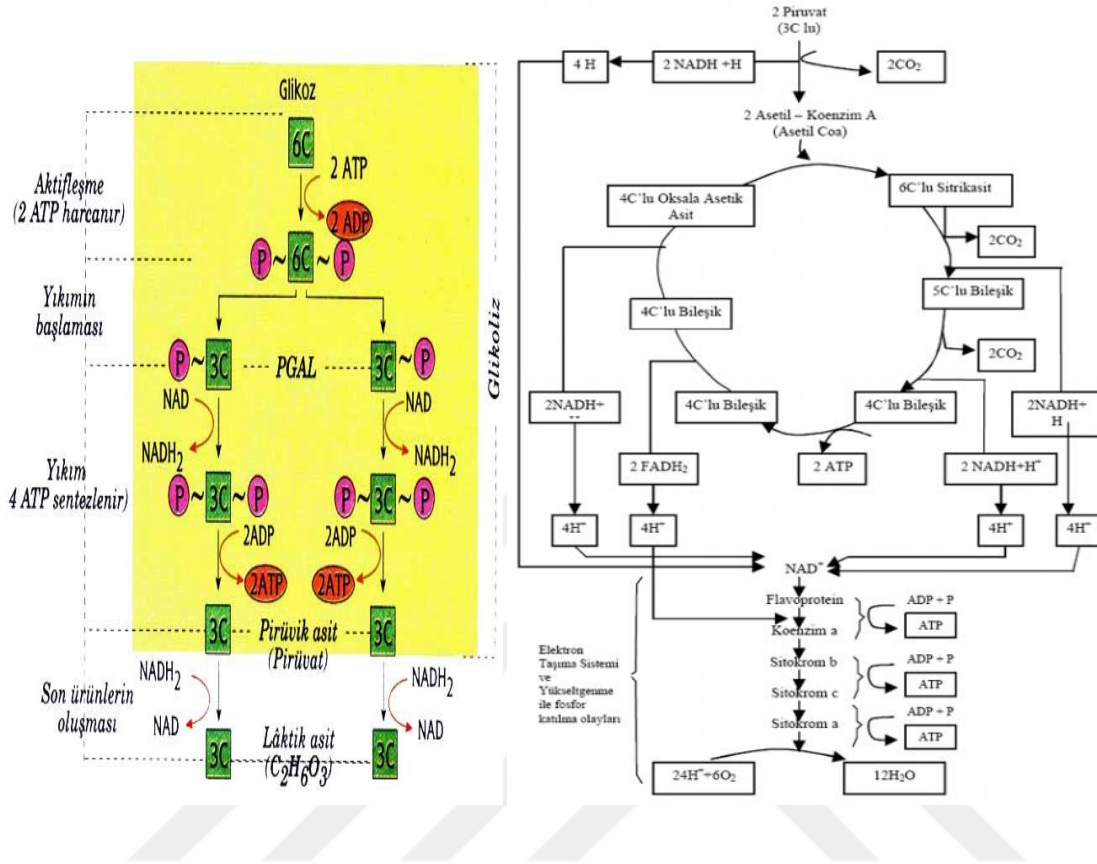
2.2.1. Perfüzyon

Perfüzyon kelimesi, Fransızca bir şeyin akması, boşalması anlamına gelmektedir. Kanın dokulara doğru hareketinden yola çıkılarak verilen bu isimle, doku hücrelerinin beslenmesi kastedilmiştir. Dokuların beslenmesinin en temel gereksinimlerinden birini de O_2 oluşturmaktadır. O_2 dokuların enerji metabolizmasında besinlerin ATP üretimi için gerekli olan reaksiyonların hücre içerisinde mitokondri organelinde gerçekleştirmesini sağlar. Oksijen Eritrositlerdeki hemoglobine hafif şekilde tutunarak oksihemoglobin adı verilen kompleks yapıyı oluşturur. Düşük aerobik solunum olduğu sırada sadece sitoplazmik ATP sentezi yani anaerobik solunumla net 2 ATP üretilerek bu açık kapatılmaya çalışılır. Ancak net 38 ATP elde edilen aerobik solunumla, net 2 ATP elde edilen anaerobik solunum arasında ki ciddi fark kapatılmadığı için iskemiye bağlı başta çok ciddi enerji kullanan kardiyak doku hücreleri olmak üzere, beyin gibi daimi O_2 ihtiyacı isteyen organlarda kalıcı hasarlara yol açabilir. Bir hücrede bu solunum metabolizmalarında oluşan 2 pirüvik asit ($C_3H_4O_3$) molekülü oksijen varlığında Laktik Asite dönüşmeden mitokondride oksijenle krebs döngüsü adı verilen bir dizi reaksiyonlarla yıkılarak sonuçta net 38 ATP üretilir.

• Genel olarak oksijenli solunum tepkimeleri



Şekil 1. Genel olarak oksijenli solunum tepkimeleri



Şekil 2 : Glikoliz sonrasında Laktik asit fermantasyonu ve Krebs döngüsünün aşamaları, ETS (Elektron Taşıma Sistemi)

Ancak oksijen olmadığında krebs döngüsü durur. Pirüvik asit laktik aside dönüşerek hücreleri canlı tutma adına zorunlu reaksiyonlar geliştirir. Kardiyak cerrahide de zorunlu olarak kalp arrest halindeyken müdahale edildiğinden perfüzyonun tam ve hayati desteğine ihtiyaç duyulur. Arrest durumu dışarıdan verilen kardiopleji kanı içerisindeki Potasyum ile sağlanırken bu yolla miyokarda oksijen de verilerek, kalp üzerinde işlem yapılmaya uygun hale getirilir. Kalbin aort ve atrium kısmına yerleştirilen aort ve venöz kanül yardımıyla kalp akciğer makinesi devreye sokulup ekstrakorporeal dolaşım sağlanarak başta serebral dokular olmak üzere diğer organlara kan akışı sağlanır. Aort köküne yerleştirilen kros klemp sayesinde kan doğrudan doğal aort yolunu izler. Aort kökünden koroner ostiumlara yerleştirilen

kanülle antegrad, koroner sinuslara yerleştirilen kardiyopleji kanülüyle ise retrograd kardiyopleji verilerek miyokard hücreleri korunmaya çalışılır. Hücrelerin oksijen açığını minimize etmek için kardiyopleji solüsyonu ve pompa kanı, normal vücut sıcaklığının altında hipotermik koşullarda yapılırken yeni bazı bulgular normotermik sıcaklıkların 1. Enzimatik fksiyonların devamı 2. Membran stabilizasyonu 3. Glikoz kullanımı 4. ATP yapımı ve kullanımı 5. Dokuya oksijen alımı 6. Ph düzeyi 7. Ozmotik denge 8. Kalsiyum sekresyonu gibi avantajların olduğunu ortaya çıkarılmıştır.

2.2.1.1 Hipotermik ve Normotermik Kardiyopulmoner Bypass

Hipotermik KPB'ın tercih edilmesinin nedenlerini sıralamıştık. 37.5 °C vücut sıcaklığının altında her sıcaklık derece derece metabolik enerji ihtiyacını azaltır. Isı değiştirici yardımıyla pompa kanı istenilen hipotermik aralığa getirilerek özellikle serebral koruma çok iyi şekilde sağlanır. Fakat cerrahi müdahale süresi uzar. Kardiyak iyileşmenin gecikmesi, soğumayla vasküler koarktasyona bağlı yüksek vasküler direnç ve bunun sonucunda da düşük perfüzyona sebep olur. Normotermik koşullarda ise en kritik parametre yeterli oksijen ihtiyacını karşılamaktır. Eğer oksijen ihtiyacı yeterince sağlanırsa geriye kalan bütün problemler homeostasinin bir ürünü olarak dengelenecektir.

HİPOTERMİ	SICAKLIK °C
Hafif hipotermi	32 - 35
Orta dereceli hipotermi	26 - 31
Derin hipotermi	20 - 25
Çok derin (ileri derecede) hipotermi	< 20

Tablo 1. Hipotermik koşullara bağlı sıcaklık aralıkları

2.2.2 Kalp Akciğer Makinesi

Kalp Akciğer Makinesi kısaca cerrahi operasyonların yapıldığı kalp veya büyük damar ameliyatlarında kalbin durdurularak yapılan işlemler süresince hasta kalbinin görevini yerine getiren bir pompa, akciğerin görevini yerine getiren bir oksijenatörden oluşmaktadır.

