

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI**

**MEKANİK VENTİLASYON UYGULANAN HASTALARDA
İNDİREK KALORİMETRİ İLE TAHMİNİ ENERJİ
GEREKSİNİMİNİ HESAPLAYAN DENKLEMLERİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

DR. SERDAR KARAKUZU

**DANIŞMAN
PROF. DR. HÜLYA SUNGURTEKİN**

DENİZLİ – 2014

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI**

**MEKANİK VENTİLASYON UYGULANAN HASTALARDA
İNDİREK KALORİMETRİ İLE TAHMİNİ ENERJİ
GEREKSİNİMİNİ HESAPLAYAN DENKLEMLERİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ
DR. SERDAR KARAKUZU**

**DANIŞMAN
PROF. DR. HÜLYA SUNGURTEKİN**

DENİZLİ – 2014

Prof. Dr. Hülya SUNGURTEKİN danışmanlığında Dr. Serdar KARAKUZU tarafından yapılan “Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda indirek kalorimetri ile tahmini enerji gereksinimini hesaplayan denklemlerin karşılaştırılması ” başlıklı tez çalışması gün:23/ay:10/yıl:2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonrası yapılan değerlendirme sonucu jürimiz tarafından Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı’nda TIPTA UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

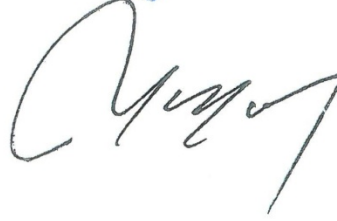
BAŞKAN : Prof.Dr.Simay SERİN



ÜYE : Prof.Dr.Hülya SUNGURTEKİN



ÜYE : Prof.Dr.Mehmet UYAR



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

gün.../ay.../yıl.

23.10.2014

Prof. Dr. Hasan HERKEN
Pamukkale Üniversitesi
Tıp Fakültesi Dekanı



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen ve tezimi başından sonuna kadar destekleyerek her aşamasında yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Hülya SUNGURTEKİN başta olmak üzere, anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Simay SERİN'e, değerli hocalarım Prof.Dr. Erkan TOMATIR'a, Doç. Dr. Habip ATALAY'a ve Doç. Dr. Ercan Lütfl GÜRSES'e

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum ve her konuda birbirimize destek olduğumuz değerli asistan arkadaşlarıma, çalışma süresince verilerin toplanması konusunda yardımlarını esirgemeyen kliniğimiz Yoğun Bakım Ünitesinin değerli hemşirelerine ve tüm klinik personeline,

Bugünlere gelmemde büyük katkısı olan babam Fikret va annem Gülşan KARAKUZU' ya

Bu zorlu dönemimde desteğini ve sabrını hiçbir zaman eksik etmeyen, sevgisini her daim yanımda hissettiğim hayat arkadaşım Canan KARAKUZU ve hayatımızın neşe kaynağı oğullarım Yiğit ve Kerem KARAKUZU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No |
|--|----------|
| ONAY SAYFASI | III |
| TEŞEKKÜR | IV |
| İÇİNDEKİLER | V |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | VII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | VIII |
| TABLolar DİZİNİ | IX |
| GRAFİKLER DİZİNİ..... | X |
| ÖZET | XI |
| İNGİLİZCE ÖZET | XII |
| GİRİŞ | 1 |
| GENEL BİLGİLER | 3 |
| YOĞUN BAKIM HASTALARINDA BESLENME | 5 |
| Aşırı Beslenme | 6 |
| <i>Aşırı Beslenmenin Metabolik Komplikasyonları;</i> | 6 |
| Yetersiz Beslenme | 7 |
| Malnütrisyon Nedenleri | 7 |
| ENERJİ GEREKSİNİMİNİN BELİRLENMESİ | 8 |
| İndirekt Kalorimetri | 9 |
| Solunumsal Oran (RQ) | 10 |
| Ekipman ve Teknik | 10 |
| Kapalı Devre Metodu | 10 |
| Açık Devre Sistemler | 11 |
| <i>Karıştırıcı Bölme Metodu</i> | 11 |
| <i>Soluktan–Soluğa Metodu</i> | 11 |
| <i>Dilüsyon Metodu</i> | 11 |
| Enerji Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Formüller | 14 |
| APACHE II | 16 |
| SAPS II | 17 |
| SUBJEKTİF GLOBAL DEĞERLENDİRME | 18 |
| GEREÇ VE YÖNTEM | 20 |

| | |
|--|-----------|
| İNDİREK KALORİMETRE ÖLÇÜMÜ..... | 20 |
| İndirek Kalorimetre Protokolü | 20 |
| Verilerin İstatistiksel Analizi | 25 |
| BULGULAR | 26 |
| TARTIŞMA | 37 |
| SONUÇ | 47 |
| KAYNAKLAR | 48 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------------------------|---|
| APACHE II | : Akut fizyolojik ve kronik sağlık değerlendirilme skoru II |
| BET | : Bazal enerji tüketimi |
| BMH | : Bazal metabolik hız |
| DVA | : Düzeltilmiş vücut ağırlığı |
| EN | : Enteral nutrisyon |
| FİO₂ | : İncpire edilen oksijen fraksiyonu |
| FİCO₂ | : İncpire edilen karbondioksit fraksiyonu |
| GVA | : Gerçek vücut ağırlığı |
| HB | : Harris- Benedict eşitliği |
| HET | : Hesaplanan enerji tüketimi |
| İC | : İndirek kalorimetri |
| İET | : İstirahat enerji tüketimi |
| İVA | : İdeal vücut ağırlığı |
| İJ | : İreton-Jones eşitliği |
| ÖET | : Ölçülen enerji tüketimi |
| PS | : Penn State eşitliği |
| RQ | : Solunum katsayısı |
| SAPS II | : Basitleştirilmiş akut fizyolojik skorlama II |
| SCH | : Schofield eşitliği |
| SW | : Swinamer eşitliği |
| SGD | : Subjektif global değerlendirme |
| TET | : Toplam enerji tüketimi |
| TPN | : Total parenteral nutrisyon |
| VO₂ | : Oksijen tüketimi |
| VCO₂ | : Karbondioksit üretimi |
| VKİ | : Vücut kitle indeksi |
| VYA | : Vücut yüzey alanı |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | | Sayfa No |
|----------------|---|-----------------|
| Şekil 1 | Malnütrisyon sonuçları | 8 |
| Şekil 2 | A. Datex-Ohmeda monitöre entegre edilmiş M-CAiOVX modül | |
| | B. M-CAiOVX modülü | 21 |
| Şekil 3 | D-parçası, flow sensör ve gaz örnekleme hatları | 22 |
| Şekil 4 | D- parçası ve flow sensörün örnekleme hatları ile hastaya bağlanması..... | 22 |
| Şekil 5 | D- parçası ve flow sensörün örnekleme hatları ile gaz analizi | 23 |
| Şekil 6 | Solunum devresindeki gazların Volüme göre konsantrasyon hesaplanması..... | 24 |

TABLolar DİZİNİ

| | | Sayfa No |
|-----------------|--|-----------------|
| Tablo 1 | Enerji Tüketimini etkileyen faktörler..... | 14 |
| Tablo 2 | Enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılan formüller.. | 15 |
| Tablo 3 | Enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılan long faktörleri | 16 |
| Tablo 4 | Akut Fizyolojik ve Kronik Sağlık Değerlendirme Skoru II (APACHE II)..... | 17 |
| Tablo 5 | Basitleştirilmiş Akut Fizyolojik Skorlama II (SAPS II)..... | 18 |
| Tablo 6 | Subjektif Global Değerlendirme (SGD)..... | 19 |
| Tablo 7 | A. Hastaların demografik özellikleri ve klinik değişkenleri B. Hastaların demografik özelliklerinin ve klinik değişkenlerin dağılımları..... | 26 27 |
| Tablo 8 | Hastaların primer tanıları..... | 27 |
| Tablo 9 | İndirek kalorimetri ve denklemlerin korelasyon analizi..... | 28 |
| Tablo 10 | İndirek kalorimetri ile ölçülen ve eşitliklerle hesaplanan enerji tüketimleri arasındaki ortalama eğilim ve alt ve üst uyum limitleri..... | 29 |
| Tablo 11 | Hesaplanan enerji tüketimlerinin yeterlilik oranları..... | 32 |
| Tablo 12 | Tanı bazında korelasyon analizi | 32 |
| Tablo 13 | Tanı Bazında Bland-Altman Sonuçları..... | 33 |
| Tablo 14 | Hastaların VKİ'lerine göre İC ile denklemlerin korelasyon analizi..... | 35 |
| Tablo 15 | İndirek kalorimetri ile hastalık ciddiyet skorları arasında korelasyon analizi..... | 36 |

GRAFİKLER DİZİNİ

| | Sayfa No |
|--|-----------------|
| Grafik 1 İndirek kalorimetri ile HB eşitliği arasındaki uyumun Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi..... | 29 |
| Grafik 2 İndirek kalorimetri ile SCH eşitliği arasındaki uyumun Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi..... | 30 |
| Grafik 3 İndirek kalorimetri ile İJ eşitliği arasındaki uyumun Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi..... | 30 |
| Grafik 4 İndirek kalorimetri ile PS eşitliği arasındaki uyumun Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi..... | 31 |
| Grafik 5 İndirek kalorimetri ile SW eşitliği arasındaki uyumun Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi..... | 31 |

ÖZET

Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda indirek kalorimetri ile tahmini enerji gereksinimini hesaplayan denklemlerin karşılaştırılması

Dr. Serdar KARAKUZU

Nutrisyon desteği yoğun bakım hastalarının yaşamsal bir komponentidir ve hastaların klinik sonuçlarını etkilemektedir. Mekanik ventilasyon tedavisi alan yoğun bakım hastalarının enerji tüketiminin doğru olarak belirlenmesi önemlidir. İndirekt kalorimetri (İC) metodu yoğun bakım hastalarının enerji tüketiminin belirlenmesinde “altın standart” olarak kabul edilir. Ancak, IC cihazlarının pahalı olması, uygulanmasında deneyimli personele ihtiyaç duyulması ve ölçümlerin zaman alması gibi nedenlerle, enerji tüketiminin belirlenmesinde tahmini enerji gereksinimini hesaplayan denklemler hala yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, mekanik ventilasyon uygulanan yoğun bakım hastalarında, farklı hastalık gruplarında, zayıf, normal kilolu ve obez hastalarda IC ile ölçülen ve en yaygın kullanılan beş ampirik formülle hesaplanan enerji tüketimi değerlerini karşılaştırmak ve aynı zamanda ölçülen enerji tüketimi ile hastalık şiddeti arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemektir.

Yoğun bakım ünitesinde farklı klinik tanılara ve hastalık düzeylerine sahip toplam 100 mekanik ventilasyon tedavisi alan hasta çalışmaya dahil edildi. İndirekt kalorimetri ile 3 gün 30’ar dakikalık ölçümler yapıldı ve eş zamanlı olarak Harris Benedict, Schofield, Swinamer, Penn State 2003, İretton-Jones denklemleri ile enerji gereksinimleri hesaplandı, APACHE II ve SAPS II skorları belirlendi

Tüm eşitlikler IC ile korele olmasına rağmen, Blant-Altman analizi ile geniş uyum limitleri tespit edildi. Hastalık tanılarına göre ayrıldığında farklı hastalık gruplarında en uyumlu denklemlerin değişkenlik gösterdiği görüldü. Genellikle tüm subgruplarda, zayıf, normal kilolu ve obez hastalarda Swinamer ve Penn State denklemlerinin en korele olduğu ve Harris Benedict ve Penn State denklemlerinin en uyumlu denklemler olduğu belirlendi. Hastalık şiddeti ile enerji tüketimi arasında bir korelasyon olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: indirekt kalorimetri, enerji tüketimi, prediktif denklemler, yoğun bakım.

SUMMARY

Comparison of equations for estimated energy requirement with indirect calorimeter in mechanically ventilated patients

Serdar KARAKUZU M.D.

Nutritional support is a vital component of intensive care patients and affects clinical outcomes. Correct determination of energy consumption in mechanically ventilated patients is crucial. Indirect calorimeter (IC) method is considered as gold standard for determining energy consumption in intensive care patients. However, IC devices for determining estimated energy requirement are not still widespread due to being expensive, requiring experienced staff, and being time consuming.

The aims of this study are to compare five most used empirical equations of estimated energy consumption in intensive care patients with different disease groups in underweight, normal weight and obese patients, and to determine the relationship between measured energy consumption and disease severity.

100 mechanically ventilated intensive care patients with different diagnoses and severity of disease were included in the study. 30-minute measurements were done for three days with indirect calorimeter, and Harris Benedict, Schofield, Swinamer, Penn State 2003, Ireton-Jones equations were calculated, APACHE II and SAPS II scores were determined simultaneously.

Although all equations were correlated with IC, Blant-Altman analysis showed wide compliance limits. Different equations showed compliance with different diagnoses. Swinamer and Penn State equations were most compliant in all subgroups, underweight, normal weight and obese patients. No correlation was observed between disease severity and energy consumption.

Key words: indirect calorimetry, energy consumption, predictive equations, intensive care

GİRİŞ

Nütrisyon desteği; optimal organ fonksiyonu, yaraların rejenerasyonu, kardiyopulmoner fonksiyonların yeterliliği ve immun sistemin bütünlüğünün korunması nedeniyle yoğun bakım hastalarının yaşamsal bir komponenti olarak kabul edilmektedir (1).

Yoğun bakım ünitesinde yatış gerektiren kritik hastalığı olan hastalar malnütrisyon için artmış risk altındadırlar. Yoğun bakım hastalarında hem aşırı hem de eksik beslenmenin istenmeyen etkileri mevcuttur. Hastalık durumu bir hipermetabolik durum yaratır ve enerji tüketimini arttırır. Bu artan enerji ihtiyacı karşılanmazsa hastayı desteklemek için yağsız vücut kitlesi çok hızlı bir şekilde kaybolur. Kritik hastalarda yağsız vücut kitlesinin bu kaybının hastalık sırasında hayatta kalma şansını azalttığı gösterilmiştir. Yoğun bakım hastalarında fazla beslenme hiperglisemi, azotemi ve hiperkapni gibi komplikasyonlara neden olup zararlı olabilir (2). Uygun bir klinik değerlendirme ile birlikte olan enerji gereksiniminin belirlenmesi, bu hastalarda beslenme desteğinde önemli bir ön koşuldur (3).

Enerji gereksinimleri ya prediktif denklemler ya da indirekt kalorimetre (İC) kullanarak hesaplanabilir. Kritik hastada enerji ihtiyacının saptanmasında İC altın standart yöntemdir. Bu metotta O₂ tüketimi ve CO₂ oluşumu ölçülerek 24 saatte tüm vücut enerji tüketimi hesaplanmaktadır (2). İndirekt kalorimetrenin yoğun bakım ünitelerinde standart kullanımı pratik değildir ve ekipman mevcudiyeti, personel ve maliyet açısından kullanımı sınırlı olabilir (4). Bununla birlikte amputasyon uygulananlarda, diyalize giren böbrek hastalarında, toraks tüpü olanlarda, asid baz bozuklukları olanlarda stabilizasyon güçlüğü olanlarda, 0.60'ın üstünde FiO₂ gereksinimi olanlarda ve septik şokta İC'nin hatalı ölçüm verdiği bildirilmiştir (5).