2.2.2.1 Kpb Devreleri ve Elemanları

Hatlar ve Tubing Set

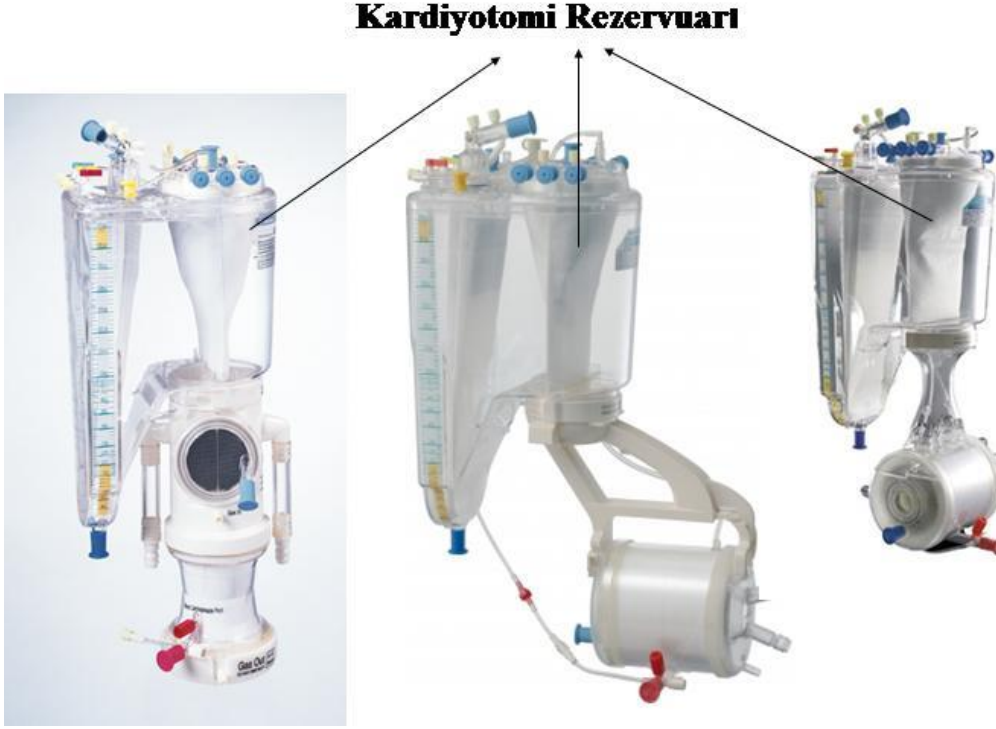
Venöz hat 2. Arterial pompa hattı 3. Arterial çıkış hattı 4. Arterial filtre 5. Arterial hat 6. Aspiratörler ve vent hattı 7. Kardiotomi hatları 8. Quick prime hattı 9. Gaz hattı 10. Manifold sistemi 11. Kardiyopleji verme hattı



Şekil 3. Tubing Set

Venöz Rezervuar

Sağ atrium ve vena cava yoluyla alınan ve tekrar oksijenlendirilmek istenen kan, venöz kanül aracılığıyla rezervuarda biriktirilerek arterial pompa hattıyla oksijenatöre pompalanır.



Şekil 4 Ana rezervuar ve onun içinde kardiyotomi rezervuarı görülmektedir.

Pompa

Roller pompa: etrafında döndüğü hattı sıkıştırarak, hat içinde bir negatif basınçla emiş ve itiş kuvveti yaratabilen bir sistemdir. Sistem sayesinde kan istenilen oklüzyon değeri ile basınç şiddeti ayarlanabilir.

Sentifugal pompa: Rollerden farklı olarak akımı sağlayan hazne içerisinde elektromanyetik alan yardımıyla dönen pervane biçimindedir. Genelde Ekstracorporeal membran oksijenatöründe (ECMO) tercih edilir.

Oksijenatör

Bubble ve Membran Oksijenatörü olmak üzere iki tiptir. Oksijenatörler akciğer yüzey alanının %10'undan daha az yüzey alanına sahiptir. Akciğerlerin yüzey alanı 70 m² iken membran oksijenatörlerde bu alan 0.5-4 m² dir. Bundan dolayı oksijenatörlerde kanın gaz değişimi sırasında kat edeceği mesafe, dolayısıyla kanın gaz alışverişinde bulunacağı süre arttırılmıştır. Oksijenatörde %100 oksijen verilerek iki ortam arasındaki parsiyel oksijen basınç gradiyenti arttırılıp kan daha çok oksijenlendirilmektedir. İnsan akciğerinde respiratuar membranın kalınlığı 0.5 µm kadar iken oksijenatörlerde daha fazladır.

Isı Değiştirici

Isı değiştiricinin kullanılmasının sebebi, kanın beden dışı dolaşımında kat ettiği yol boyunca soğumaya başlamasıdır. Özellikle ısıyı düşürmek veya sabit tutmak için ısı değiştirici (Heat-Exchanger) çok önemli olan bir işlevselliğe sahiptir. 42 °C'den daha yüksek değerlere çıkılmamasının sebebi kan proteinlerinin denatürasyonu, bubble oluşumunun önüne geçilmek istenmesi gibi nedenler sıralanabilir.

Vent ve Kardiyotomi Rezervuarı

Venting KPB sırasında miyokardın gerilip iskemiye maruz kalmaması için sol kalbin drene edilmesi amacıyla yapılır. Aynı zamanda dolaşan kanla kalbin ısınması ve elektriksel aktivitenin başlaması da engellenmiş olur. Cerrahi sahanın kandan temizlenmesi, özellikle kollateral akımı artmış konjenital olgularda sağladığı diğer bir yararadır. Sol kalpten havanın tahliyesi de bu yolla sağlanır. Venting asandan aort, sol atrium, pulmoner arter veya doğrudan ventriküle yerleştirilen bir kanül ile yapılabilir.

Aspirasyon Sistemleri

Kardiyotomi Aspirasyon Sistemi ve Sol Ventrikül Aspirasyon sistemi olarak ikiye ayrılabilir. Kardiyotomi aspirasyonu ameliyat sahasındaki kanın perfüzyon sistemine geri dönmesini sağlar. Sol ventrikül aspirasyonu ise kasılmayan, gevşemiş bir kalbin dekompresyonu ve ventriküler distansiyonu önleyerek KPB sırasında kanın ventriküllerde toplanmasını engeller. Aspirasyon hattı, ventrikülden kanı toplayarak, filtre edilmiş kardiyotomi rezervuarına, oradan venöz rezervuara ya da direkt olarak filtre içeren venöz rezervuara iletir. Aspirasyon esnasında debrisler oluşacağından filtre kullanmak zorunludur.

Filtreler

Hava ve partiküllü mikroembolileri kan doku elemanlarına zarar vermesini önlemek amacıyla kullanılır. Akımı önleyecek bir bariyer direnci olmayacak şekilde gözenekli yapıya sahiptir. Gaz, kardiyotomi, kardiyopleji ve kan filtreleri olmak üzere 4 tip filtre vardır.

Hemofiltrasyon

Hemokonsantratörler, oksijenatörler gibi yarı geçirgen membranlardan yapılmıştır. Su, elektrolit ve 20 kD üzerindeki molekülleri transfer eder. Venöz ve arterial hatta bağlanabilir. KPB devresindeki fazla sıvıyı uzaklaştırıp hemokonsantrasyon oluşturmak amacıyla kullanılırlar.

Kanüller

Aort, venöz, vent ve root yani kardiyoplejikanüllerini ameliyat sırasında kullanılır. Hastaların vücut yüzey alanı hesaplanarak kişiden kişiye farklılık gösteren aort ve vena cava çapına en uygun geleni verilmeye çalışılır.

Prime Solüsyonları

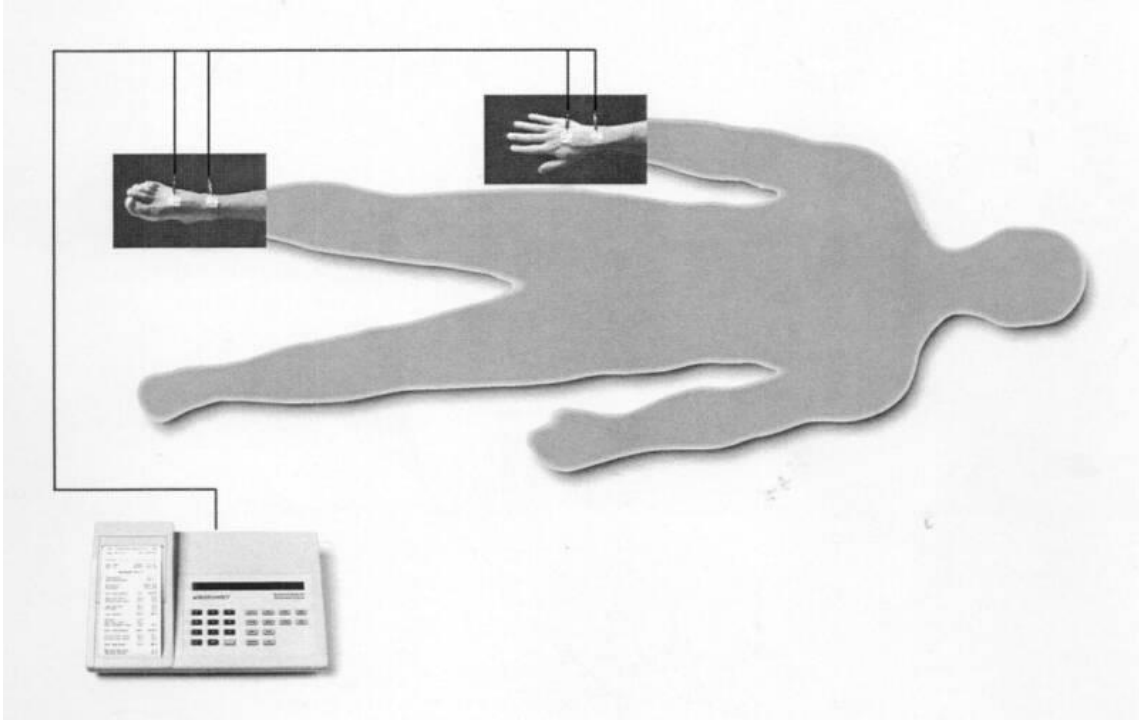
Prime solüsyon kardiyopulmoner bypassa (KPB) başlamadan önce arteriyel ve venöz hatlarını doldurarak havanın çıkarılmasını sağlayan, normale yakın pH değerine sahip ve iyon içeriği plazmaya benzeyen ve hastada hemodilüsyona neden olan, dengeli elektrolit solüsyonlardır. Prime solüsyon olarak kristalloid ve kolloid solüsyonlar kullanılmaktadır. Hemodilüsyon kanın uygun bir sıvı ile sulandırılması işlemidir. Hemodilüsyon sayesinde seyreltilen kan dokular içinde daha az visköz biçimde dolaşır. KPB sırasında bir çok solüsyon kullanılır. Sıvı seçimi hala tartışma konusu olmaya devam etse de solüsyonların plazma elektrolit içeriği ve osmolaritesine benzer olmasına dikkat edilir. Prime solüsyonları hematokrit, fibrinojen, kolloidozmotik basınç ve sıvıların vücut bölümlerinde dağılımını etkilerler. Prime solüsyonlarına ilaveten pıhtı önleyici heparin, antibiyotik, diüretik mannitol ve asidoza karşı tampon olarak bikarbonat eklenir.

2.3. Biyoimpedans

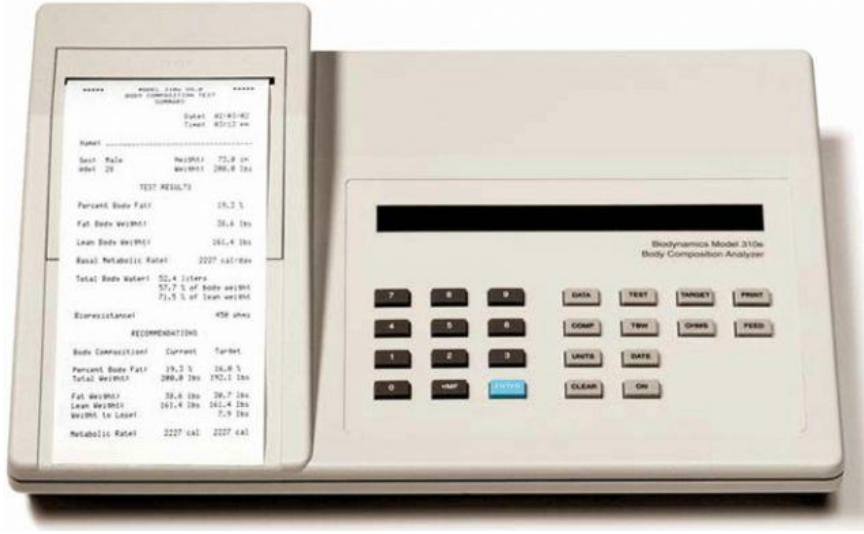
2.3.1. Biyoimpedans Analizi Genel Prensipleri

Biyoimpedans genel çerçevede bir doku ya da beden parçasına takılan elektrotlar yardımıyla verilen düşük elektrik akımına karşılık, dokunun verdiği dirence göre daha önce algoritmik yöntemlerle kalibrasyonu yapılmış değer aralığına karşılık gelen sıvı ve doku kompozisyonu tayin etme yöntemidir. BIA ile vücut kompozisyonu iki biyoelektriksel parametre kullanılarak (rezistans ve reaktans) indirekt olarak ölçülür. Basit şekilde insan vücuduna çok düşük düzeyde ve farklı frekanslarda elektrik akımı verilerek vücut suyu ve kompozisyonunu saptama prensibine dayanmaktadır. İçi sıvı dolu bir silindiri düşünecek olursak; hacim (volüm) silindirin alanı ve uzunluğunun çarpımına eşittir. Fizik kanunlarına göre, bu silindirden elektrik akımı geçirdiğimizde içindeki sıvının direncini (rezistans) bilirse volümünü hesaplayabiliriz. İnsan vücudunun da silindir şeklindeki parçalardan oluştuğu varsayılabilir. Ancak bu tam bir silindir şeklinde değildir. Yine vücut dokularının homojen bir içeriği yoktur. Buna rağmen impedans değerleri ve total vücut suyu arasında basit ama gerçekçi bir ilişki olduğunu kabul edebiliriz. Rezistans bir maddenin elektrik akımına karşı koyma özelliğidir. Bir maddenin iletkenliğiyle ters orantılıdır. Yani bir maddenin elektrik akımına karşı koyması, rezistansı kendine özgüdür. Cihazda bulunan her doku örneğine ilişkin kalibrasyon da bu dirençlerin doğru okunmasına yardımcı olur. Kısaca bir maddenin iletkenliği su ve elektrolit yoğunluğuna karşılık gelirken, rezistansın varlığı ise yağ kitlesini çokluğuna karşılık gelir. Reaktans ise elektrik yükünün belli bir süre depolama özelliğidir. Yüksek reaktans bozulmamış hücre membran oranıyla doğru orantılıdır. İmpedans (Z), Rezistans (R) ve Reaktans (X) değerlerinin vektöriyel toplamıdır. Akımın geçtiği düşük dirençli dokular kan, hücre dışı sıvı veya kas vb. gibi su bakımından zengin dokulardır. Genel olarak bu parametreler matematiksel olarak $Z^2 = R^2 + X^2$ eşitliği ile birbiri ile bağlantılıdır. İnsan vücudunda ölçülen impedansın %90'ından fazlasını rezistans oluşturur. Bu yüzden bazı çalışmalarda impedans değeri rezistans değeri ile benzer kabul edilmiştir. Dokuların elektrik akımını yansıtma ve soğurma özellikleri farklıdır. Nutrisyonel durum, hidrasyon durumu ve hastalıklar bu özelliklerin

değişmesine neden olabilmektedir. Elektrolitten zengin sıvılar elektrik akımı için, yağ ve kemik dokusundaki minerallere göre daha az direnç oluştururlar. 50–200 kHz gibi yüksek akımlar hücre membranlarını geçerek tüm vücut suyunun miktarını verirken, 5–25kHz gibi düşük akımlar hücre membranını geçemez ve sadece ekstrasellüler sıvı miktarını verirler.



Şekil 5. Biyoimpedans problemlerinin uzuvlara takıldığı bölgeler



Şekil 6. BİA Cihazı

2.3.2. Biyoimedans Analizi Metotları

İki tip BİA sistemi vardır. Tek frekanslı BİA (sf-BIA), genellikle 50 kHz' de el ve ayağa yerleştirilen yüzeysel elektrotlar arasında gerçekleştirilmektedir. Ayaktan-ayağa ve elden-ele gibi başka farklı şekillerde de BİA yapılabilmektedir. Bu yöntem yağ kitlesi (FM) ve TBW ölçmek için uygundur.

2.3.3. BIA Spektroskopisi

Rezistans ve vücut suyu kompartmanları arasındaki bağıntıları oluşturmak için matematik modeller ve karışık denklemler içermektedir. BİS modelleri denklemlerinin, genel sağlıklı populasyonda doğruluğu gösterilmiştir. Bilinen doku kütleleri üzerinde kalibre edilen doku kompartmanları sonradan yapılacak testler için doğru sonuçlar vermek için ayarlanır.

2.3.4. Segmental-Biyoiimpedans Analiz

Total vücut direnci gövdedeki sıvı içeriği değişiklikleri hakkında daha az bilgi vermektedir. Çünkü total vücut direncinin %90'ından fazlası ekstremiteler tarafından oluşturulmaktadır. Ancak total ECW'nın da %30'unu ekstremiteler oluşturur. Bu nedenle vücut farklı segmentlere ya da bilateral ayrımın bir tarafı tek kol tek bacak şeklinde yapılır. Ayrılarak yapılan ölçümlerin bileşkesinin daha doğru sonuç vereceği kanısından yola çıkarak segmental-BİA yöntemi ortaya çıkmıştır. Ancak bazı yazarlar segmental BİA ile kollar ve bacaklar için yüksek hatalar saptamışlardır (kollar için yağsız kitlede %13–17 ve bacaklar için %10–13). Tagliube ve ark. 50 kHz den yüksek frekanslarda da sonuçların düzelmediğini göstermişlerdir.