Enerji ihtiyacının belirlenmesi için daha pratik araçların geliştirilmesi çabasıyla prediktif denklemler ortaya çıkmıştır (6). İstirahat enerji tüketimini (İET) tahmin etmek için çok sayıda denklem vardır. Çoğu prediktif denklem tipik olarak sağlıklı, hospitalize olmayan hastalar üzerinde yapılan çalışmalardan çıkmıştır ancak az sayıda çalışma mekanik ventilasyondaki hastalarda onaylanmıştır. İstirahat enerji tüketimini tahmin etmek obezite durumunda iyice zorlaşmaktadır (4). Denklemlerde gerçek vücut ağırlığının mı, düzeltilmiş vücut ağırlığının mı, ideal vücut ağırlığının

mı kullanılacağı değişkenlik gösterir ve tek bir doğru yoktur. Bazal metabolik hız, İET ve toplam enerji tüketimi (TET) kavramları arasında bir karmaşa mevcuttur. Ancak günümüzde birçok birim beslenmenin yönlendirilmesinde prediktif denklemleri kullanmaktadır (7).

Biz bu çalışmada, solunum yetmezliği nedeniyle mekanik ventilasyon uygulanan yoğun bakım hastalarında, İC metodu kullanılarak ölçülen ve günümüzde bu hasta popülasyonunda kabul görmüş kalori hesaplama formüllerinin yaygın olarak kullanılan beş tanesi (Harris-Benedict Eşitliği, Schofield Eşitliği, Ireton-Jones eşitliği, Swinamer eşitliği, Penn State eşitliği) ile hesaplanan enerji tüketimi değerlerini karşılaştırıp, hangi eşitliğin yoğun bakım hastaları için daha uygun olup olmadığını belirlemeyi amaçladık.

GENEL BİLGİLER

Yoğun bakım ünitelerinde yatarak tedavi gören hastaların ortak özelliği hemen hemen hepsinde homeostazlarının bir şekilde bozulmuş olmasıdır. Vücutta meydana gelen yaralanmalar, farklı yanıtlar oluşturarak metabolizmada belirgin değişikliklerin oluşmasına neden olur. Bu değişikliklerin sonucunda vücut yapısında önemli değişimler meydana gelir. Kritik hastalarda daha önceden varolan veya yatış süresince gelişen malnütrisyon, bağışıklık sisteminin baskılanmasına, inflamatuvar cevabın artmasına, organ fonksiyonlarının bozulmasına, yara iyileşmesinde gecikme ve fonksiyonel iyileşme süresinin uzamasına ya da klinik sonucun kötüleşmesine neden olur.

Beslenme desteğinde amaç, hastanın enerji ve tüm besin gereksinimlerinin sağlanmasıdır. Bu besin gereksinimleri

- 1) karbohidrat
- 2) protein
- 3) yağlar
- 4) elektrolit, mikrobeyinler ve sudur (8).

Karbohidratlar (CHO) normal diyetdeki başlıca enerji kaynağıdır (özellikle anaerobik egzersiz sırasında), batı diyetinde enerji ihtiyacının %40-55'ini karşılar. Günlük karbonhidrat tüketimi ortalama 300-400 gr'dır fakat çok aktif bireylerde ihtiyaç bunun %60'ından fazla olabilir. Karbonhidrat alımı dokudaki proteinlerin korunması için önemlidir. Karbonhidratlar ayrıca günde 130-140 gr glukoz kullanan beyin içinde başlıca enerji kaynağıdır (9).

Yoğun bakımlarda karbonhidrat olarak yaygın şekilde glukoz kullanılır. Vücutta glukozun kullanım hızı 5 mg/kg/dakika'yı geçmemelidir. Daha yüksek hızlarda glukoz verilmesi, lipojenez ve hiperglisemi gibi komplikasyonlara ve CO₂ üretiminde artışa neden olacağından glukozun tek enerji kaynağı olarak kullanılmasından kaçınılmalıdır (10,11).

Glukoz protein olmadan enerji kaynağı olarak tek başına kullanıldığında;

- Karaciğerin yağlı infiltrasyonuna,
- Hiperozmolar dehidratasyon,
- Aşırı CO₂ üretimi,

- Hipofosfatemi,
- Hiperinsülineminin sonucu olarak sıvı retansiyonuna,
- Azalmış immün fonksiyona neden olabilir.

%5-15'lik dekstroz solüsyonları periferik venlerden verilebilirken %25-45'lik olanların ozmolarite nedeniyle santral venlerden verilmesi gerekmektedir (12).

Yağlar önemli bir enerji kaynağıdır ve yağda çözünen A,D,E ve K vitaminlerini taşırlar. Yağ asitleri ayrıca immün fonksiyonları düzenlerler (9). Lipit emülsiyonları %10- 20'lik lipit içeriğine sahiptirler. Yağ alımı; doymuş, tekli doymamış, çoklu doymamış, ω -6 ve ω -3 gibi esansiyel yağ asitleri olabilmekte, ayrıca zeytinyağı, balık yağı, ilave ω -tokoferol içeriği olanlar olmak üzere çeşitlilik göstermektedir. Lipitler; günlük kalori ihtiyacımızın %25-45'ini oluşturur. Lipitler için kontraendikasyon söz konusu değilse kalori gereksinimine bağlı olarak 0,7-1,5 g/kg/gün olarak verilmelidir. En büyük bölümünü trigliseritler oluşturur (13).

Yağlar günde 2 g/kg'dan daha yüksek dozlarda kullanılmamalıdır. Parenteral yağ emülsiyonlarının bir kısmı soya yağından elde edilir ve çok miktarda esansiyel yağ asidi bulunur. Bu ürünlerin kullanımı ile immün sistemin baskılanması ve oksidatif stresin artması gibi sorunlar oluşabilir. Soya yağı yerine zeytinyağı veya balık yağı içeren yeni yağ emülsiyonlarının kullanılması ya da birlikte kullanımı ile immün sistem fonksiyonunun düzeltilebileceği, inflamatuvar cevabın düzenlenebileceği ve antioksidan etki sağlanabileceği ileri sürülmüştür (10,11).

Aminoasitler doku sentezi için gereklidirler ve primer olarak saçlar, deri, tırnaklar, tendonlar, kemikler, ligamentler, major organlar ve en önemlisi kaslarda bulunurlar. Proteinler antikörlerin, enzimlerin, taşıyıcı iyonların ve kan ürünlerinin (hemoglobinin gibi), asid tamponların, aktin ve miyozinin major bölümünü oluşturur (9).

Aminoasit solüsyonları genellikle hem esansiyel hem de esansiyel olmayan aminoasitleri içeren dengeli solüsyonlardır. Kritik hastalarda günlük gereksinim 1.5-2 g/kg düzeyindedir. Başka bir deyişle bu hastalarda günlük kalori/azot oranı 150/1 olmalıdır (10,11).

Renal ve hepatic yetersizlikte azot yükünü ve amonyak oluşumunu azaltmak amacıyla protein desteğine sınırlama getirilebilir. Aminoasitlerin katabolik kullanımı önlemek amacıyla mutlaka karbonhidrat ve lipitlerle eş zamanlı olarak vermek gerekmektedir. %5-15 konsantrasyonunda aminoasit içeren solüsyonlar vardır. Tüm aminoasitleri içeren solüsyonların kullanılması en iyisidir (12).

Glutamin enterositler, immün hücrelerden lenfosit, nötrofil ve makrofajlar için oksidatif bir yakıt ve nükleotid prekürsörüdür. Protein ve glikoz metabolizmasında, organlar arası nitrojen ve karbon taşınmasında ve hücrel korunmada, glutatyon ve ısı şok proteinleri üzerinden birçok etkisi vardır. Hücrel metabolizmalarda ve tamirde birçok genin transdüksiyonunda rol alır. Kritik hastalıkta esansiyel aminoasit halini alır ve eksikliğinde gastrointestinal sistemin bariyer özelliği bozularak, immün fonksiyonlarda bozukluklar izlenir. Kritik hastalarda immün yanıt ve yenilenme için hızla kullanıldığından plazma glutamin seviyeleri düşer (14). 2002 yılında yapılan bir meta analizde 0,2- 0,4g/kg /gün glutamin eklenmesiyle yoğun bakım hastalarında sağ kalımın arttırıldığı gösterilmiştir (15).

Eser Element, Vitamin ve Elektrolitler çeşitli enzimlerin aktivitesini sağlamada katalizör görevi üstlenirler. Beslenme uygulamasında hastaların günlük gereksinimlerini karşılamak üzere, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor gibi elektrolitler, vitaminler ve çinko, selenyum, bakır gibi eser elementler de mutlaka sağlanmalıdır. Bu mikro besinlerin eksikliği, uzun süren total parenteral nutrisyon (TPN) uygulamalarında karşılaşılabilecek bir sorundur ve TPN uygulamalarında bunların sağlanması unutulmamalıdır. Enteral beslenme solüsyonları ise içerik açısından TPN'ye oranla daha dengelidirler ve yeterli düzeyde beslenen hastalarda ek bir uygulama gerektirmezler (10,11).

YOĞUN BAKIM HASTALARINDA BESLENME

Optimal beslenme vücut protein kütlelerinin korunması ya da yerine konması ve yeterli oranlarda enerji sağlanması anlamına gelmektedir. Optimal beslenmenin tanımı enerji tüketiminin enerji alımı ile dengelenmesi ve en az 1.2 g/kg'lık protein provizyonu ile sağlanmasıdır. Yoğun Bakım hastalarında hem aşırı beslenme hem de eksik beslenmenin istenmeyen etkileri mevcuttur (16,17).

Malnütrisyon tüketilen besin öğelerinin (protein, enerji ve diğer nutrientlerin) alımı ile değişen metabolizma ihtiyaçlarının karşılanması arasındaki süregelen dengesizliği ifade eder. Bunun sonucunda vücut kitlesi kaybı, organ-sistem fonksiyon yetersizliği ortaya çıkar. Malnütrisyon denildiğinde geleneksel olarak protein ve/veya kalori (protein-enerji) malnütrisyonu kastedilir. Bazen de obezite gibi kalori fazlalığı veya vitamin toksisitesi de kastediliyor olabilir. Malnütrisyon tanısı için halen genel kabul edilmiş uluslararası kriter yoktur (18).

Aşırı Beslenme

Kritik hastaları makro besinlerle aşırı beslemek akciğer, karaciğer ve böbrekler gibi organ işlevlerini olumsuz etkileyebilir. Aşırı karbonhidrat infüzyonu akciğerlerin iş yükünü arttırarak mekanik ventilasyon ihtiyacını arttırabilir. Ayrıca hiperglisemiye ve karaciğerde yağlanmaya yol açabilir. Proteinlerle aşırı beslenme azotemi ve hipertonic dehidratasyona, böbreklerin üre atılımı yada asit baz dengesi oluşturma becerilerini kaybetmeleriyle sonuçlanan asidoza sebep olabilir. Aşırı yağ infüzyonları ise hipertrigliseridemi ve aşırı yağ yüklenmesine yol açabilir. Hastanın beslenmeye olan yanıtı aralıklı olarak değerlendirilmeli, besin ve enerji desteği hastanın ihtiyaçlarına göre modifiye edilmelidir. Çok zayıf, çok şişman veya çok yaşlı hastalar aşırı beslenmeye karşı özellikle risk altındadırlar (19).

Aşırı Beslenmenin Metabolik Komplikasyonları;

- 1. Azotemi**
- 2. Aşırı yağ yüklemesi sendromu**
- 3. Hepatik steatoz**
- 4. Hiperkapni**
- 5. Hiperglisemi**
- 6. Hiperglisemik-Hiperosmolar Nonketotik Koma**
- 7. Hipertonik dehidrasyon**
- 8. Hipertrigliseridemi**
- 9. Metabolik asidoz**
- 10. Yeniden besleme sendromu (refeeding) (19).**

Yetersiz Beslenme

Akut hastalık ve zedelenme durumunda, hem vücudun protein ve enerjiye artmış ihtiyacı, hem iştahsızlık nedeniyle yetersiz alım, hem de alınan besinlerin yetersiz sindirim, absorpsiyon ve kullanımı söz konusudur. Klinik pratikte ileri evre hastalar çeşitli sebeplerden dolayı yeterli beslenememektedir (16).

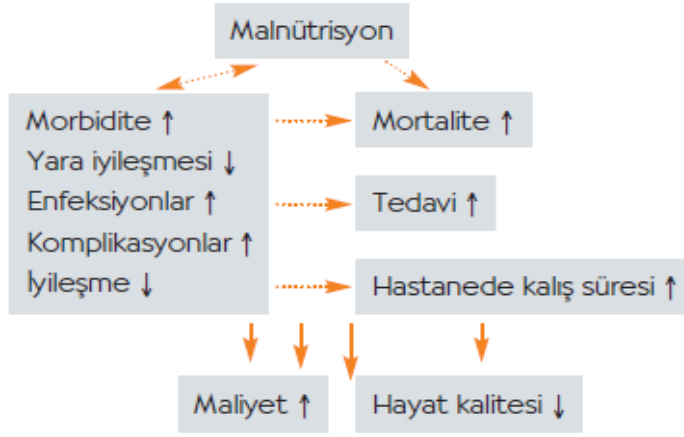
Malnütrisyon Nedenleri

- Yetersiz alım
- Gıda ihtiyacının artması
- Malabsorpsiyon
- Malign hastalıklar
- Enfeksiyonlar
- Gıda maddelerinin vücuttaki metabolik süreçlerinde bozukluklar sayılabilir.

Hastanede yatan hastaların %30-60'ında malnütrisyon sözkonusu olup bunun %10-25'i de ağır dereceli malnütrisyonudur. Solunum sistemi hastalıklarında %45, inflamatuvar barsak hastalıklarında %80, malign tümörü olanlarda %85'e varan oranlarda malnütrisyonu rastlanır (20).

Malnütrisyon özellikle mekanik ventilasyon uygulanan kritik hastalarda olmak üzere yatırılarak tedavi edilen tüm hastalarda yaygın bir sorundur (21).

Genel olarak malnütrisyon, yara iyileşmesinde bozulmaya, immun sistemin baskılanmasına, çizgili kas kitlesinde azalmaya, barsak mukozasında atrofiye, yaygın ödem gelişimine, kognitif fonksiyonlarda gerilemeye, çocuklarda büyüme gelişme geriliğine ve genel olarak fonksiyonel kapasitelerde düşüşe neden olur. Protein-enerji malnütrisyonuna bağlı fizyolojik kayıplar, gastrointestinal sistemi, kardiyovasküler sistemi, immun fonksiyonları, solunum sistemini, endokrin sistemi, yara iyileşmesini, cilt, saç, böbrek, kemik iliğini olumsuz olarak etkiler. Anksiyete ve depresyona eğilim artar. B1, B12, kalsiyum, magnezyum, fosfat düzeylerindeki değişiklikler nörolojik fonksiyonları olumsuz etkiler. Kalp kas kaybı ile kardiyak debi azalır, bradikardi, hipotansiyon ve aritmi eğilimi doğar. Renal plazma akımı, glomeruler filtrasyon hızı azalır. Malnütrisyon ileri boyutlara ulaştığında soğuğa vazokonstriksiyon ve termojenik reaksiyonu bozar (20,22) (Şekil 1).