Sonuçta bu yöntemin diğer modellere belirgin avantajı gösterilememiştir. Aynı zamanda çok daha fazla hasta kooperasyonu gerektirmektedir. Segmental BİA'nin doğruluğunu saptamak için daha fazla araştırmaya gerek vardır. Yine de segmental ölçümler bazı klinik durumlarda daha yararlı olabilir (örneğin anormal sıvı dağılımında asit, yanık ve ekstremitte amputasyonları gibi).

**** BIOIMPEDANCE ANALYSIS V5.1 ****

Date: 27/05/09 Time: 12:18 PM

Patient: -----

Sex: Female Height: 63.0 in
Age: 42 Weight: 197.0 lbs

MEASUREMENT RESULTS

Phase Angle:	6.1 °	
Body Capacitance:	672 pF	
Resistance:	504.3 ohms	
Reactance:	54.3 ohms	
Mass Distribution	lbs	percent
Body Cell Mass:	55.1	28.0
Extracellular Mass:	63.5	32.1
Lean Body Mass:	118.6	60.1
Fat Mass:	78.4	39.9
Total Weight:	197.0	100.0
ECM/BCM:	1.15	
Body Mass Index:	34.9	
Basal Metabolic Rate:	1675	cals
Water Compartments	liters	percent
Intracellular Water:	19.3	49.7
Extracellular Water:	19.5	50.3
Total Body Water:	38.8	100.0
TBW/Lean Body Mass:		72.1
TBW/Total Weight:		43.4

Şekil 7. Fotoğraf'ta bir BIA çıktısı görünmektedir.

2.3.5. Biyoimpedans Analiz Ölçüm Standartları

BİA ölçümü sırasında boy ve kilonun doğru şekilde cihaza girilmesi, cihazın Body Mass Index'e (BMI) bağlı vücut kompozisyonu hakkında bir profil oluşturması, Rezistans ve Reactance'ın bu profile uyan değerlerden sapmasına yönelik matematiksel değerler oluşturmasını sağlar. BİA eşitlikleri sağlıklı erişkin popülasyonda yaş, ırk ve cinsiyete göre doğrulanmıştır. Yaşlılarda yağ kitlesi ve TBW değişikliklerinin yaşa göre düzeltilmesi gerekebilir. Genel olarak vücut yağı ve yağsız kitle değişiklikleri anormal hidrasyonun olmadığı ve morbidobezitenin bulunmadığı durumlarda rahatlıkla BİA ile izlenerek değerlendirilebilir. Amputasyon, kongenital anomali gibi durumları olan hastalar özel çalışmalarda farklılıklar yaratabileceğinden kullanılmamıştır.

2.3.6. Doğrulama

Doğrulama çalışması için kardiyopulmoner bypass ameliyatları öncesi açlık, yatay sırtüstü pozisyon ve ameliyat sonrası postoperatif dönem benzer aralıklarla uygulanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Klinik etik komite onayı alındıktan sonra kardiyopulmoner bypass yoluyla erişkin açık kalp cerrahisi uygulanan 15'i hipotermik 15'i normotermik koşullar altında ardışık hasta çalışmaya dahil edildi. Yaş Aralığı 27-72 yaş, vücut ağırlıkları 48-95 kg olup BMI 34-21 ortalama 28.1 idi. Kardiyopulmoner bypass öncesi, esnasında ve sonrasında beş gün süreyle total vücut sıvı değişimi, basal metabolik hız, body fatmass, lean body mass ve total hücre kütlesini araştırmak ve değerlendirmek için Biodynamik P450 Bioelektriksel impedans analizörü kullanıldı. Ölçüm yapılan bütün hastaların el ve ayakları temizlendi, sağ el ve ayağa ikişer tane olacak şekilde dört elektrot bağlandı. Uyarıcı elektrotlar el ve ayakların, ikinci ve üçüncü metakarpal ve metatarsal eklemlerin dorsal yüzüne, kaydedici elektrotlar ise el ve ayağın dorsal yüzüne bağlandı. 500 μ A şiddetinde bir akım hastalara uygulandı. Bu akım hastalar tarafından hissedilmeyecek kadar küçük bir akımdır. Hasta anestezi öncesi, anestezi sonrası, sternotomi sonrası ve kardiyopulmoner bypassın 5, 30 ve 60. dakikalarında ve 1, 3 ve 5. günlerde ölçümler yapıldı. Tüm olguların preoperatuar dönem ve postoperatif 5. Güne kadar günlük sıvı dengesi takibi yapıldı.

3.1. Klinik Parametreler

Yaş, cinsiyet, boy, kilo, sigara öyküsü, diyabet, HT, aile öyküsü, kardiyovasküler, periferik vasküler, kros klemp süresi ve serebrovasküler olaylar kayıt edildi.

3.2. Biyoimpedans Ölçümü

Ölçüm esnasında sırtüstü yatar durumda, sol lateral bölgenin iki el ve iki de ayağa olmak üzere toplam 4 elektrot yapıştırılarak bu elektrotlar ile cihaza bağlanmaları sağlandı ve her hasta için yaş, kilo, boy ve cinsiyet verileri girildikten sonra her seferde 1-4 dakikalık bir sürede ölçümleri tamamlandı.

3.3. İstatiksel Analiz

Hastalardan kayıtlanan BMR, vücut kompozisyon değerleri, SPSS 16. programı kullanarak bilgisayar sistemiyle, non-parametrik istatistik analiz

(Wilcoxon testi) yapıldı ve cerrahi öncesi değerler ile mukayese edildi.

$P < 0.05$ anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Preoperatif safhadan başlayarak yapılan 10 ölçüm sonucunda ve bu ölçümlerin pre-operatif ölçüm sonuçları ile istatistik analizlerinin yapılması sonucunda, şu bulgular elde edildi.

Total vücut sıvısı, kardiyopulmoner bypass sonrası yapılan ölçümde, istatistik olarak hem normotermik KPB'da hem de hipotermik KPB'da önemli düzeyde değişti ($p < 0.01$). (Figure 1, Figure 2). Ancak extrasellüler sıvı ve intrasellüler sıvı miktarları istatistiksel olarak önemli oranda değişmedi. Extrasellüler sıvı miktarı bypass sonrası 60 dakika ve bypass sonrası 1. günde yapılan ölçümde bir artış gözlemlendi ve sonra normale döndü. (Figure 3, Figure 4). İntrasellüler sıvı düzeyi de bypass sonrası 1. ve 3. günlerde yapılan ölçümlerde bir artış oldu ve 5. günde normale döndü. (Figure 5, Figure 6). Bazal metabolik hız, pre-operatif ölçüme göre anlamlı olarak değişti ($p < 0.05$), bu değişim, bypass sonrası 60. dakikada yapılan ölçümden sonra daha çok belirginleşti ($p < 0.01$). (Figure 7, Figure 8). Yağ kütlesi ise her iki çalışmada anlamlı olarak değişti. (Figure 9, Figure 10). Bu anlamlı değişim bypass sonrası 60. dakikada yapılan ölçümden sonra meydana geldi. Yağsız vücut kütlesi de anlamlı olarak değişti ve bu değişim bypass sonrası 5. dakikada yapılan ölçümden sonra başladı. 5. günde normale döndü. (Figure 11, Figure 12). Total hücre kütlesi anlamlı olarak değişti ve bu değişim de bypass sonrası 5. dakikada yapılan ölçümden itibaren başladı. (Figure 13, Figure 14). Body mass index ve faz açısı anlamlı olarak değişmedi ($p > 0.05$). Bulgular her iki hasta grubunda da aynı eğrileri anlamlı şekilde takip ederek sonuçlandı.