Şekil 1.Malnütrisyon sonuçları (20).

ENERJİ GEREKSİNİMİNİN BELİRLENMESİ

Sağlıklı kişilerde aynı cinsiyet, yaş, kilo ve boyda olsalar bile çeşitli genetik ve çevresel özellikler (etnik köken, vücut kompozisyonu, diyet, fiziksel aktivite, çevre sıcaklığı ve yükseklik) nedeniyle gerçek enerji harcamaları farklılıklar gösterdiği için enerji gereksinimlerini tahmin etmek uzmanlar için bir sorundur. Kritik hastalarda, bütün bu faktörlerin yanı sıra O_2 tüketimi (VO_2) ve/veya CO_2 üretimi (VCO_2) değişebildiği hastalığın kendi etkileri ve tedavinin etkileri olduğundan enerji gereksinimlerini tahmin etmek daha güçlü bir sorun oluşturmaktadır (23,24).

Vücudun enerjiyi kullanma hızı veya enerji tüketimi metabolik hız olarak tanımlanır ve 24 saatte kilokalori (Kcal) olarak ifade edilir. Bir kcal, 1 litre suyu $1^\circ C$ yükseltmek için gereken ısı enerjisi miktarıdır. Yaşamak için gereken enerji, bazal metabolik hız (BMH) veya bazal enerji tüketimi (BET) olarak ifade edilir. İstirahat enerji tüketimi, hasta istirahat halindeyken, kas aktivitesinin olmadığı ve termal açıdan nötral bir çevrede bulunduğu koşulda değerlendirilir. Genellikle İET, BET'den %10 fazladır. Gün içinde, tüm aktiviteleri karşılayacak enerji TET'dir. Toplam enerji tüketimi, BET, ilave metabolik yük, yapılan diğer işleri karşılayacak enerji ve termoregülasyon için harcanan enerjilerin toplamıdır. Bu değerler içinde yatak başında izlemi en kolay olan İET'nin bulunmasıdır.

Bu hesaplamalar, hazır formüller, direk kalorimetri, indirek kalorimetri ve ağırlık temelli hesaplamalar ile yapılmaktadır. Isı üretilmesi ve kaybının ölçülmesi, enerji tüketiminin ölçülmesi anlamına gelir (direk kalorimetri). Oksijen tüketiminin

ve CO₂ üretiminin ölçülmesi ile ısı üretiminin ölçülmesi indirek kalorimetri yöntemidir (25).

Hesaplama yöntemlerine ve ağırlığa göre yapılan enerji gereksinim hesapları ile beslenen hastaların izlemine yapmak kolay değildir. Harris Benedict formülünde hesap edilecek enerji gereksinimi, temel olarak vücut ağırlığındaki ve aktivite, stres ve ısı faktörlerindeki değişikliklerden etkilenecektir. Bu değerlerin izlemi ile enerji gereksinimini güncellemek gerekir (26).

Klinik formüllerin öngörü güçleri nadiren, ölçülen enerji tüketimi (ÖET) değerlerinin %10'unun içinde kalsa da İC' nin uygulanamadığı durumlarda en iyi seçenektirler (27).

İndirekt Kalorimetri

İndirekt kalorimetri yöntemi, metabolizmada harcanan O₂, üretilen CO₂ ve azot atılımı ilkesine dayanmaktadır. Mekanik ventilasyon desteğinde ve FiO₂'nin <0,6 olduğu koşullarda, özel cihazlarla kolayca ölçüm yapılabilir; ancak standart kullanımı pratik değildir ve ekipman mevcudiyeti, personel ve maliyet açısından kullanımı sınırlı olabilir (28-31).

İndirekt kalorimetri enerji tüketimini Weir eşitliğinden faydalanarak hesaplar

Weir eşitliği: ET (kcal/gun) = 3,941 VO₂ (L/gun) + 1,106 VCO₂ (L/gun) – 2,17 İdrarda N (g/gun)

Protein metabolizmasını göz önüne alan denklemlerde idrar azot miktarının hesaba katılmasının sonucu çok fazla etkilemediği görülmüştür. Bu nedenle uygulaması daha kolay modifiye eşitlikler geliştirilmiştir (29).

Modifiye Weir denklemi: ET= [3,9 (VO₂)+1.1 (VCO₂)]*1,44

Oksijen tüketimi VO₂ olarak adlandırılırken, hücreler tarafından üretilen karbondioksit üretimi VCO₂ olarak adlandırılır, VO₂ ve VCO₂ hesaplamaları termodilüsyon yöntemiyle ve hemodinamik parametrelerin belirlenmesi ile yapılabilir (ör. Fick denklemi), ya da indirekt kalorimetrenin temelini oluşturan pulmoner gaz değişimi ölçülebilir. Enerji tüketiminin ısı üretiminin ve kaybının ölçülmesiyle belirlenmesi direkt kalorimetrenin prensibini oluştururken, ısı üretiminin O₂ tüketimi ve CO₂ üretiminin ölçülmesi ile dolaylı olarak belirlenmesi indirekt kalorimetri olarak adlandırılır (30).

Enerji gereksinimleri en doğru şekilde İC kullanılarak İET ölçülerek değerlendirilmesine rağmen, bu yönteme yaygın olarak ulaşılamamaktadır (23). İndirek kalorimetri güvenli, non-invaziv, hassas ve neredeyse komplikasyonsuzdur. Enerji harcamalarının belirlenmesi için bir referans yöntemdir. İndirekt kalorimetri genellikle yoğun bakım ünitelerinde kısa süreli (30 dk) ve 24 saatlik tahminler yapmak için kullanılmaktadır (31,32).

Solunumsal Oran (RQ)

Temel besin maddelerinin oksidasyonları sonucu sağladıkları enerjiye, kalorik değerleri adı verilir. Kalorik değerler yaklaşık olarak, karbonhidratlar ve proteinlerde 4, yağlarda ise 9 kcal/g'dir. Nutriyentlerin metabolize olmaları sırasında O₂ kullanılırken, son ürün olarak CO₂ oluşur. Üretilen CO₂'in , kullanılan O₂'e oranına Solunum Katsayısı=*Respiratory Quotient*(RQ) denir. Karbonhidrat, protein ve yağların RQ'ları sırası ile, 1.0, 0.82 ve 0.7' dir. Miks beslenmede RQ yaklaşık 0.8 kabul edilir. Daha yüksek değerlerde karbonhidrat oksidasyonunun, daha düşük değerlerde ise yağ oksidasyonunun ağırlık kazandığı bilinmektedir. Proteinden sağlanan enerji payının saptanabilmesi için RQ değeri, idrar azot tayinleri ile birlikte değerlendirilmelidir (33).

Ekipman ve Teknik

İndirekt kalorimetri cihazları VO₂'yi ölçme yöntemlerine göre sınıflanırlar. Açık-devre indirekt kalorimetrlere VO₂'yi inspire ve ekspire edilen gaz konsantrasyonları arasındaki farkı ve dakika ventilasyonunu ölçerek belirlerler. Kapalı-devre kalorimetrlere, VO₂'yi bir oksijen rezervuarı içerisindeki oksijenin, zaman içerisindeki hacimsel değişimini ölçerek hesaplarlar (34).

1)Kapalı Devre Metodu:

Kapalı devre tekniğinde kişi saf O₂ ya da O₂-hava karışımı olabilen kapalı bir gaz devresinden nefes alır. Ekspiratuvar gazlardan CO₂ ve su ayrılır. Sonraki inspirasyonlar için aynı gaz kullanılır. Kapalı devre metodunda, devreye yerleştirilen CO₂ absorber ile O₂ doldurur. Spirometreden O₂ ' in kaybolma oranı VO₂ ' ne

eşittir. CO₂ inspiratuvar ve ekspiratuvar konsantrasyonları analiz edilerek VCO₂ hesaplanır (5).

2)Açık Devre Sistemler

Açık devre İC sistemlerinin temel bileşenleri; bir O₂ sensörü, bir CO₂ sensörü ve bir akış ölçerdir. Hesaplamaların daha doğru yapılabilmesi için genellikle ısı ve basınçlarda ölçülmektedir. Bu sistemlerde 3 temel yöntem kullanılır (34).

Karıştırıcı Bölme Metodu:

Bu en iyi metodudur ve altın standart olarak kabul edilir. Karıştırıcı, otomatik bir doglas kutusudur ve ekspire edilen gazları belirli aralıklarla karıştırıp örnekler alır. Ekspire edilen gaz bir ağız parçasından veya ventilatörün ekspiryum portundan bu kutuya gelir. Burada flow, gazların karışımına izin vermek için durur. Karışımından alınan örnekten gaz konsantrasyonu belirlenir ve örnek kutuya döner. İnspire edilen gaz konsantrasyonları ağız parçası veya ventilatörün inspiyum kısmından alınır. İnspire edilen volümler matematiksel olarak hesaplanır. Bilgisayar ile ekspiryum ve inspiyum konsantrasyonu karşılaştırılır ve volümle çarpılarak üretim veya tüketim hesaplanır. Sonuçlar belli bir zaman içinde karışmış gazların değerlerini yansıtır (35).

Soluktan–Soluğa Metodu:

Bu metod karıştırıcı bölme metoduna benzer ancak her soluk analiz edilir. Her inspiyum ve ekspiryum ile elde edilen gaz örnekleri her soluğun flowu ile eşlenerek VO₂, VO₂ ve enerji tüketimi ölçümü yapılır. Belirli aralıklarla yapılan bu ölçümlerin ortalamaları alınır. Bunların ölçüm değerleri VO₂, VCO₂ için ml/dk, enerji tüketimi için kcal/gün'dür (35).

Dilüsyon Metodu:

Hem entübe hem de entübe olmayan hastalarda kullanılabilen tek tekniktir. Belli bir O₂ ve CO₂ konsantrasyonu için belli bir akım bir yüz maskesinden geçer. Ekshale edilen gaz konsantrasyonu bilinen flow içinde seyreltilir; buradan alınan dilüe gaz örnekleri analiz edilir ve ölçülen volümün akım hızı ile çarpılır. Oksijen

tüketimi ve CO₂ üretimi sistemin giriş ve çıkışındaki gaz konsantrasyonlarının kıyaslanması ile hesaplanır (35).

Metabolik Ölçümler Aşağıdaki Durumlarda Endike Olabilir:

a. Prediktif denklemlerle yapılan hesaplamaların yanıltıcı sonuç verme ihtimalinin yüksek olduğu durumlar;

- Nörolojik travma, paraliziler
- KOAH
- Akut Pankreatitler
- Rezidüel tümör yükü olan kanserler
- Amputasyonlar
- Ağırlığı ve boyu doğru olarak saptanamayan hastalar
- Tahmin edilen nütrisyonel ihtiyaçlara istenen cevap alınamayan hastalar
- Uzun süreli akut bakıma ihtiyaç duyulan hastalar
- Ciddi sepsis
- Aşırı obez hastalar
- Aşırı hipometabolik ya da hipermetabolik hastalar

b. Mekanik ventilasyondan ayırmada günlük çekilen hastalarda ventilasyon içeriğinin ve solunumun oluşturduğu O₂ maliyetinin ölçülmesi

c. Hastaların hemodinamik desteğinin yönetilmesi için VO₂'nin değerlendirilmesi

d. Fick yöntemiyle kardiyak outputun ölçümü

e. Ventilatör ihtiyacının artma sebeplerinin belirlenmesi (36).

İndirekt kalorimetri ile metabolik ölçümler yapmak güvenli, invaziv olmayan bir yöntemdir. Bazı durumlarda şu komplikasyonlar görülebilir.

- Kapalı devre kalorimetreler, solunum devresinin sıkıştırılabilir hacmini arttırdıklarından alveoler ventilasyonda azalmaya sebep olabilirler.
- Kapalı devre kalorimetreler tetikleme hassasiyetini azaltarak hastanın solunum iş yükünü arttırabilirler.

- İndirekt kalorimetrimin bağlanması için kısa süreli ventilatörden ayrılma dönemleri hipoksemi, bradikardi ve hastanın konforunun bozulmasına yol açabilir.
- Kalibrasyonun ya da sistem ayarlarının yanlış olması hatalı ölçümlere yol açarak hasta yönetimini yanlış yönlendirebilir.
- İzolasyon valfleri solunum devresinin direncini arttırarak solunum işini arttırabilir ve/veya hiperinflasyona sebep olabilir.
- Ventilatör devresine yapılan müdahaleler kaçaklara yol açarak alveoler ventilasyonu azaltabilir (36).

Bazı durumlarda İET ve RQ ölçümleri doğru olmayabilir, doğru ölçüm yapılabilmesi için sistemin sınırlılıklarına dikkat edilmelidir. Bu durumlar;

- Hastadan ya da devreden kaynaklanan gaz kaçakları sebebiyle ekspire edilen gazların tam toplanamaması (Ventilatör devresi kaçakları, trakeal tüp kafi etrafından ve kafsız tüplerden kaçaklar, göğüs tüpleri ya da bronkoplevral fistülden kaçaklar).
- Diyaliz sırasında CO₂'nin diyaliz membranından ya da peritondan difüze olup İC tarafından ölçülememesi.
- FiO₂ de, gaz basınçlarında ya da ventilatör/karıştırma odası ayarlarında tek bir soluk içinde ya da soluklar arasında değişim ve instabilite.
- FiO₂ nin > %60 olması.
- Akış tetikleme sistemleri nedeniyle çift yönlü sürekli akım, aralıklı zorunlu ventilasyon sistemleri ya da ventilatör karakteristikleri nedeniyle, inspire ve ekspire edilen gazların ayrılamaması.
- Sensor arızasına sebep olan su buharı varlığı.
- Kalibrasyonun uygun olmaması.
- İndirekt kalorimetrimin sisteme uyum sağlayamayacak ventilatörle bağlanması.
- İndirekt kalorimetrimin iç gaz akışından yüksek olan toplam solunum devresi akımının, dilüsyonel prensibi bozması.
- Kalorimetre içindeki kaçaklar.

- Ölçüm süresinin yeterli olmaması.

Yukarıda değinilen konulara ek olarak test kalitesi sıkça değerlendirilmeli, işlem süresince uygun koşulların sağlandığı izlenmelidir (36).

Enerji Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Formüller

İndirekt kalorimetri cihazına ulaşım kısıtlılığı nedeniyle klinisyenler hastaların enerji tüketimlerini belirlemede bir takım formüllerden faydalanırlar (23). J. Arthur Harris ve Francis G. Benedict 1919'da 136 sağlıklı erkek ve 103 sağlıklı kadının 12 saatlik açlıktan sonra, bazal metabolizma hızlarını ölçmüşler ve verilerini regresyon analizi kullanarak değerlendirmişlerdir. Sonuçta her iki cinsiyet için vücut ağırlığı, yaş ve boyu içeren bağımlı değişkenlere dayalı ilk ve bugün de en yaygın olarak kullanılan eşitlikleri oluşturmuşlardır (37).

Bu tarihten sonra literatürde 40 farklı araştırmacının, 138 formülü yayınlanmıştır (38). Prediktif denklemler tipik olarak sağlıklı insanlarda dinlenme metabolizması sırasında elde edilip stres ya da hasarlanma faktörleri eklenmiş ya da sağlıklı kişilerin dinlenme metabolizmasını içeren bir regresyon analizinden türetilmişlerdir (39). Genel olarak, prediktif denklemlerle yapılan tahminlerin ölçülen değerlerle uyumu zayıftır. Hesaplanan değerlerin hata aralığı %7 ile %55 arasındadır. Kritik hastaların enerji ihtiyaçları aşırı şekilde değişkendir (40). Tablo 2'de pratikte görece olarak sık kullanılan formüller verilmiştir.

Enerji tüketiminin hesaplanmasında yaşanan en büyük sorun hastalığın patolojisi ve kliniğine göre ne oranda düzeltme yapılacağı konusudur. Çünkü değişik hastalık durumlarında enerji gereksiniminde ne kadar artış olacağı konusunda fikir birliği yoktur. Birçok faktör enerji tüketimini etkiler (Tablo 1) (7,41).

Tablo 1. Enerji Tüketimini etkileyen faktörler (ET: enerji tüketimi)

| ET'ni artıran sebepler | ET'ni azaltan sebepler |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Ateş | Hareket azlığı |
| Hastanın durumu | Sedasyon |
| Renal replasman Tedavisi | Anestezi |
| Cerrahi | Nöromusküler blok |
| Anormal kayıplar (fistül vs) | Hipotermi |
| Enfeksiyon | Açlık |
| Ağrı | İnotropik ajanlar |

Tablo 2. Enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılan formüller (27,32,37,58).

| İsim | Formül |
|------------------------|--|
| Haris-Benedict | Erkek: $66.5 + (13.8 \times \text{ağırlık}) + (5 \times \text{boy}) - (6.8 \times \text{yaş})$ Kadın: $655.1 + (9.6 \times \text{ağırlık}) + (1.9 \times \text{boy}) + (4.7 \times \text{yaş})$ Düzeltilme faktörleri*: • Postoperatif: Tahmini İET x 1.1 • Multiğl kırıklar: Tahmini İET x 1.1 – 1.3 • Şiddetli infeksiyon: Tahmini İET x 1.3 -1.6 • Yanık: Tahmini İET x 1.5 – 2.1 • Ateş: Tahmini İET x 1.1/ °C (37 °C üzerinde) |
| Penn State 2003 | $(0.85 \times \text{Harris-Benedict denkleminde gelen değer}) + (175 \times \text{Tmax}) + (33 \times \text{VE}) - 6433$ |
| Swinamer | $(945 \times \text{vücut yüzey alanı}) - (6.4 \times \text{yaş}) + (108 \times \text{ısı}) + (24.2 \times \text{solunum sayısı}) + (817 \times \text{tidal volum}) - 4349$ |
| Ireton-Jones | $1925 - 10(\text{yaş}) + 5(\text{ağırlık}) + 281(\text{cins}) + 292(\text{travma}) + 851(\text{yanık})$ |
| Schofield | Yaş(yıl)/ Erkek / Kadın 15-18 /17.6 x kg + 656 /13.3 x kg + 690 18-30 /15.0 x kg + 690/ 14.8 x kg + 485 30-60 /11.4 x kg + 870 /8.1 x kg + 842 60 üzeri 11.7 x kg + 585 /9.0 x kg + 656 Bazal metabolizma hızına eklenecekler 1. Stres faktörü Postoperatif %10 Sepsis (her 1°C artış için) %25-30 2. Aktivite faktörü Yatağa bağımlı, uyanık %10 Oturur %20 Mobilize %30 3. Nutrientlerin termogenetik etkisi %10 4. Ventilatör desteği %15 |

Yapılan araştırmalarda, hastalık durumunda genel olarak, nörotransmitter ve inflamatuvar mediyatörlerin serbestleşmesi, vücut ısısındaki artış, protein döngüsü gibi nedenlerle İET' ini artırdığı görülmüştür. Yoğun bakım hastalarının çoğunda enerji tüketimindeki artış % 20-50 arasında değişmektedir. Akut yaralanmalarda ilk 8-12 saat içinde metabolik hızda değişiklik saptanmamaktadır. Değişiklikler "Ebb Fazı" denilen fazdan "Flow Fazı" denilen ikinci safhaya geçişte ortaya çıkmaktadır. Metabolik değişiklikler travmanın ağırlığı ile paralellik göstermektedir. İstirahat

enerji tüketimindeki artışlar komplikasyonlar araya girmediğinde 7-10 gün sonra normale dönmektedir (42).

Kritik hastalar için enerji tüketimi; bazal enerji tüketimine aktivite, hastalık stresi ve termal faktörlerin eklenmesiyle hesaplanır ve bu faktörler Long faktörleri olarak bilinir (56). Long faktörleri Tablo 3' te özetlenmiştir

Tablo 3. Enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılan long faktörleri

| AKTİVİTE FAKTÖRÜ | | STRES FAKTÖRLERİ | |
|--------------------------------|-----|-------------------------|-----|
| Yatakta | 1,1 | Komplikasyonsuz hasta | 1,0 |
| Yatakta. Hareketli | 1,2 | Postoperatif dönem | 1,1 |
| Hareketli | 1,3 | Kırıklar | 1,2 |
| | | Sepsis | 1,3 |
| | | Peritonit | 1,4 |
| | | Multipl travma | 1,5 |
| | | Yanıklar %30-50 | 1,6 |
| | | Yanıklar %50-70 | 1,7 |
| | | Yanıklar %70-90 | 1,8 |
| <u>TERMAL FAKTÖRLER</u> | | | |
| 38°C | 1,1 | | |
| 39°C | 1,2 | | |
| 40°C | 1,3 | | |
| 41°C | 1,4 | | |

APACHE II (Akut Fizyolojik ve Kronik Sağlık Değerlendirme Skoru II)

Akut Fizyoloji ve Kronik Sağlık Değerlendirme sistemi 1985'te basitleştirilmiş ve böylece günümüzde en sık kullanılan skorlama sistemi, APACHE II oluşmuştur (tablo 4) (43). Hastanın kronik sağlık durumu, yaşı ve 12 fizyolojik verinin, hastanın hastaneye kabulünden sonraki ilk 24 saat içindeki en kötü değerlerinin puanlanması ile elde edilir. Toplam skor mortalite ile paralellik gösterir (44).

Yaygın kullanılmasına karşın bazı yetersizlikleri bulunmaktadır: yaşlı hastalar gereğinden yüksek puan alabilmekte, akut fizyoloji skorunun hemodinamik destek tedavisi için ilaç kullanımı ve mekanik ventilasyon için düzenlenmiş ölçümleri bulunmamaktadır (45).

Tablo 4. Akut Fizyolojik ve Kronik Sağlık Değerlendirme Skoru II (APACHE II)

| Vücut ısısı (°C) | | Solunum hızı | | Venöz HCO ₃ | | Serum K (mEq/L) | |
|---------------------------------------|---|--|---|------------------------|---|-----------------|--------|
| ≤29,9 | 4 | ≤5 | 4 | ≥52 | 4 | ≥7 | 4 |
| 30-31,9 | 3 | 6-9 | 2 | 41-51,9 | 3 | 6-6,9 | 3 |
| 32-33,9 | 2 | 10-11 | 1 | 32-40,9 | 1 | 5,5-5,9 | 1 |
| 34-35,9 | 1 | 12-24 | 0 | 22-31,9 | 0 | 3,5-5,4 | 0 |
| 36-38,4 | 0 | 25-34 | 1 | 18-21,9 | 2 | 3-3,4 | 1 |
| 38,5-38,9 | 1 | 35-49 | 3 | 15-17,9 | 3 | 2,5-2,9 | 2 |
| 39-40,9 | 3 | ≥50 | 4 | <15 | 4 | <2,5 | 4 |
| ≥41 | 4 | | | | | | |
| Hematokrit | | Yaş | | OKB | | Serum Cr (ABY-) | |
| <20 | 4 | ≤44 | 0 | ≤49 | 4 | mg.dL | |
| 20-29,9 | 2 | 45-54 | 2 | 50-69 | 2 | <0,6 | 2 |
| 30-45,9 | 0 | 55-64 | 3 | 70-109 | 0 | 0,6-1,4 | 0 |
| 46-49,9 | 1 | 65-74 | 5 | 110-129 | 2 | 1,5-1,9 | 2 |
| 50-59,9 | 2 | ≥75 | 6 | 130-159 | 3 | 2-3,4 | 3 |
| >60 | 4 | | | ≥160 | 4 | ≥3,5 | 4 |
| FiO ₂ <0,5PaO ₂ | | FiO ₂ ≥0,5 PaO ₂ | | Lökosit | | Serum Cr (ABY+) | |
| <200 | 0 | <55 | 4 | <1 | 4 | mg.dL | |
| 200-349 | 2 | 55-60 | 3 | 1-2,9 | 2 | <0,6 | 4 |
| 350-499 | 3 | 61-70 | 1 | 3-14,9 | 0 | 0,6-1,4 | 0 |
| ≥500 | 4 | >70 | 0 | 15-19,9 | 1 | 1,5-1,9 | 4 |
| | | | | 20-39,9 | 2 | 2-3,4 | 6 |
| | | | | ≥40 | 4 | ≥3,5 | 8 |
| Kalp hızı | | Serum Na | | PH | | GKS | |
| ≤39 | 4 | ≥180 | 4 | ≥7,7 | 4 | 15 | 0 9 6 |
| 40-54 | 3 | 160-179 | 3 | 7,6-7,69 | 3 | 14 | 1 8 7 |
| 55-69 | 2 | 155-159 | 2 | 7,50-7,59 | 1 | 13 | 2 7 8 |
| 70-109 | 0 | 150-154 | 1 | 7,33-7,49 | 0 | 12 | 3 6 9 |
| 110-139 | 2 | 130-149 | 0 | 7,25-7,32 | 2 | 11 | 4 5 10 |
| 140-179 | 3 | 120-129 | 2 | 7,15-7,24 | 3 | 10 | 5 4 11 |
| ≥180 | 4 | 111-119 | 3 | <7,15 | 4 | | 3 12 |
| | | ≤110 | 4 | | | | |

SAPS II (Basitleştirilmiş Akut Fizyolojik Skorlama II)

12 ülkede, 137 cerrahi ve medikal yoğun bakım ünitesinde yatan 13152 hastada yapılmış uluslararası bir çalışma sonucu elde edilen bir skorlama sistemidir. Yaş, yoğun bakıma kabul şekli (planlanmış cerrahi, planlanmamış cerrahi veya medikal), altta yatan üç hastalık değişkeni (edinilmiş immün yetmezlik, metastatik

karsinom veya hematolojik malignite) ile major sistemlere ait 12 fizyolojik verinin puanlanması ile elde edilir (Tablo 5). Toplam puan 0-163 arasında değişir. Primer tanının ne olduğuna bakılmaksızın ölüm riskini belirlemeye olanak sağlar. Puan arttıkça hastanın durumu ciddileşir (44).

Tablo 5. Basitleştirilmiş Akut Fizyolojik Skorum II (SAPS II)

| Geliş Şekli | | | Yaş | | Vücut Isısı | | |
|-----------------------------|-------|----------|------------------------|---------|-------------------------|-----------------|----|
| Cerrahi planlanmamış | 8 | | <40 | 0 | <39°C (<102.2°F) | | 0 |
| Medikal | 6 | | 40-59 | 7 | >=39°C (>=102.2°F) | | 3 |
| Cerrahi planlanmış | 0 | | 60-69 | 12 | | | |
| | | | 70-74 | 15 | | | |
| | | | 75-79 | 16 | | | |
| | | | >=80 | 18 | | | |
| Serum üresi veya BUN | | | | Sodyum | | Kronik hastalık | |
| Mmol/L | Mg/dL | Gr/L | | >=145 | 1 | Yok | 0 |
| <10 | <28 | <0.6 | 0 | 125-144 | 0 | Metastatik | 9 |
| 10-29,9 | 28-83 | 0.6-1.79 | 6 | <125 | 5 | karsinom | |
| >=30 | >=84 | >=1.80 | 1 | | | Hemotolojik | 10 |
| | | | | | | Malignensi | |
| | | | | | | AIDS | 17 |
| Sistolik Kan Basıncı (mmHg) | | | PaO2/FiO2(mmHg) | | BK(hücre /mm3) | | |
| <70 | | 13 | <100 | 11 | <1.000 | 12 | |
| 70-99 | | 5 | 100-199 | 9 | 1.000-19.000 | 0 | |
| 100-199 | | 0 | >=200 | 6 | >=20.000 | 3 | |
| >=200 | | 2 | | | | | |
| HCO (mEq/L) | | | GKS | | Kalp Hızı (atım/dakika) | | |
| <15 | | 6 | <6 | 26 | <40 | 11 | |
| 15-19 | | 3 | 6-8 | 13 | 40-69 | 2 | |
| >=20 | | 0 | 9-10 | 7 | 70-119 | 0 | |
| | | | 11-13 | 5 | 120-159 | 4 | |
| | | | 15 | 0 | >=160 | 7 | |
| İdrar çıkışı (L/24 saat) | | | Serum Potasyumu(mEq/L) | | Serum Biluribini | | |
| <0.5 | | 11 | 3 | 3 | (µmol/L) | mg/dl | |
| 0.0.99 | | 4 | 3-4.9 | 0 | <68.4 | <4 | |
| >=1 | | 0 | >=5 | 3 | 68.4-102.5 | 4-5.9 | |
| | | | | | >102.6 | >=6 | |

SUBJEKTİF GLOBAL DEĞERLENDİRME (SGD)

Malnütrisyon durumunun değerlendirilmesinde kullanılan, kolay uygulanan maliyeti düşük ve güvenilir bir yöntemdir. Hasta belli kriterlere göre değerlendirildikten sonra, değerlendiricinin subjektif bakış açısı ile malnütrisyonun düzeyi saptanır. Bilgilerin analizi ve bundan çıkan sonuçlar A, B, C olarak skorlanır. Eğer hasta iyi beslenmişse A, orta derecede malnutrisyon varsa B, ağır derecede malnutrisyon söz konusu ise C grubuna girer. SGD kullanım formatı Tablo 6'dadır (46).

Tablo 6. Subjektif Global Değerlendirme (SGD)

A:ANAMNEZ

1.Kilodaki Değişiklikler:
a.Son 6 aydaki kilo kaybı :.....kg
b.Son 2 haftadaki kilo değişikliği :azalmış, artmış, değişmemiş

2.Diyet alımındaki değişiklikler:
a.Değişmemiş
b.Değişmiş ise süresi ve besinin tipi

3.İki haftadan daha uzun süren GİS semptomları:
a.Yok
b.Var ise açlık, bulantı, kusma, diyare

4.Fonksiyonel kapasite:
a.Disfonksiyon yok
b.Disfonksiyon var ise süresi:hafta
c.Suboptimal olarak çalışabilir, gezinebilir, yatalak

5.Hastalık ve onunla ilgili beslenme gereksinimi:
a.Primer tanı
b.Metabolik talep: Yok, düşük, orta, yüksek

B:FİZİK MUAYENE: Aşağıdaki her muayene bulgusu için puanlama yapılmalıdır.Normal=0, Hafif=1, Orta=2, Ciddi=3 puanı verilmelidir

a.Triseps ve göğüs yağ dokusunun kaybı:
b.Kuadriseps, deltoid ve temporal kaslarının zayıflığı:
c.Ayak bileği ve sakral ödem:
d.Asit varlığı:
e.Besin eksikliğini gösteren deri ve dil lezyonları:

C:SGA ORANI HESAPLANARAK BİRİ SEÇİLMELİDİR:

a.A=İyi beslenmiş
b.B=Orta derecede malnütre
c.C=Ciddi derecede malnütre

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu prospektif çalışma, Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Ünitesinde nisan 2013-nisan 2014 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Lokal etik kurul izni alındıktan sonra yoğun bakıma kabul edilen mekanik ventilatör tedavisi alan 18 yaş üstü 100 hasta çalışmaya dahil edildi.