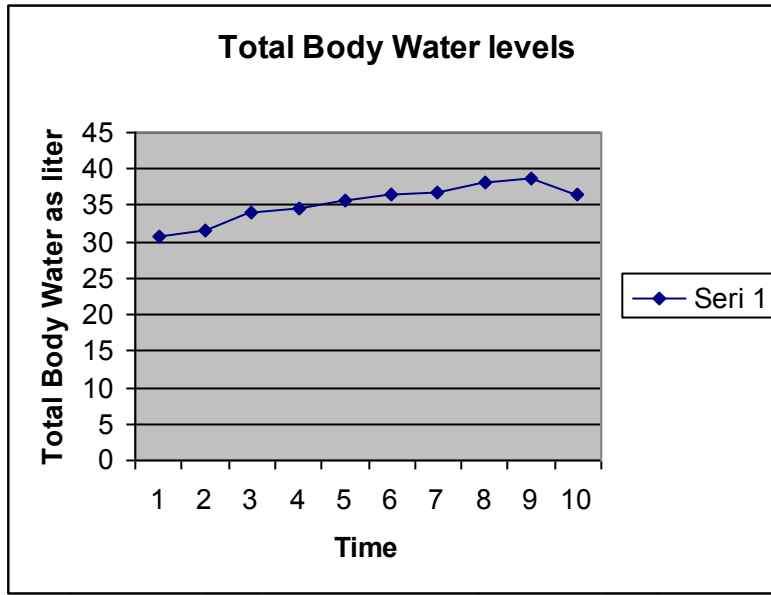


Figure 1. Hipotermik KPB'da TBW'nin zamansal eğrisi

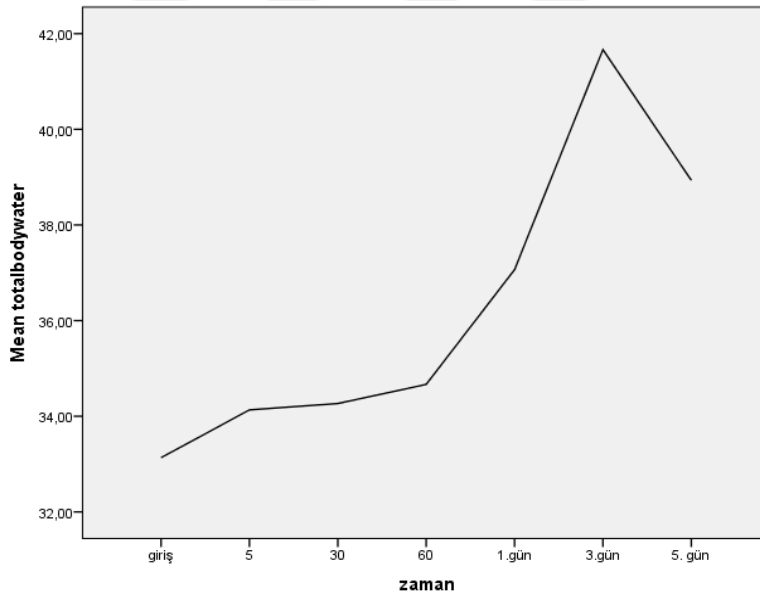


Figure 2. Normotermik KPB'da TBW'nin zamansal eğrisi

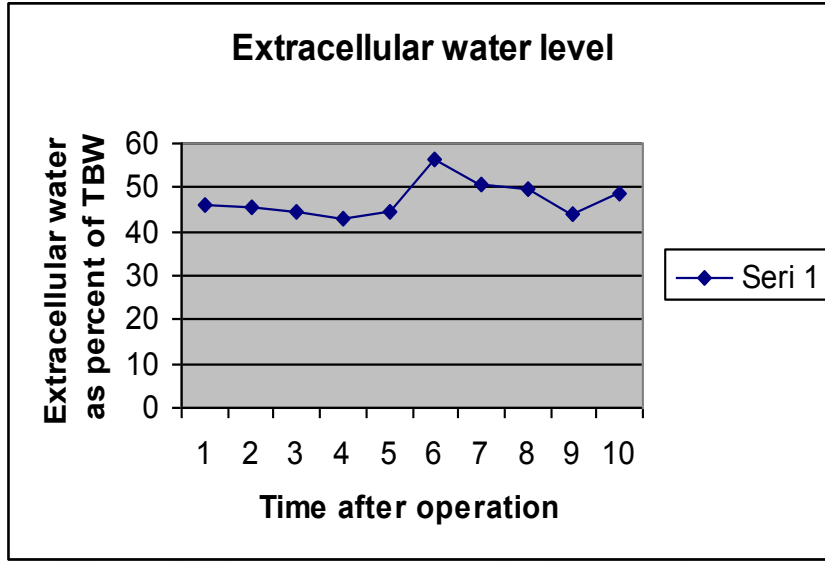


Figure 3. Hipotermik KPB'daki ECW'ın zamansal eğrisi

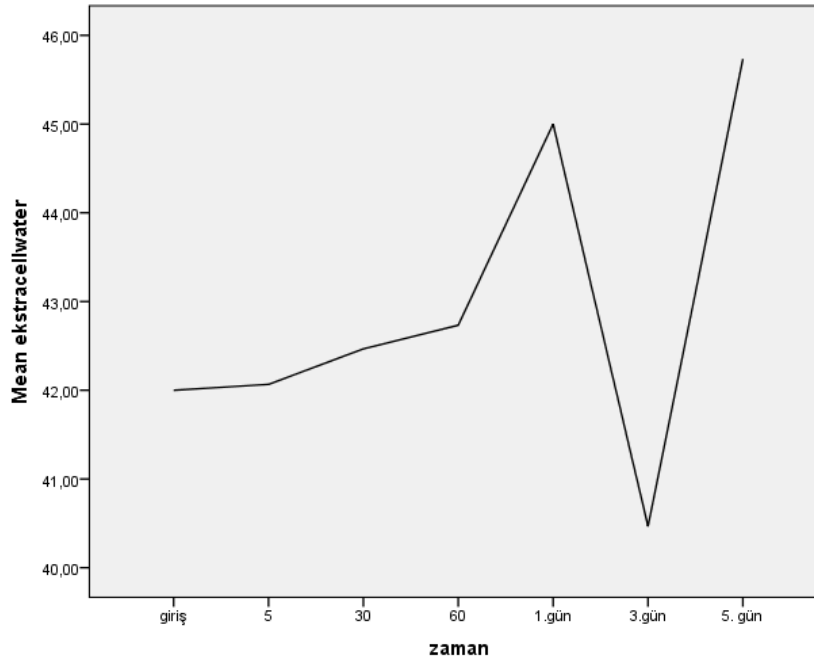


Figure 4. Normotermik KPB'daki ECW'ın zamansal eğrisi

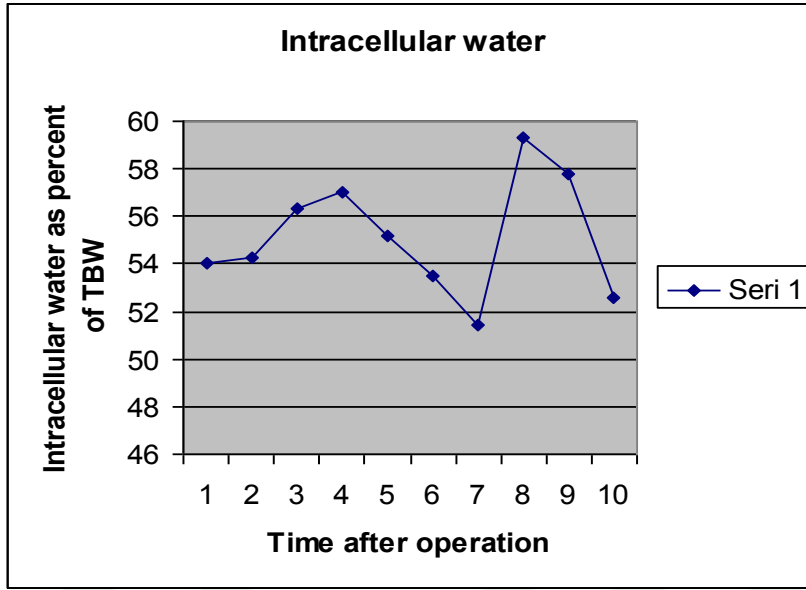


Figure 5. İCW'in Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi

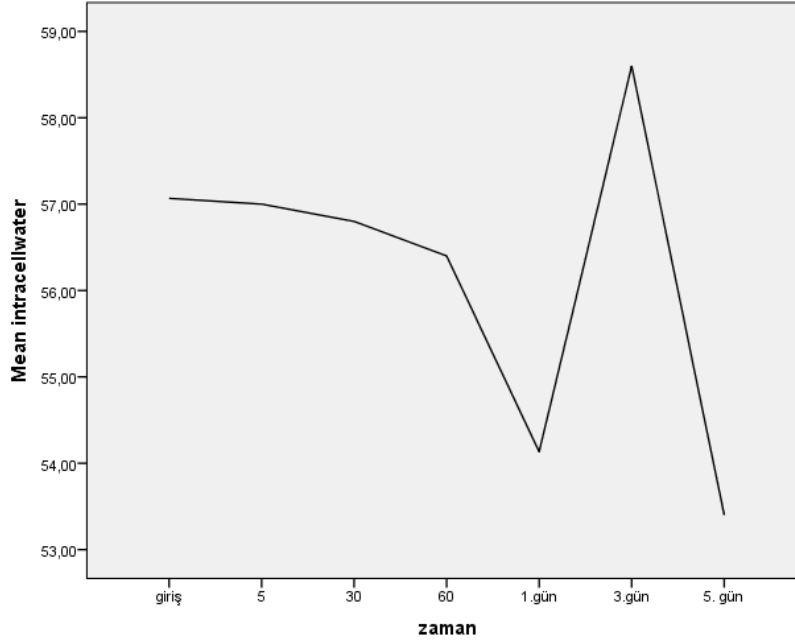


Figure 6. İCW'in Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi

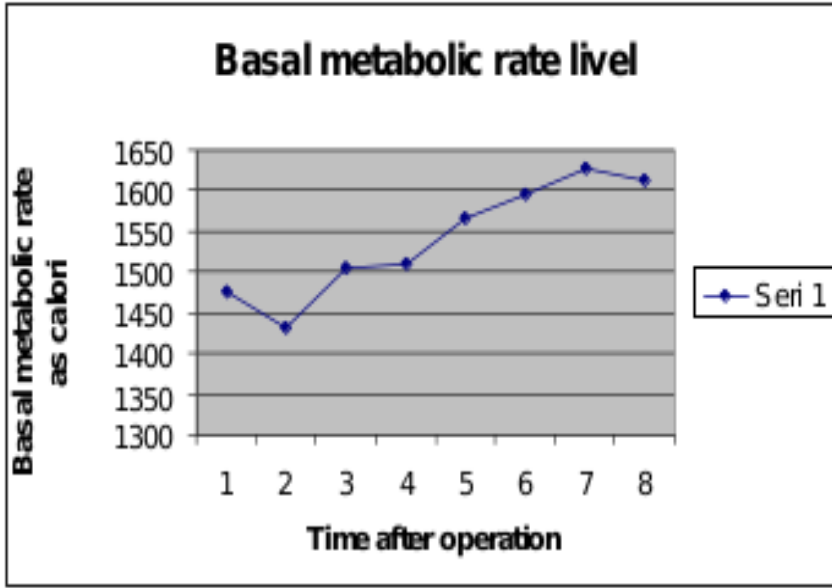


Figure 7. BMR'nin Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi

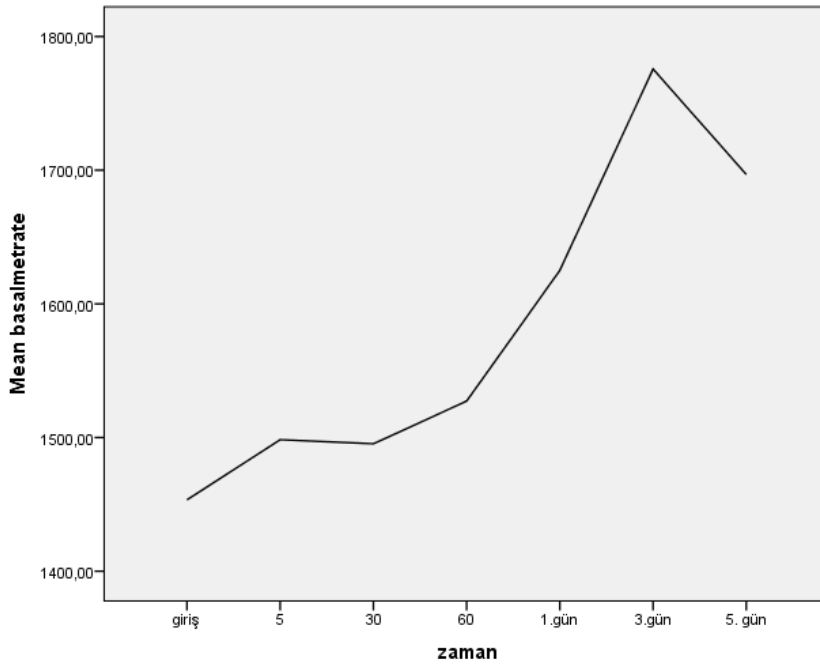


Figure 8. BMR'nin Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi

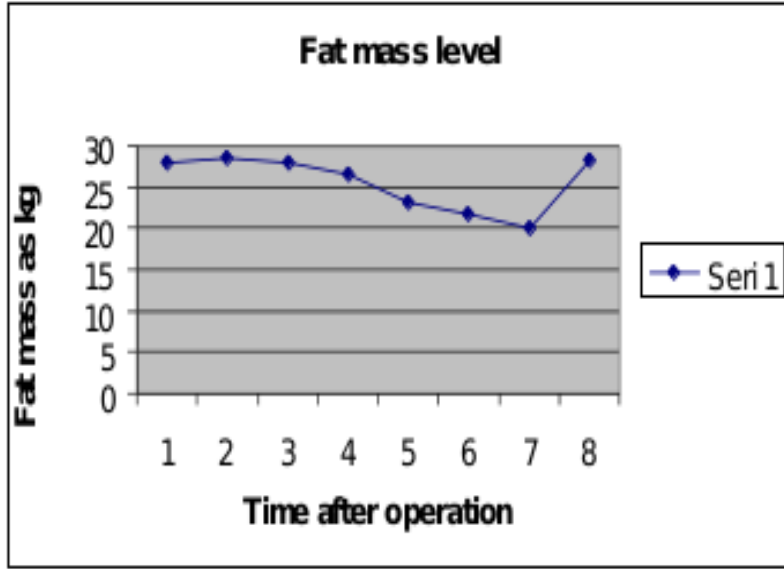


Figure 9. FM'in Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi

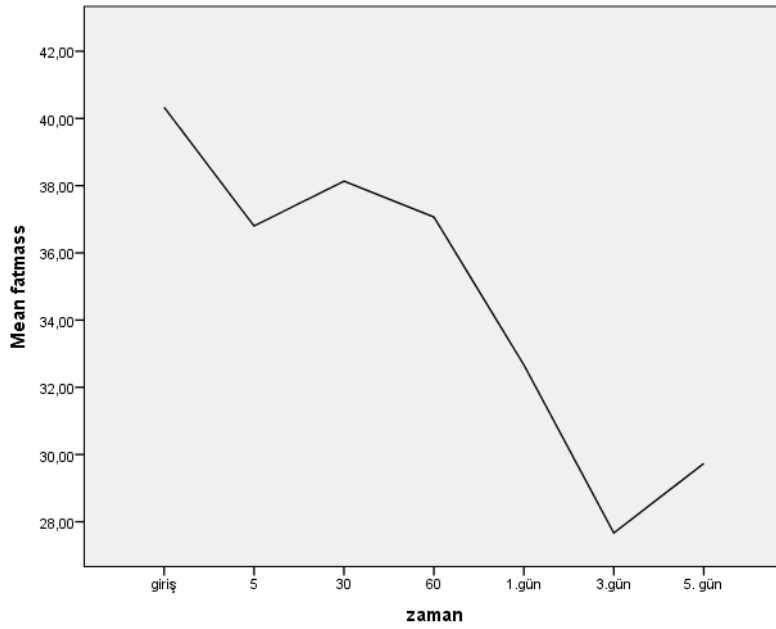