Hipertermi ($>38^{\circ}\text{C}$), hipotermi ($<35^{\circ}\text{C}$), İC ölçümü esnasında FiO_2 'nin %60'ın üzerinde ve $\text{PEEP} \geq 20$ cm H_2O ihtiyacı olan, ajitasyon, konvülsiyon, intoksikasyon, göğüs tüpü olan, solunum yolunun ya da devresinin herhangi bir yerinde hava kaçağı olan ve solunum oranı fizyolojik sınırlar (0,7- 1,2) dışında ölçülen, mekanik ventilatörle uyumlu olmayan, renal replasman tedavisi yapılmakta olan, hemodinamik olarak kararlı durumda olmayan, ampute ekstremitesi olan, kafa travması ($\text{GKS} < 8$), karaciğer yetmezliği tanısı olan hastalar bu çalışmaya dahil edilmedi.

Değerlendirme yapılmadan önce, hastanın yaşı, vücut kitle indeksi (VKİ), primer hastalığı kaydedildi. Genel durum değerlendirmesi ise APACHE II ve SAPS II ile nutrisyonel durum değerlendirmesi SGD ile yapıldı ve kaydedildi. Ölçüm süresince hastaların günlük tedavi ve bakımlarında herhangi bir değişiklik yapılmadı.

Beslenme hastanın kliniğine uygun olan yol (enteral veya parenteral) ve ürün ile yapıldı. Total parenteral nutrisyon (TPN) bir santral kateter veya periferik yol aracılığı ile hazır ticari ürünlerle yapılırken enteral nutrisyon (EN) için nazogastrik veya gastrostomi tüpü aracılığı ile verilen hazır ticari ürünler kullanıldı. Çalışma esnasında immun nutrisyon özelliği olan ürünler (balık yağı, glutamin, arjinin gibi) kullanılmadı. Hastanın kalori ihtiyacı İC ile hesaplandı, aynı zamanda ampirik formüllerle de hesaplamalar yapıldı ve kaydedildi. Çalışma 3 gün sürdü ve 3 gün boyunca ölçülen İC değerleri ve formüllerden (Harris Benedict, Schofield, İreton-Jones, Swinamer, Penn State 2003) hesaplanan günlük kalori değerleri kaydedildi.

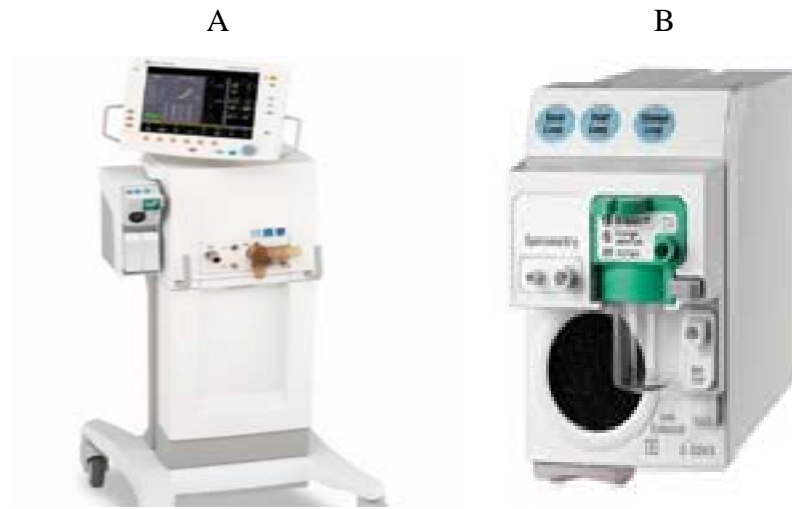
Çalışma süresince kullanılan beslenme ürünleri, beslenme ürününün türü, beslenme dengesi, beslenme kesilme durumu, kesilme nedenleri, hastanın ateşi kaydedildi.

İNDİREK KALORİMETRİ ÖLÇÜMÜ

İndirek Kalorimetri Protokolü;

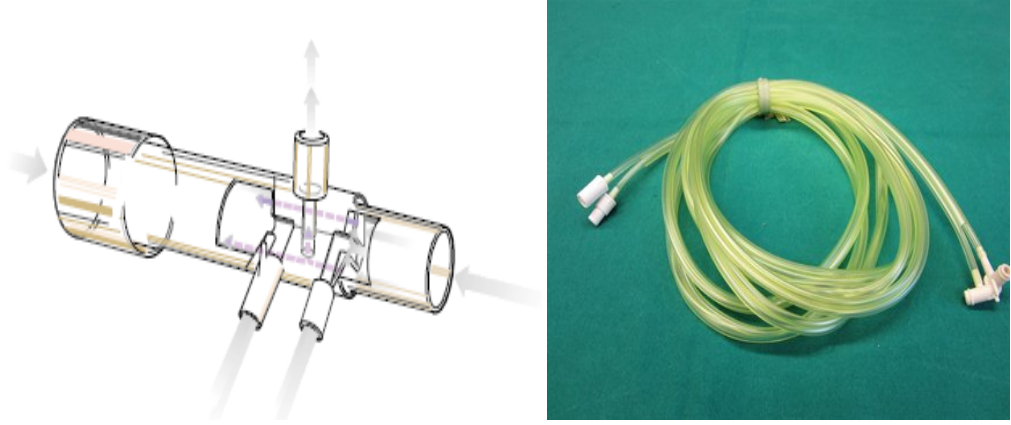
Ölçümlerin sabah saatlerinde yapılmasına, ölçümden 30 dk önce ve test uygulanırken 30 dk boyunca hareketsizlik ve stabilizasyon olmasına dikkat edildi. Anestezik ajan veya diyaliz uygulaması yapıldıysa en az 2 saat bekleme süresine, ilave ilaç kullanımı (vazopressör, inhaler steroid, bronkodilatör) uygulama yapılacağı zaman zarfında olmamasına, FiO₂'nin en az 0,6 veya daha az olmasına, hastanın hemodinamik durumunun stabil olmasına dikkat edildi.

Hastalar solunum yetmezliğinin nedenine uygun olarak stabil ve rahat oldukları asiste-kontrollü bir modda basınç veya volüm kontrollü olarak solutuldu. İndirekt kalorimetri ölçümleri İC protokülüne uygun olarak Datex Ohmeda M-CAiOVX modülü (Datex- Ohmeda, Finland) ile gerçekleştirildi (Şekil 2). Çalışmaya başlamadan önce yetkili teknik servise modülün akış ve gaz kalibrasyonları yaptırıldı. Ölçümlere başlanırken modülün örnekleme ve ölçüm aparatı D-lite (+) akış sensörü ve örnekleme hattı (Şekil 3) üreticinin önerilerine bağlı kalarak solunum devresine hastaya en yakın pozisyonda bağlandı (Şekil 4).

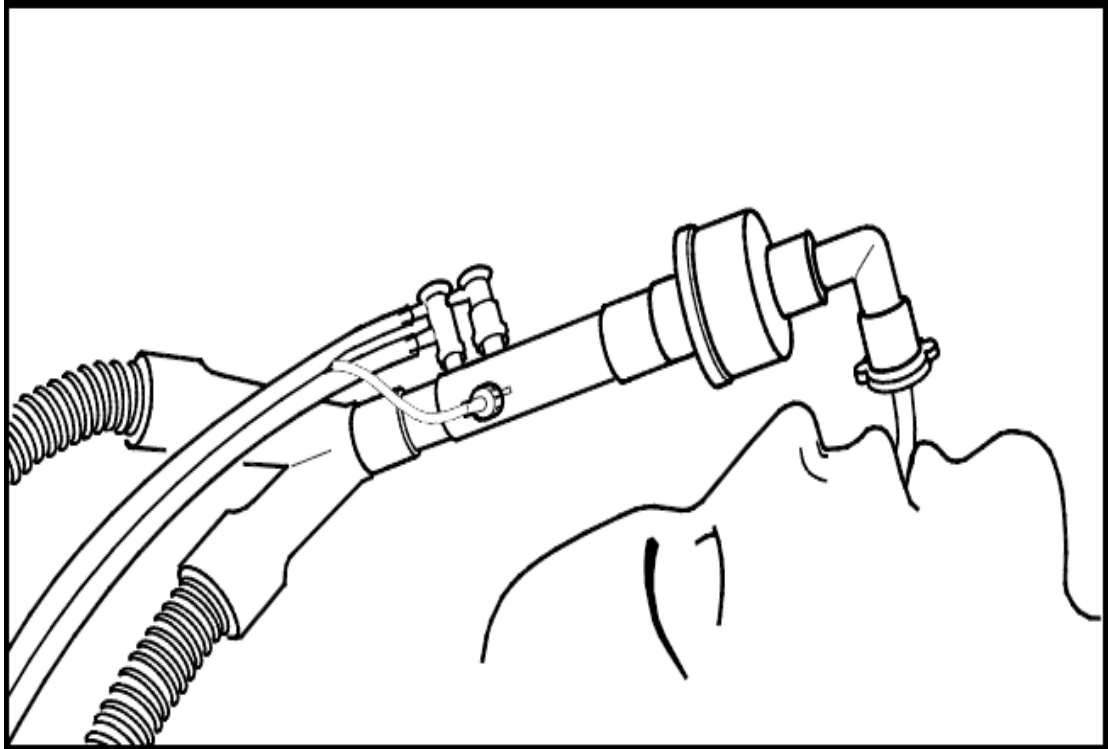


Şekil 2. A. Datex-Ohmeda monitöre entegre edilmiş M-CAiOVX modülü

B. M-CAiOVX modülü



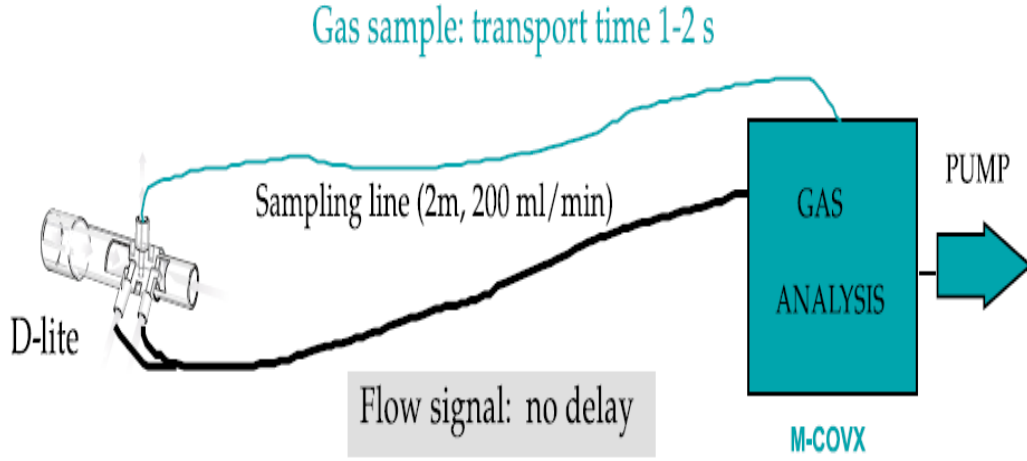
Şekil 3. D-parçası, flow sensor ve gaz örnekleme hatları



Şekil 4. D- parçası ve flow sensorun örnekleme hatları ile hastaya bağlanması

Akış sensörü üreticinin önerisi doğrultusunda 2 metrelik örnekleme hattıyla modüle bağlandı (Şekil 5). Monitöre gerekli parametreler girildikten sonra ölçümlere başlandı. 3 gün boyunca İC protokülüne göre sabah saatlerinde 30 dakikalık metabolik monitör ölçümleri alındı ve ölçümlerin ortalaması “trend” tusuna basılarak

görülüp kaydedildi. Ek olarak modül tarafından ölçülen tidal hacim ve dakika ventilasyonu prediktif denklemlerde kullanılmak üzere kaydedildi. Ölçüm ve kayıt süresince, dışlanma kriterlerinden herhangi biri oluşan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Ölçüm esnasında örnekleme tüpünde tıkanıklık oluşmasına ve aspirasyona izin verilmedi.

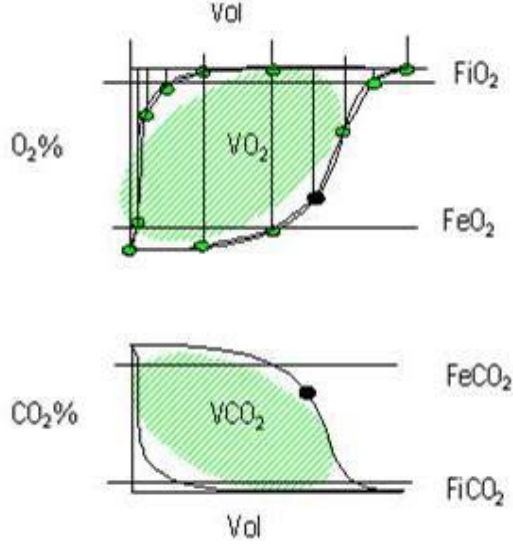


Şekil 5. D- parçası ve flow sensorun örnekleme hatları ile gaz analizi

Bu modül (M-CAiOVX) solunumsal gaz değişimi ölçümünü doğru olarak yapabilmek için, her soluk almada gerçekleşen akım ve hacimleri ve “side stream” gaz konsantrasyonlarını (CO_2 , O_2 , N_2O , anestezi gazları) algoritmik olarak bütünleştirmektedir. Akım ve volümler D-parçası ve akım sensörleri tarafından belirlenirken, CO_2 kızılötesi ışınla, O_2 ise hızlı bir paramanyetik sensör aracılığı ile ölçülür. Yapılan ölçüm; akım ve konsantrasyonun senkronize edilmesi ve gaz volümlerinin hesaplanması sebebiyle üç aşamalı bir tekniktir. VO_2 ve VCO_2 , başlangıçta inhale edilen gaz miktarlarından ekshale edilen gaz miktarlarının çıkartılmasıyla hesaplanır. Bu gaz miktarları her hacim parçasının (dV) kendisine karşılık gelen gaz konsantrasyonu ile çarpılması sonucu elde edilmiştir (Şekil 6).

$$VO_2 = \int FIO_2 dv - \int FEO_2 dv$$

$$VCO_2 = \int FICO_2 dv - \int FECO_2 dv$$



Şekil 6. Solunum devresindeki gazların Volüme göre konsantrasyon hesaplanması. Hacim, eğriler arasındaki alanın hesaplanması ile elde edilir.

Modül bu ölçümleri algoritmik olarak senkronize eder. Hacim ölçümü sonuçlarını garantilemek için Haldane transformasyonu uygular. Enerji tüketimi modifiye bir Haris- Benedict eşitliği ile hesaplanır.