Figure 10. FM'in Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi

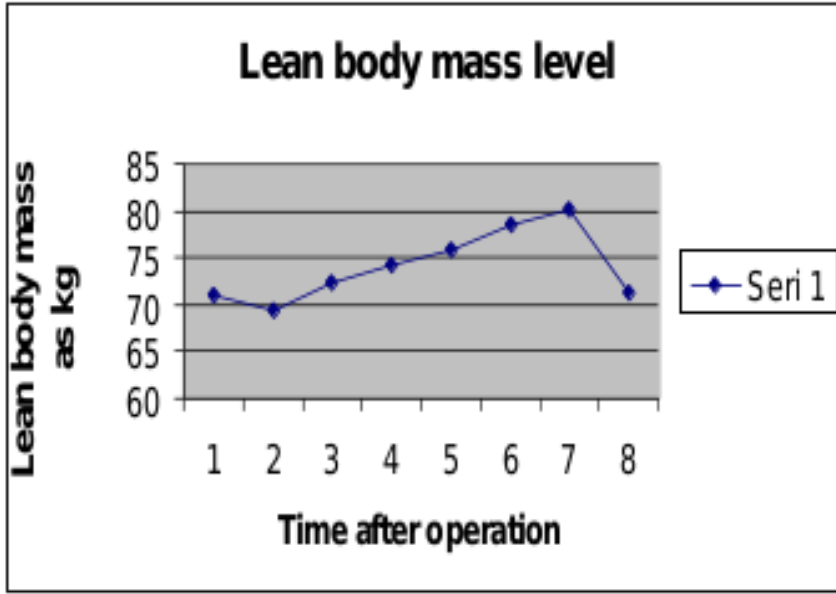


Figure 11. LBM'in Hipotermik KPB'daki zamansal eğrisi

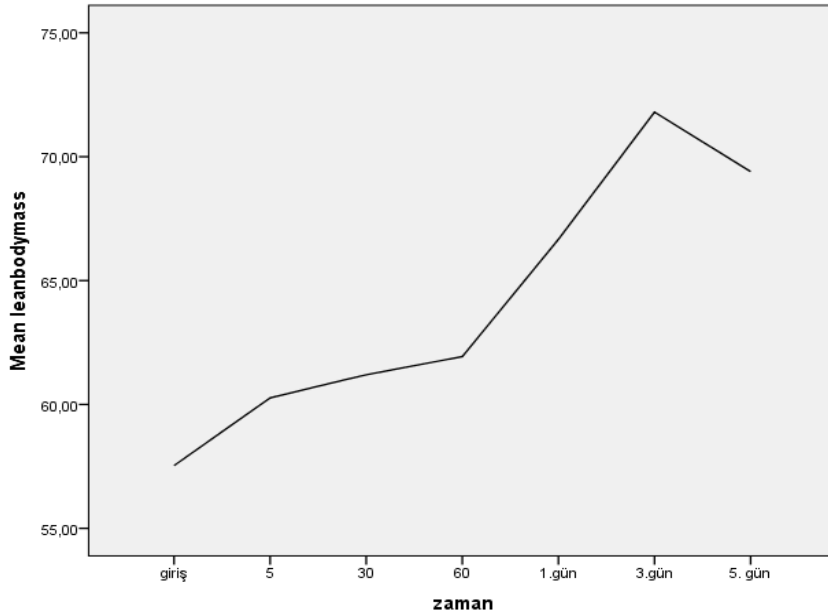


Figure 12. LBM'sin Normotermik KPB'daki zamansal eğrisi

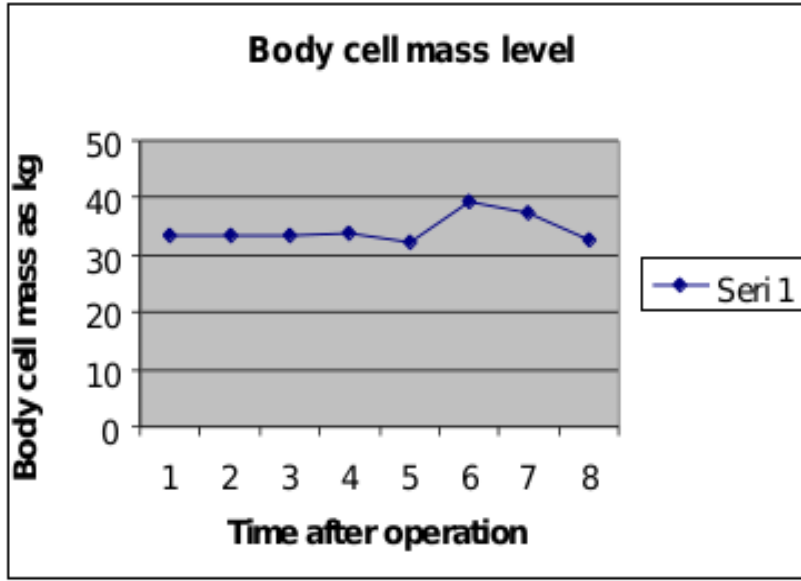


Figure 13. BCM'nin Hipotermik KPB'da zamansal eğrisi

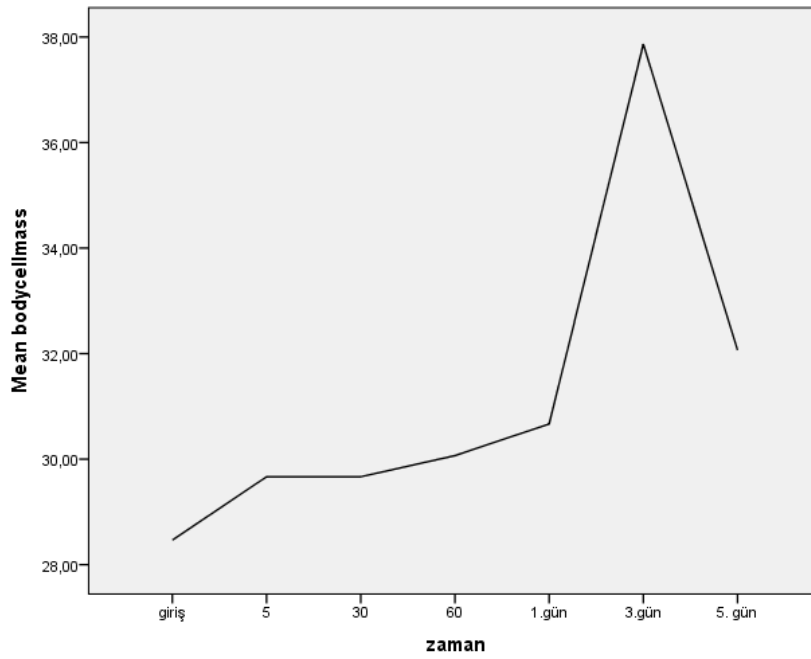


Figure 14. BCM'nin Normotermik KPB'da zamansal eğrisi

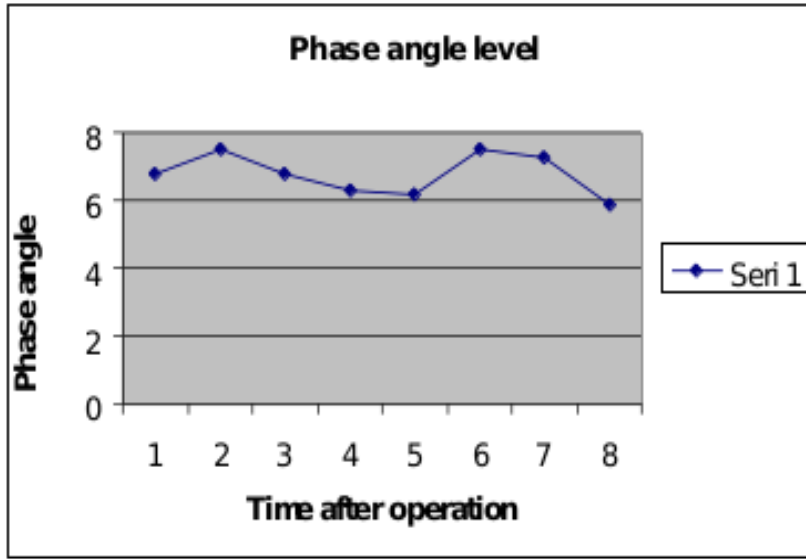


Figure 15. PA'ın Hipotermik KPB'da zamansal eğrisi

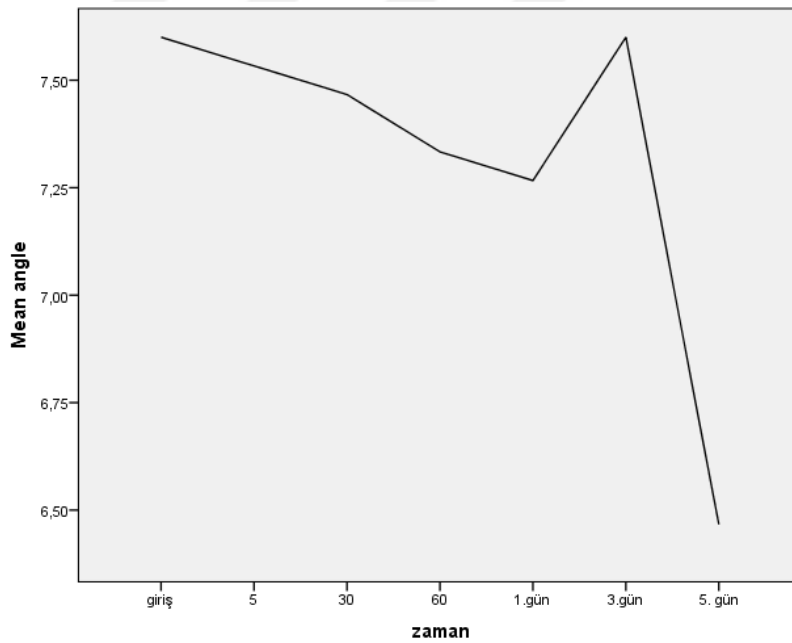


Figure 16. PA'ın Normotermik KPB'da zamansal eğrisi

5. TARTIŞMA

Kardiyak cerrahi sonrası total vücut sıvısının önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Ancak, bu sıvı artışının operasyon sonrası tam olarak ne zaman başladığı ve ne zaman normale döndüğü önemli bir sorundur. KBP'da Normotermik koşullar ve Hipotermik koşulların extrasellüler ve intrasellüler