$EE = (5.5 \times VCO_2) + (1.76 \times VO_2) + (1.99 \times \text{idrar nitrojeni})$ kcal/gün (üre nitrojen ekskresyonununun erişkinler için 13g/gün olduğu kabu edilir).

İndirekt kalorimetri ölçümü sırasında tahmin ettirici denklemlerden hesaplanan veriler hasta takip formuna kaydedildi. Hastaların boyları yatak boyuyla karşılaştırılıp ölçülerek kaydedildi. Hastaların ağırlıkları hasta kayıtlarından ve hasta yakınlarından öğrenildi. Soluk hacmi ve dakika hacmi verileri için monitor kayıtlarından ortalama olarak hesaplandı ve kaydedildi. Hastalar VKİ'lerine göre zayıf ($VKİ < 19,9$ kg/m²), normal kilolu ($VKİ 20-24,9$ kg/m²), fazla kilolu ($VKİ 25-29,9$ kg/m²) ve obez ($VKİ \geq 30$ kg/m²) olarak sınıflandırıldı. Prediktif denklemlerde kullanılmak üzere VKİ'leri normal olmayan hastaların, ideal vücut ağırlıkları (İVA) ve düzeltilmiş vücut ağırlıkları (DVA) hesaplandı. Long düzeltme faktörlerinin hesaplanması için kullanılacak veriler hasta takip formuna işlendi (51).

Hesaplamalar için;

Vücut kütle indeksi **VKİ = ağırlık (kg)/ (boy(m))²**

İdeal vücut ağırlığı **İVA = 22 x boy (m²)**

Kilolu ve obez hastalarda düzeltilmiş vücut ağırlığı: **DVA=İVA+(aktüelİVA-İVA)/2**

Zayıf hastalarda düzeltilmiş vücut ağırlığı: **DVA= (İVA + aktüel VA) /2**

Hastaların vücut yüzey alanları(Du Bois formülü): **VYA = (ağırlık 0.425 x boy 0.725) x 0.007184** formülleri kullanıldı (51).

Tüm parametreler elde edildikten sonra, Harris-Benedict, Schofield, Ireton-Jones, Swinamer, Penn State eşitlikleri ile enerji tüketimi hesaplandı. Harris-Benedict ve Schofield eşitliklerinden elde edilen hesaplanan enerji tüketim (HET) değerleri, her hasta için kliniğine uygun olan düzeltme faktörü ve Long faktörlerinin eklenmesi ile hesaplandı. Swinamer eşitliği dışındaki formüllerde kilolu ve obez hastalarla, zayıf hastalar için düzeltilmiş vücut ağırlıkları kullanıldı. Swinamer Eşitliği'nde vücut yüzey alanı (VYA), gerçek kilolarla hesaplandı.

Verilerin İstatistiksel Analizi

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için SPSS (Statistical PackageforSocialSciences) for Windows 21.0 programı ve MedCalc12.7.0.0 programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotları (Frekans, Yüzde, Ortalama, Standart sapma) kullanıldı. Yöntem içi uyumu incelemek için Pearson Korelasyon katsayısı hesaplandı. Uyumun Ölçümünde; yöntemler arası karşılaştırmada Bland-Altman grafiği çizilerek değerlendirildi. Yöntemlerarası karşılaştırmada yöntemlerden elde edilen değerlerin ortalamalarına karşı farklarının saçılım grafiği çizilerek, farklara karşı ortalamaların grafiği ölçüm hataları ile gerçek değerler (gerçek değerler elde edilemediğinden onun en iyi kestiricisi olan ortalamalar) arasında olabilecek ilişki irdelendi. Sonuçlar % 95 güven aralığında, anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirildi.

BULGULAR

Çalışmaya 114 hasta dahil edildi. 3 hastaya göğüs tüpü takıldığı (hava kaçağı), 5 hasta exitus, 2 hastada yüksek fiO_2 ihtiyacı geliştiği için ve 4 hasta RQ oranının fizyolojik sınırlar dışında olması (<0.7 ya da > 1.3) nedeniyle çalışma dışı bırakıldı. Çalışma 100 hasta ile gerçekleştirildi.

Tablo 7A. Hastaların demografik özellikleri ve klinik değişkenleri

| | n | Mean | Sd | Min. | Mak. |
|-------------------------------|----------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| Yaş | 100 | 66,100 | 14,983 | 20 | 89 |
| VKİ (kg/m²) | 100 | 24,906 | 4,457 | 16,6 | 40,6 |
| APACHE2 | 100 | 23,420 | 8,475 | 6 | 40 |
| SAPS2 | 100 | 42,230 | 10,620 | 18 | 70 |
| İC (kcal/gün) | 100 | 1 828,580 | 436,272 | 908 | 3711 |
| HB (kcal/gün) | 100 | 1 716,970 | 404,188 | 1090 | 3393 |
| SCH (kcal/gün) | 100 | 1 692,250 | 340,441 | 1167 | 2758 |
| İJ (kcal/gün) | 100 | 1 577,610 | 262,899 | 1053 | 2510 |
| SW (kcal/gün) | 100 | 1 792,040 | 346,360 | 955 | 3280 |
| PS (kcal/gün) | 100 | 1 842,700 | 409,433 | 1075 | 3400 |
| Beslenme Balans(%) | 100 | 90,420 | 18,447 | 20 | 100 |

VKİ: vücut kitle indeksi, APACHE II: akut fizyolojik ve kronik sağlık değerlendirme II, SAPSII: basitleştirilmiş akut fizyolojik skorlama II, İC: indirek kalorimetri, HB: Harris benedict, SCH: Schofield, İJ: İretton –Jones, SW: Swinamer, PS: Penn-State, Min: minimum değer, Mak: maksimum değer, sd: standart sapma, Mean: ortalama

Olguların yaş ortalaması ($66,100 \pm 14,983$); VKİ ortalaması ($24,906 \pm 4,457$); APACHE II skor ortalaması ($23,420 \pm 8,475$); SAPS II skor ortalaması ($42,230 \pm 10,620$); İC ortalaması ($1828,580 \pm 436,272$); HB ortalaması ($1716,970 \pm 404,188$); SCH ortalaması ($1692,250 \pm 340,441$); İJ ortalaması ($1577,610 \pm 262,899$); SW ortalaması ($1792,040 \pm 346,360$); PS ortalaması ($1842,700 \pm 409,433$) idi. Hastaların demografik özellikleri ve kaydedilen klinik değişkenler dağılımları tablo 7A’da özetlenmiştir.

Tablo 7B. Hastaların demografik özelliklerinin ve klinik değişkenlerin dağılımları

| | | Frekans(n) | Yüzde (%) |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| Cinsiyet | Kadın | 42 | 42,0 |
| | Erkek | 58 | 58,0 |
| | Toplam | 100 | 100,0 |
| VKİ (kg/m²) | Zayıf | 12 | 12,0 |
| | Normal kilolu | 45 | 45,0 |
| | Fazla kilolu | 30 | 30,0 |
| | Obez | 13 | 13,0 |
| SGD | A | 60 | 60,0 |
| | B | 27 | 27,0 |
| | C | 13 | 13,0 |
| Beslenme Tipi | Enteral | 78 | 78,0 |
| | Parenteral | 10 | 10,0 |
| | Kombine | 12 | 12,0 |
| Beslenme Kesilme Nedeni | Bozuk Hemodinami | 1 | 3,8 |
| | Extubasyon | 5 | 19,2 |
| | İntolerans | 6 | 23,1 |
| | Ng erişimi yok | 9 | 34,6 |
| | İşlem | 2 | 7,7 |
| | Tetkik | 1 | 3,8 |
| | Trakeostomi açılması | 2 | 7,7 |

VKİ: beden kitle indeksi, SGD: subjektif global değerlendirme

Olguların 42'si (%42) kadın, 58'i (%58) erkekti. Olguların 12'si (%12) zayıf, 40'ı (%40) normal kilolu, 30'u (%30) fazla kilolu, 13'ü (%13) obez olarak dağılmaktaydı. Olgular SGD'lerine göre 60'ı (%60) A, 27'si (%27) B, 13'ü (%13) C olarak dağılmaktadır. (Tablo 7B)

Tablo 8. Hastaların primer tanıları

| | Frekans(n) | Yüzde (%) |
|--------------------|-------------------|------------------|
| Solunum yetmezliği | 28 | 28,0 |
| Malignite | 30 | 30,0 |
| Kardiyak | 19 | 19,0 |
| Nörolojik | 8 | 8,0 |
| Travma | 8 | 8,0 |
| Diğer | 7 | 7,0 |
| Toplam | 100 | 100,0 |

Olgular primer hastalık değişkenine göre 28'i (%28,0) solunum yetmezliği (KOA, pnömoni, ARDS), 30'u (%30,0) malignite, 19'u (%19,0) kardiyak (MI, kalp yetmezliği), 8'i (%8,0) nörolojik (SVH, status, ensefalit, menenjit), 8'i (%8,0) travma, 7'si (%7,0) diğer (sepsis, ileus, ateşli silah yaralanması, akut batin postop) olarak dağılmaktadır.(Tablo 8)

Tablo 9. İndirek kalorimetri ve denklemlerin korelasyon analizi

| | | İC | HB | SCH | İJ | SW | PS |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| İC | r | 1,00 | 0,852 | 0,773 | 0,735 | 0,913 | 0,897 |
| | p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| HB | r | 0,852 | 1,00 | 0,872 | 0,812 | 0,856 | 0,964 |
| | p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| SCH | r | 0,773 | 0,872 | 1,00 | 0,778 | 0,782 | 0,879 |
| | p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| İJ | r | 0,735 | 0,812 | 0,778 | 1,00 | 0,776 | 0,811 |
| | p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| SW | r | 0,913 | 0,856 | 0,782 | 0,776 | 1,00 | 0,898 |
| | p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| PS | r | 0,897 | 0,964 | 0,879 | 0,811 | 0,898 | 1,00 |
| | p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Denklemler ile İC arasındaki ve denklemlerin kendi arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonucunda, tüm denklemler İC ile ve kendi aralarında korele idi ve birbirleriyle iyi uyum göstermekteydi. ($p < 0.05$) İC ile denklemler arasındaki korelasyon analizine göre SW denklemi ($r=0,913$) ve PS denklemi ($r=0,897$) İC ile en korele olan denklemler olarak bulunmuştur (Tablo 9).

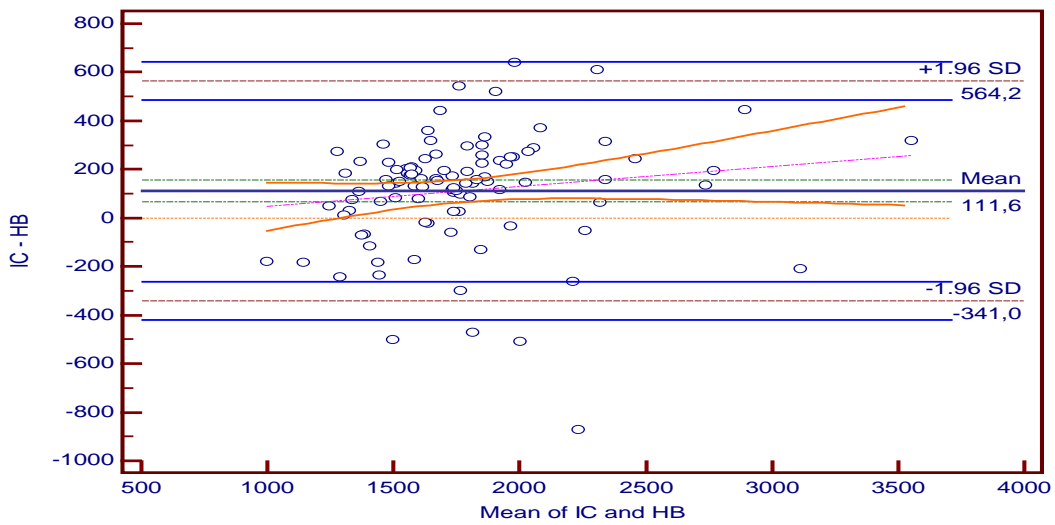
Ancak iki yöntem arasındaki korelasyonun iyi olması bu iki yöntemin uyumunun da iyi olduğu anlamına gelmez (52). İndirek kalorimetri ile diğer yöntemler arasındaki uyum Blandt-Altman yöntemi ile analiz edildi. Hesaplanan

değerlerin çoğunda %95'lik güven aralıkları çok geniş bulundu. Bu sonuç prediktif denklemlerle hesaplanan değerlerin İC ile ölçülen değerlerden istatistiksel olarak, anlamlı şekilde farklı olduğunu ve bu denklemler kullanıldığında yetersiz ya da aşırı beslenme ihtimalinin yüksek olduğunu gösterir.

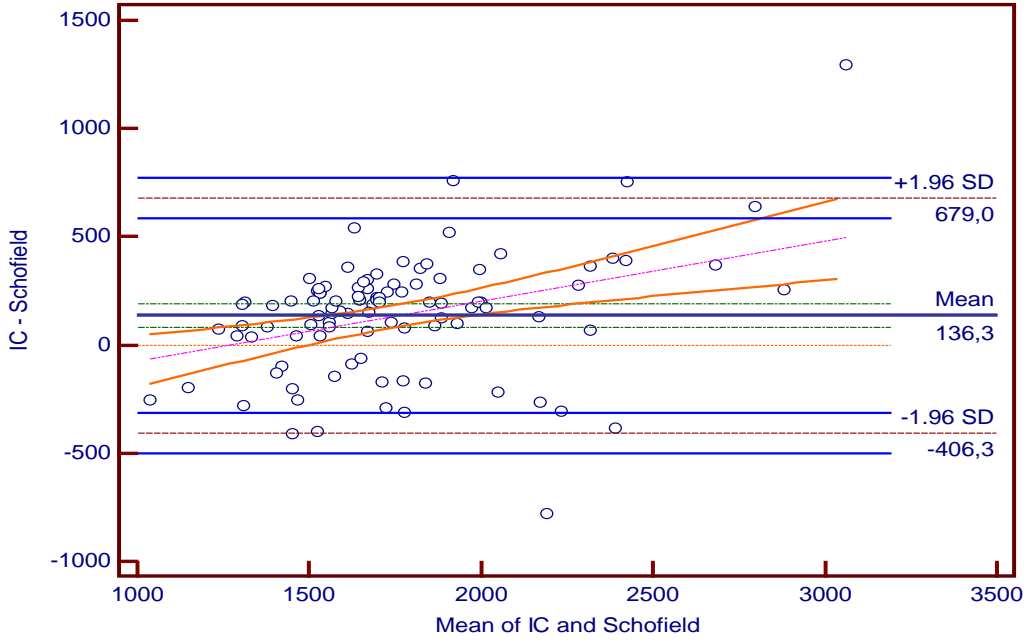
İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan, yani iyi uyum gösteren eşitlikler HB ve PS eşitlikleriydi. SCH, İJ ve SW eşitliklerinin iyi uyum göstermediği görüldü (Tablo 10, Grafik1-2-3-4-5).

Tablo 10. İndirek kalorimetri ile ölçülen ve eşitliklerle hesaplanan enerji tüketimleri arasındaki ortalama eğilim ve alt ve üst uyum limitleri

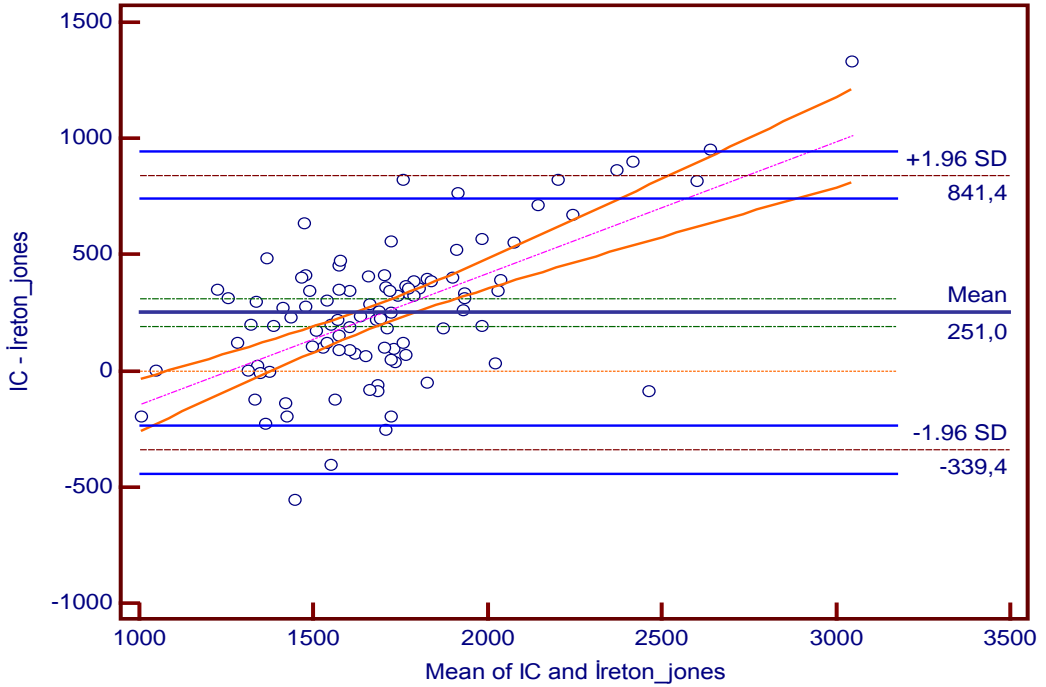
| | Ortalama sapma(BİAS) ± SE (%95 CI) | Alt uyum limiti (%95 CI) | Üst uyum limiti (%95 CI) | T | p |
|------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------|-------------------|
| HB | 111,61 (65,79-157,43) | 341,00 (-419,57- -262,43) | 564,2204 (485,65 - 642,79) | 1,4445 | 0,1518 |
| SCH | 136,33 (81,39- 191,27) | -406,33 (-500,53- -312,13) | 678,9875 (584,79 - 773,19) | 3,9090 | 0,0002 |
| İJ | 250,97 (191,20- 310,74) | -339,4205 (-441,91- -236,94) | 841,3605 (738,87 - 943,85) | 7,7209 | <0,0001 |
| PS | -14,12 (-52,58 - 24,34) | -394,0706 (-460,02- -328,12) | 365,8306 (299,88 - 431,79) | 1,4217 | 0,1583 |
| SW | 36,54 (-0,23 - 73,31) | -326,7139 (-389,77- -263,66) | 399,7939 (336,74 - 462,85) | 5,6529 | <0,0001 |



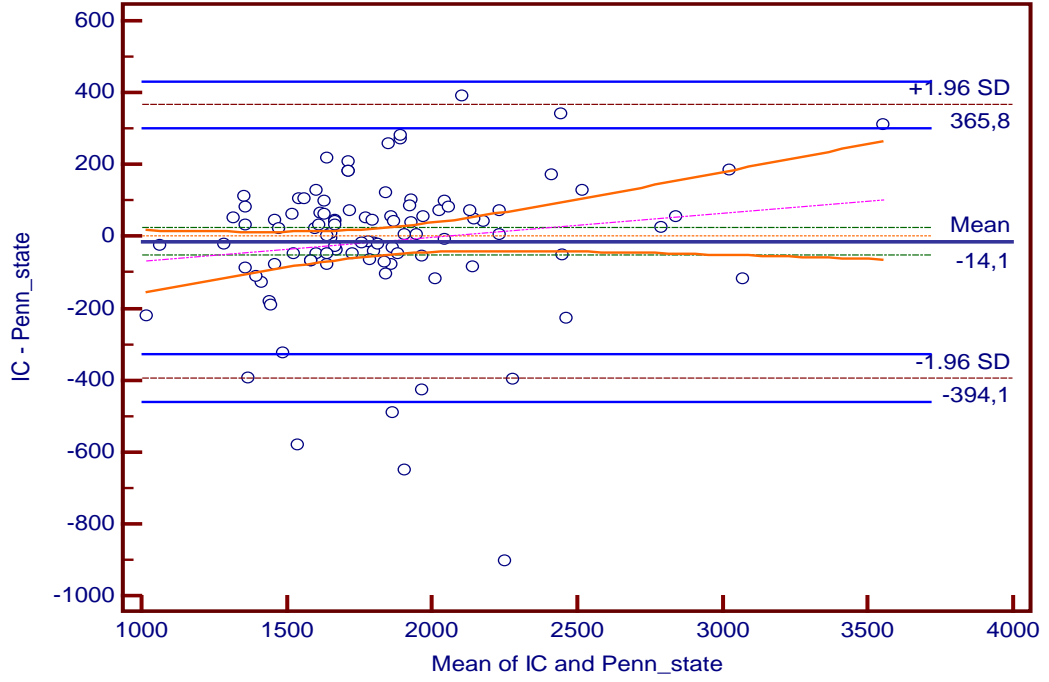
Grafik 1: İndirek kalorimetri ile HB eşitliği arasındaki uyumun Bland-Altman analizi ile değerlendirilmesi



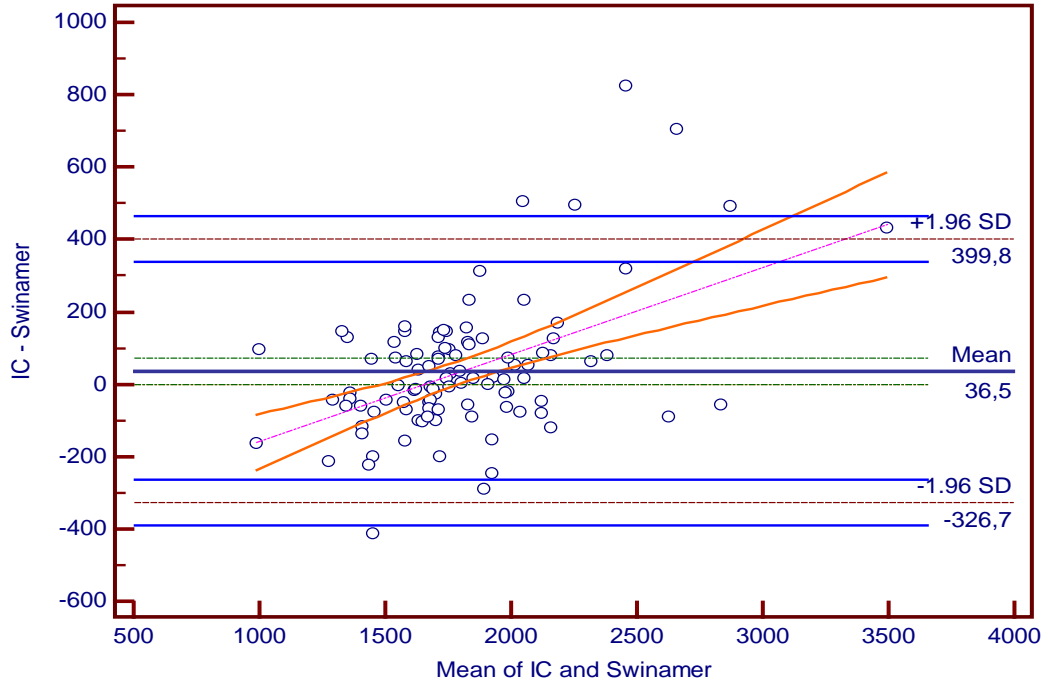
Grafik 2: İndirek kalorimetri ile SCH eşitliği arasındaki uyumun Bland-Altman analizi ile değerlendirilmesi



Grafik 3: İndirek kalorimetri ile İJ eşitliği arasındaki uyumun Bland-Altman analizi ile değerlendirilmesi.



Grafik 4: İndirek kalorimetri ile PS eşitliği arasındaki uyumun Bland-Altman analizi ile değerlendirilmesi.



Grafik 5: İndirek kalorimetri ile SW eşitliği arasındaki uyumun Bland-Altman analizi ile değerlendirilmesi.

İndirek kalorimetri ile ölçülen enerji tüketiminin %80'i ile %110'u arasındaki değerler yeterli hesaplanan enerji tüketimi olarak tanımlandığında ortaya çıkan oranlar tablo 13'tedir. Bu veriler incelendiğinde; SW denklemi (%36) dışındaki diğer tüm hesaplamaların yeterlilik oranının 50'yi geçtiği görüldü (Tablo 11).

Tablo 11. Hesaplanan enerji tüketimlerinin yeterlilik oranları

| | Ort±Ss | Yetersiz beslenme (<% 80) | | Yeterli beslenme (% 80- 110) | | Aşırı beslenme (> % 110) | |
|------------|------------------|---------------------------|----|------------------------------|----|--------------------------|----|
| | | n | % | N | % | N | % |
| İC | 1828,580±436,272 | | | | | | |
| HB | 1716,970±404,188 | 5 | 5 | 83 | 83 | 12 | 12 |
| SCH | 1692,250±340,441 | 2 | 2 | 86 | 86 | 12 | 12 |
| İJ | 1577,610±262,899 | 10 | 10 | 78 | 78 | 12 | 12 |
| SW | 1792,040±346,360 | 0 | 0 | 36 | 36 | 64 | 64 |
| PS | 1842,700±409,433 | 0 | 0 | 83 | 83 | 17 | 17 |

Farklı Hastalık Tanılarına Göre İncelendiğinde

Tanı bazında İC ile diğer denklemler arasındaki korelasyon analizi (Tablo 12) ve tanı bazında uyumluluk Blandt-Altman yöntemi ile analiz edildi (Tablo 13)

Tablo 12. Tanı bazında korelasyon analizi

| İC | Solunum | | Malignite | | Kardiyak | | Nörolojik | | Travma | | Diğer | |
|------------|---------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|-----------|--------------|--------|--------------|-------|--------------|
| | r | P | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p |
| HB | 0,426 | 0,024 | 0,641 | 0,000 | 0,865 | 0,000 | 0,912 | 0,002 | 0,948 | 0,000 | 0,805 | 0,029 |
| SCH | 0,515 | 0,005 | 0,676 | 0,000 | 0,812 | 0,000 | 0,610 | 0,108 | 0,851 | 0,007 | 0,721 | 0,068 |
| İJ | 0,260 | 0,181 | 0,669 | 0,000 | 0,704 | 0,001 | 0,790 | 0,020 | 0,940 | 0,001 | 0,631 | 0,129 |
| SW | 0,848 | 0,000 | 0,834 | 0,000 | 0,972 | 0,000 | 0,881 | 0,004 | 0,849 | 0,008 | 0,952 | 0,001 |
| PS | 0,570 | 0,002 | 0,740 | 0,000 | 0,907 | 0,000 | 0,978 | 0,000 | 0,981 | 0,000 | 0,930 | 0,002 |

Tablo 13. Tanı Bazında BlandAltman Sonuçları

| | | Ortalama sapma(BIAS) ± SE | Alt uyum limiti | Üst uyum limiti | T | p |
|------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------|---------------|
| | | (%95 CI) | (%95 CI) | (%95 CI) | | |
| Solunum Prognozu | HB | 161,32 (64,83 - 257,80) | -326,36 (-493,25 - -159,47) | 649,00 (482,12 - 815,89) | 0,6391 | 0,5283 |
| | Schofield | 90,71 (-12,84 - 194,27) | -432,75 (-611,88 - -253,62) | 614,17 (435,04 - 793,31) | -1,0496 | 0,3035 |
| | İretonjones | 255,60 (151,44 - 359,77) | -270,91 (-451,08 - -90,73) | 782,12 (601,95 - 962,30) | 1,2896 | 0,2085 |
| | Pennstate | 12,71 (-70,84 - 96,27) | -409,63 (-554,16 - -265,10) | 435,06 (290,53 - 579,59) | 0,7240 | 0,4755 |
| | Swinamer | 21,89 (-28,41 - 72,19) | -232,37 (-319,38 - -145,36) | 276,16 (189,15 - 363,17) | 1,2203 | 0,2333 |
| Malignite | HB | 84,53 (-21,14 - 190,21) | -470,19 (-652,84 - -287,54) | 639,26 (456,60 - 821,91) | 0,1567 | 0,8766 |
| | Schofield | 141,80 (40,59 - 243,00) | -389,42 (-564,34 - -214,51) | 673,02 (498,11 - 847,94) | 0,04370 | 0,9655 |
| | İretonjones | 257,10 (163,39 - 350,80) | -234,74 (-396,69 - -72,79) | 748,94 (586,99 - 910,89) | 3,1499 | 0,0039 |
| | Pennstate | -45,03 (-136,87 - 46,81) | -527,13 (-685,87 - -368,39) | 437,06 (278,32 - 595,80) | -0,1510 | 0,8811 |
| | Swinamer | 50,03 (-20,09 - 120,16) | -318,06 (-439,27 - -196,86) | 418,13 (296,93 - 539,34) | 2,5843 | 0,0153 |
| Kardiyak | HB | 82,26 (0,41 - 164,11) | -250,57 (-392,98 - -108,16) | 415,10 (272,68 - 557,51) | 1,6688 | 0,1135 |
| | Schofield | 81,78 (-14,23 - 177,81) | -308,70 (-475,78 - -141,61) | 472,27 (305,19 - 639,36) | 2,4154 | 0,0273 |
| | İretonjones | 194,42 (79,15 - 309,68) | -274,30 (-474,86 - -73,74) | 663,14 (462,58 - 863,70) | 2,1566 | 0,0457 |
| | Pennstate | -35,52 (-104,07 - 33,02) | -314,28 (-433,56 - -195,01) | 243,23 (123,95 - 362,51) | 1,3808 | 0,1852 |
| | Swinamer | -68,73 (-107,38 - -30,08) | -225,91 (-293,16 - -158,66) | 88,44 (21,18 - 155,69) | 1,0331 | 0,3160 |
| Nörolojik | HB | 115,25 (50,69 - 179,80) | -36,09 (-151,48 - 79,29) | 266,59 (151,20 - 381,98) | -1,4232 | 0,2045 |
| | Schofield | 87,37 (-32,48 - 207,23) | -193,63 (-407,88 - 20,62) | 368,38 (154,12 - 582,63) | -0,6337 | 0,5497 |
| | İretonjones | 90,62 (-67,81 - 249,06) | -280,82 (-564,03 - 2,38) | 462,07 (178,86 - 745,28) | -2,9109 | 0,0269 |
| | Pennstate | -0,75 (-45,21 - 43,71) | -105,00 (-184,49 - -25,51) | 103,50 (24,01 - 182,99) | -3,0374 | 0,0229 |
| | Swinamer | 9,50 (-71,65 - 90,65) | -180,76 (-325,82 - -35,69) | 199,76 (54,69 - 344,82) | -1,6554 | 0,1489 |
| Travma | HB | 186,62 (11,89 - 361,35) | -223,01 (-535,34 - 89,31) | 596,26 (283,93 - 908,59) | 0,02123 | 0,9837 |
| | Schofield | 539,62 (243,82 - 835,42) | -153,85 (-682,59 - 374,88) | 1233,10 (704,36 - 1761,84) | 1,6486 | 0,1503 |
| | İretonjones | 703,87 (347,96 - 1059,78) | -130,54 (-766,73 - 505,65) | 1538,29 (902,09 - 2174,48) | 8,0563 | 0,0002 |
| | Pennstate | 67,87 (-45,12 - 180,87) | -197,04 (-399,03 - 4,94) | 332,79 (130,80 - 534,78) | 1,3365 | 0,2298 |
| | Swinamer | 315,62 (26,72 - 604,52) | -361,69 (-878,11 - 154,72) | 992,94 (476,52 - 1509,36) | 1,1105 | 0,3093 |
| Diğer | HB | 18,57 (-152,30 - 189,44) | -343,55 (-651,16 - -35,93) | 380,69 (73,08 - 688,30) | 1,0554 | 0,3396 |
| | Schofield | 38,42 (-166,59 - 243,45) | -396,07 (-765,16 - -26,97) | 472,92 (103,83 - 842,02) | 2,0565 | 0,0949 |
| | İretonjones | 25,28 (-211,35 - 261,92) | -476,21 (-902,22 - -50,20) | 526,78 (100,77 - 952,79) | 0,2762 | 0,7935 |
| | Pennstate | -39,85 (-148,55 - 68,83) | -270,20 (-465,88 - -74,53) | 190,49 (-5,18 - 386,17) | -0,1029 | 0,9220 |
| | Swinamer | 35,00 (-53,18 - 123,18) | -151,88 (-310,64 - 6,86) | 221,88 (63,13 - 380,64) | 0,4880 | 0,6462 |