sıvı değişimine nasıl yansıdığı da önemlidir. Ayrıca, cerrahi sonrası, bazal metabolik hızın, vücut kompozisyon değerlerinin nasıl değiştiği, kardiyak cerrahi sonrası için önemlidir. Bu konudaki çalışmalar çok sınırlıdır ve ayrıntılı çalışma olmadığı için, bu çalışmada cerrahi sonrası 5. güne kadar ölçümler alınarak ayrıntılı çalışıldı.

İzotop dilüsyon (8), total-vücut potasyum sayımı (9), dual radyografik absorpsiyometri (10,11) veya dansitometri (12) gibi çeşitli vücut kompozisyon metodları ile BIA ölçümleri arasında iyi bir korelasyon çeşitli çalışmalarda gösterildi. BIA, bir vücut kompozisyon ölçüm metodu olarak geniş şekilde ve bir çok hastalık grubunda kullanımı geçerlidir (13, 14,15). Hastalarda, zayıf ve obez kişilerde serbest yağ kütlesini gözlemek ve bu kişilerde sıvı birikimi, peritoneal veya hemodiyaliz sonrası sıvı değişimi ile birlikte, perioperatif sıvı akümüülasyonunu tespit etmek, vücut ağırlığını tespit etmek için kolayca yapılabilir (16,17, 18, 19).

David Bracco et al (20), Kardiyopulmoner bypasslı açık kalp cerrahisi öncesi ve sonrasında 22 hastadan BIA yoluyla vücut yağ kütlesi ve vücut sıvı kütlesini ölçtüler. Serbest yağ kütlesinde %8-10 bir artış gözlediler ve sıvı kütlesinde bir artış gözlediler. Bu artış iki mekanizma ile açıklanabilir. İlki, cerrahi translokasyonunu ve doku travmasına bağlı ödem oluşumunu tetikleyebilir. İkincisi, intestinal geçirgenlik değişimleri ile birlikte makro ve mikrosirkülasyon değişimleri tetiklenir (21).

Bu çalışmanın sonuçları, kardiyak cerrahide, BIA kullanan diğer çalışmalar ile uygunluk gösterdi. Hipotermik ve normotermik koşullar altında BIA da intrasellüler ve extrasellüler sıvı miktarlarının ayrı ayrı ölçülmesi önemlidir. Çünkü intrasellüler ödem organ disfonksiyonunun bir göstergesi olabilir ve organ yetmezliğine yol açabilir (22). Bunu, BIA dışındaki yöntemlerle tespit etmek imkanı yoktur. Bizim çalışmamızda intrasellüler sıvı, ne hipotermik KPB'da ne de normotermik KPB'da anlamlı değişim göstermedi, ancak her ikisi de takip süresince farklılık gösterdi ve 5. günde yaklaşık olarak başlangıç seviyesine geri döndü. Extrasellüler sıvı miktarı da anlamlı değişim göstermedi, ancak bir miktar arttı. Preoperatif ölçüme göre, sternotomy sonrası yapılan ölçümden itibaren sürekli olarak anlamlı bir artış gösterdi. Son ölçümden normal düzeye döndü. Bu azalma, total sıvı artışının, ağırlıklı olarak yağ dışı vücut kütlelerinde birikmesinin bir sonucu olarak görülmelidir.

Bazal metabolik hız, hiçbir kardiyak cerrahi çalışmasında ölçülmemiştir. Biz bu parametreyi de araştırdık. BMR değerleri de pre-operatif değere göre sürekli anlamlı bir artış gösterdi. Anestezi sonrasında başlayarak operasyon sonuna kadar devam eden BMR deki artış, bu dönemde 1. grupta uygulanan hipotermimin istenen etkilerine ters gibi görünse de, aslında bu durum kardiyopulmoner bypass'ın oluşturduğu büyük travmanın yavaşlatıcı etkisine rağmen, tamamen önleyemediğinin bir göstergesidir. Ve hastanın cerrahi sonrası daha çok enerji gereksinimi olduğunu, cerrahi bölgede hücre yenilenmesi, sirkülasyon artışı gibi nedenlerle olabilir. ve hastanın beslenme düzeni açısından önemlidir. Phase angle, hücre zarının geçirgenliğinin değişip değişmediğini yansıtır. Bu çalışmada Phase angle değişmedi ve bu hücre zarı düzeyinde herhangi bir değişim olmadığını göstermektedir. Total hücre kütlelerinin, bypass sonrası 5. dakikada yapılan ölçümden sonra anlamlı olarak artmış olması, bu safhadan itibaren azalan vücut direncine yanıt olarak kemik iliğinden hücre yapımının hızlanması nedeniyle olabilir.

LBM değerleri, post-operatif dönemde anlamlı bir artış gösterdi. LBM değerlerinde gözlenen bu artış, total vücut sıvısında gözlenen artışın, FM deki azalmanın bir sonucu olabilir. Total body kütlesindeki artışın neden, total body sıvısındaki artışın kardiyopulmoner bypass sırasında, extrasellüler sıvı artışına, kardiyopulmoner bypass sonrası ve erken post-operatif dönemde bu sıvının, intrasellüler bölgeye geçmesine bağlı olabilir.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışma açık bir şekilde göstermektedir ki, kardiyopulmoner bypass esnasında ve sonrasında vücut sıvılarının değişimi her iki termal gruplandırmada kaçınılmazdır. Genel anlamda, TBW deki artış kardiyopulmoner bypass esnasında, extrasellüler kompartmanda artışa neden olmaktadır. Buna karşın, erken post-operatif dönemde bu artış intrasellüler bölgeye kaymaktadır. Bu durum organlarda meydana gelecek ödem nedeniyle, organ disfonksiyonu olarak karşımıza çıkabilir. Bu nedenle erken post-operatif dönemde ödem ve sekonder organ disfonksiyonları yakından takip edilmeli, intrasellüler artmış sıvının vasküler yatağa çekilerek diürez yoluyla vücuttan uzaklaştırılmasına yönelik tüm tedavi yöntemleri özenle uygulanmalıdır.

Normotermik ve hipotermik koşullar altında bypass ödeme ilişkin anlamlı bir fark oluşturmadığından normotermik KPB'sın enzimatik fonksiyonların devamı, membran stabilizasyonu, glikoz kullanımı, ATP yapımı ve kullanımı, dokuya oksijen alımı, Ph düzeyi, ozmotik denge, kalsiyum sekresyonu gibi avantajları göz önüne alınarak tercih edilmesi gerektiği sonucu çıkmaktadır.

7. YARARLANILAN KAYNAKLAR

References:

1. Feyrer R, Harig F, Cennjevar R, Mahmoud O. F, Doreth M, Fischlein T, Weyand M. Bioelectrical impedance analysis in cardiac surgery. The Internet Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. ISSN: 1524-0274
2. Chumela WC, Guo SS. Bioelectrical impedance and body composition. Present status and future directions Nutrition Reviews. Vol.52, No 4, April 1994: 123-131
3. Gagnon R, Gagner M, Duplessis S. Variations of body composition by bioelectric impedancymetry after major surgery. Ann- Chir 1994. 48(8). 708-716
4. Chiolero RL, Gay LJ, Cotting J, Gurtner C, Schutz Y. Assesment of changes in body water by bioimpedance in actuely ill surgical patients. Intensive Care Med 1992, 18(6): 322-326
5. Zillikens MC, van den Berg JW, Wilson JH, Swart GR. Whole body and segmental bioelectrical-impedance analysis in patients with cirrhohisof the liver: change after treatment ascites. Am J Clin Nutr 1992, 55 (3): 621-625
6. Holt TL, Cui C, Thomas BJ, Ward LC, Quirk PC, Crawford D, Shepherd RW. Clinical applicability of bioelectrical impedance to measure body composition in health and disease. Nutrition 1994, 221-224
7. Leiter LA,,: Use of bioelectrical impedance analysis measurements in patients with diabetes. Am J Clin Nutr 1996, 64(3), 515S-518S
8. Likaski HC, Bolonchuk WW, Siders WA, et al: Body composition by bioelectrical impedance analysis compared with deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Clin Nutr 1991: 53: 421-424

9. Deurenberg P, Weststrate JA, Seidell JC: Body fat in lean and overweight women estimated by six methods. *Br J Nutr* 1991; 65: 95- 103

10. Bracco D, Thiebaut D, Chioloro R et al: Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and dual x-ray absorptiometry in humans. *J Appl Physiol* 1996: 2580-2587

11. Stewart SP, Bramley PN, Heighton R, et al: Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments: Comparison with dual-energy x-ray absorptiometry. *Br J Nutr* 1993; 69: 645-655

12. Segal K, Van Loan M, Fitzgerald P,, et al: lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four site cross-validation study. *Am J Clin Nutr.* 1988; 47; 7-14

13. Kushner RF: Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 1992; 11: 199-209

14. Jebb SA, Elia M. Techniques for the measurement of body composition: A practical guide. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17: 611- 621

15. Lukaski H, Bolonchuk W, Hall C, et al. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiology* 1988, 60: 1327-1332

16. Ross AN, Westendorp RGJ, Frohlich M, et al: Weight changes in critically ill patient evaluated by fluid balance and impedance measurements. *Crit Care Med* 1993; 21: 871-877

17. Chioloro RL, Gay LJ, Cotting J, et al: Assessment of changes in body water by bioimpedance in acutely ill surgical patients. *Intensive Care Med* 1992; 18: 322-326

18. Meguid MM, Lukaski H, Tripp M, et al: Rapid bedside method to assess changes in postoperative fluid status with bioelectrical impedance analysis. *Surgery* 1992; 112: 502-508

19. Robert S, Zarowitz BJ, Hyzy R, et al: Bioelectrical impedance assessment of nutritional status in critically ill patients. Am J Clin Nutr 1993; 57: 840-844

20. Bracco D, Revelly JP, Berger MM, Chioloro RL. Bedside determination of fluid accumulation after cardiac surgery using segmental bioelectrical impedance. Critical Care Medicine. 1998; 26 (6); 1-10

21. Ohri SK, Bjarnason I, Pathy V, et al: Cardiopulmonary bypass impairs small intestinal transport and increases gut permeability. Ann Thorac Surg 1993; 55: 1080-1086

22. Haussinger D, Lang F, Gerok W: Regulation of cell function by the cellular hydration state. Am J Physiol 1994; 267: E343-E355

23. HÜR E, hemodiyaliz hastalarında hipervoleminin gösterilmesinde biyoimpedans spektroskopinin yeri 2010; 11-17