Solumun yetmezliği tanılı hastalarda

İndirek kalorimetri ile İJ eşitliği arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonucunda, puanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulunmamıştır. ($r=0,260$; $p=0,181>0,05$). Diğer denklemler ile İC arasında ise pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. ($p<0,05$). En korele denklem SW ($r=0,848$) bulunmuştur. Blandt-Altman yöntemi ile uyum bakıldığında tüm eşitlikler, istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan, yani İC ile iyi uyum gösteren eşitliklerdi. En uyumlu denklemler HB ve PS bulunmuştur.

Malignite tanılı hastalarda

Tüm denklemler ile İC arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. ($p<0,05$). En korele denklem SW ($r=0,834$), Blandt-Altman yöntemi ile uyum İJ ($p=0,0039$) ve SW ($p=0,0153$) dışındaki eşitlikler istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan, yani İC ile iyi uyum gösteren eşitliklerdi. En uyumlu denklemler SCH, PS ve HB idi.

Kardiyak hastalığı olanlarda

Tüm denklemler ile İC arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. ($p<0,05$). En korele denklem SW ($r=0,972$), Blandt-Altman yöntemi ile uyum SCH ($p=0,0273$) ve İJ ($p=0,0457$) dışındaki eşitlikler istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan, yani İC ile iyi uyum gösteren eşitliklerdi. En uyumlu denklemler SW ve PS bulunmuştur.

Nörolojik hastalığı olanlarda

İndirek kalorimetri ile SCH eşitliği arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonucunda, puanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulunmamıştır. ($r=0,610$; $p=0,108>0,05$). Diğer denklemler ile İC arasında ise pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. ($p<0,05$). En korele denklem PS ($r=0,978$) bulunmuştur. Blandt-Altman yöntemi ile uyum İJ ($p=0,0269$) ve PS($p=0,0229$) dışındaki eşitlikler istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan, yani IC ile iyi uyum gösteren eşitliklerdi. En uyumlu denklemler HB ve SCH bulunmuştur.

Travma tanılı hastalarda

Tüm denklemler ile İC arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. ($p < 0,05$). En korele denklem PS ($r=0,981$) bulunmuştur. Blandt-Altman yöntemi ile uyum İJ ($p=0,0002$) dışındaki eşitlikler istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmayan, yani İC ile iyi uyum gösteren eşitliklerdi. En uyumlu denklemler PS ve HB bulunmuştur.

Hastaların VKİ'lerine göre gruplara ayrılarak denklemler ile İC arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonucunda, tüm denklemler İC ile korele idi ($p < 0,05$). İndirek kalorimetri ile denklemler arasındaki korelasyon analizine göre fazla kilolu ve obez hastalarda PS ($r=0,817-0,778$) İC ile en korele olan denklem olarak bulunmuştur. Zayıf hastalarda HB, SW ve PS denklemlerinin iyi korele olduğu görülmüştür (Tablo14). Blandt-Altman analizine göre kilolu ve obez hastalarda PS denkleminin uyumunun iyi olduğu görülmüştür.

Tablo 14. Hastaların VKİ'lerine göre İC ile denklemlerin korelasyon analizi

| IC | Zayıf | | Normal kilolu | | Fazla kilolu | | Obez | |
|-----|-------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| | r | p | r | p | R | p | R | p |
| HB | 0,760 | 0,014 | 0,641 | 0,000 | 0,765 | 0,000 | 0,712 | 0,002 |
| SCH | 0,545 | 0,005 | 0,676 | 0,000 | 0,512 | 0,000 | 0,610 | 0,008 |
| İJ | 0,280 | 0,049 | 0,669 | 0,000 | 0,604 | 0,001 | 0,550 | 0,040 |
| SW | 0,740 | 0,001 | 0,764 | 0,000 | 0,782 | 0,000 | 0,741 | 0,004 |
| PS | 0,730 | 0,002 | 0,740 | 0,000 | 0,817 | 0,000 | 0,778 | 0,000 |

İndirek kalorimetri metoduyla ölçülen enerji tüketimi, hastalık şiddetinin göstergesi olarak düşündüğümüz APACHE II ve SAPS II skorları ile karşılaştırıldığında, her iki skora ile aralarında bir korelasyon bulunamadı ($p > 0,05$) (Tablo 15).

Tablo 15. İndirek kalorimetri ile hastalık ciddiyet skorları arasında korelasyon analizi

| | | APACHE 2 | SAPS 2 |
|------------|----------|-----------------|---------------|
| İC | r | -0,134 | -0,119 |
| | p | 0,184 | 0,237 |
| | N | 100 | 100 |
| HB | r | -0,037 | -0,081 |
| | p | 0,714 | 0,423 |
| | N | 100 | 100 |
| SCH | r | -0,046 | -0,065 |
| | p | 0,650 | 0,519 |
| | N | 100 | 100 |
| İJ | r | -0,062 | -0,167 |
| | p | 0,541 | 0,096 |
| | N | 100 | 100 |
| SW | r | -0,141 | -0,056 |
| | p | 0,163 | 0,583 |
| | N | 100 | 100 |
| PS | r | -0,057 | -0,082 |
| | p | 0,576 | 0,419 |
| | N | 100 | 100 |

TARTIŞMA

Kritik hastalarda optimal beslenme morbidite ve mortalitenin azaltılmasında yoğun bakım ünitesi tedavisinin önemli bir parçasıdır (48). En uygun kalori ihtiyacına karar vermek için gerçek enerji harcamasını bilmek önemlidir (23). Bunun için daha öncede belirttiğimiz gibi İC mekanik ventilasyon tedavisi alan hastaların enerji harcamasının değerlendirilmesi için altın standart olarak kabul edilmektedir (53).

Mekanik ventilasyon tedavisi alan hastalarda İC ölçümünde 3 sistem kullanılabilir. Deltatrac metabolik monitör (Datex-Ohmeda, Finland) sistemi son yıllarda İC için en yaygın kullanılan sistemdir. Diğer 2 yeni sistem Quark RMR (Cosmed, Rome, Italy) ve CCM Express (Medgraphics Corp, St Paul, Minneapolis, USA)' dir. Son zamanlarda bu 3 sistem sağlıklı spontan soluyan kişilerde ve ağızlık kullanılarak yapılan ölçümlerle karşılaştırılmış ve söz konusu bu sistemlerin iyi uyum gösterdiği vurgulanmıştır (49,50).

Sundström ve ark. (49) tarafından 2013 yılında yapılan 24 mekanik ventilasyon tedavisi alan hastanın katıldığı bir çalışmada üreticilerin önerileri doğrultusunda bu farklı 3 sistemi kullanarak hastaların istirahat enerji tüketimlerini ölçerek karşılaştırmışlar. Bu çalışmaya göre ortalama istirahat enerji ölçümlerinde Deltatrac (1749±389 kcal/24 h) ile Quark RMR (1788±494 kcal/24 h) arasında fark yoktu. Oysa CCM Express (2876±656 kcal/24 h) Deltatrac'den %64 daha yüksek ortalama istirahat enerji ölçümleri göstermiştir. CCM Express yine HB denklemine göre %77 daha yüksek değerler göstermiştir. Bu farklılığın olası nedenleri gaz analizi için farklı tekniklerin kullanılması, farklı sıcaklık ve nem, kullanılan nem filtreleriyle ilgili olası bir ölü alan hesap hatası olabilir. Bu fark arkasındaki mekanizmalar daha da araştırılması gerekmektedir. İndirek kalorimetri ile mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda enerji tüketimini tahmin etmek için farklı sistemleri karşılaştıran önceki çalışmalar Deltatrac üstünlüğü sonucuna varmışlardır. Sonuç olarak, mekanik ventilasyon gerektiren hastalarda gaz değişiminin kesin belirlenmesi karmaşık bir işlemdir ve en doğru İET' lerini ve RQ ölçen hangi sistem belirsizdir. En uygun beslenme tedavisinin hastalara sağladığı klinik önemi göz önüne alındığında, daha fazla araştırma ve açıklamalara ihtiyaç vardır.

Bizim çalışmamızda İC yöntemi ile 30'ar dakikalık 3 gün yapılan ölçüm sonucunda ortalama ÖET 1828±436 kcal/gün olarak bulundu. Dvir ve ark. (54) 50 kritik hastayla yaptıkları bir çalışmada ortalama ÖET 1512 kcal/gün olarak belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada 24 saat sürekli İC ölçümü yapılmış ve ortalama enerji tüketimi 2053 ± 445 kcal/ gün bulunmuştur (51). Ancak bu çalışmada her hastaya 5 gün boyunca ölçüm yapılmış ve tüm ölçümlerin ortalaması hesaplanmıştır. Bu çalışmada ortalama ÖET değeri kısa süreli veya aralıklı ölçüm yapılan çalışmalara göre de yüksektir. Ajitasyonun enerji tüketimini % 18 artırdığı ve bunun günlük enerji tüketiminde % 13 artışa sebep olduğu, rutin bakım işlemlerinin ise % 10-30 oranında bir artışla günlük enerji tüketimine % 7 oranında yansıdığı bildirilmiştir (53). Çalışmada ölçümler 24 saat boyunca aralıksız yapıldığından aspirasyon, solunum fizyoterapisi, pozisyon değiştirme, vücut bakımı gibi müdahalelerin yapıldığı, hastaların ajite oldukları dönemlerde de ölçümler devam etmiştir. Bu da, ortalama ÖET değerlerinin yüksek olmasının sebebi olabilir. Yapılan bir çok çalışmanın farklı popülasyonlarda olmasından dolayıda ÖET' leri arasında farklar olabilir. Bizim çalışmamızda ise 30 dakikalık istirahat sonrası 30 dakika ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sırasında ölçümü etkileyecek müdahaleye izin verilmediği için daha düşük ölçülmesinin muhtemel nedeni olabilir. Yoğun bakımda enerji tüketimi ile ilgili yayınlanan çalışmalarda ortalama ÖET değerleri çeşitlilik göstermektedir. Ancak bizim değerimiz literatürdeki diğer birçok çalışmayla uyumludur.

İndirekt kalorimetri aralıklı ya da sürekli olarak uygulanabilir. Enerji tüketiminin 24 saat boyunca sürekli ölçüldüğü çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Çalışmaların birçoğu 30 dakikalık ölçümlerle yapılmıştır. Klinik uygulamada her hastada İC cihazı ile 24 saat boyunca ölçüm yapılması uygulanabilir değildir, bu yüzden daha kısa süreli ölçümler yapılmaktadır. İndirekt kalorimetrinin uygulanması için hastada klinik olarak denge hali sağlanana kadar beklenmelidir. Kararlı durum asit baz dengesinin ve karbondioksit üretiminin kararlı hale gelmesi olarak ifade edilebilir. Literatürdeki çalışmaların çoğunda ölçümler 30 dakikalık süreyle yapılmış bu ölçümlerin 24 saatlik TET'ni yansıttığı kabul edilmiştir (32,55). Cihazın etkili kullanılması, işgücünü tüketmemesi ve fayda/maliyet oranının yüksek tutulabilmesi için ölçümlerin mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilmesi beklenir. Bizde

çalışmamızda daha uygulanabilir olduğu için 30'ar dakikalık ölçümler yaptık. Ölçülen değerlerimiz literatürle uyumlu idi.

Long ve ark. (56) hastalık stresi, aktivite ve vücut ısısına göre enerji tüketimini artışları hesaplayarak Long faktörleri olarak bilinen düzeltme çarpanlarını belirlemişlerdir. Biz bu çalışmada HB ve SCH eşitliklerine Long faktörlerine göre düzeltme uygulayarak İC metoduyla karşılaştırdık. Subramaniam ve ark. (57) mekanik ventilatör tedavisi alan şiddetleri değişen 60 sepsisli (Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (SIRS),sepsis ve ağır sepsis) hastada Weir denklemi kullanılarak ölçülen enerji tüketimi ile HB ve SCH denklemleriyle HET'lerini karşılaştırmışlar. Korelasyon ağır sepsisli ve APACHE 2 skoru 25 altında olan hastalarda daha iyi bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda HB ve SCH denklemlerinin klinik pratikte devam eden düzenli kullanım için yeterli geçerliliğe sahip olduğu söylenmiştir. Faisy ve ark.(47) tarafından yapılan bir başka çalışmada İC kullanılarak ÖET ile HB denklemleriyle HET karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada İC ile ölçülen değerlerin %25 HB eşitliğiyle hesaplanan değerlerden fazla çıktığı görülmüş ve long faktörlerinin eklenmesiyle bu farkın önemli düzeyde azaldığı ancak yine de mekanik ventilatör tedavisi alan hastalarda long faktörlerinin eklenmesiyle elde edilen değerlerin güvenilir olmadığı vurgulanmıştır. Bizimde long faktörlerinin eklenmesiyle elde ettiğimiz HET değerleriyle ÖET değerleri korelasyonu iyiydi. Long faktörlerinin eklenmesiyle uyumun arttığı çok sayıda çalışmada vurgulanmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalar genellikle az sayıda kritik hastalarda yapıldığından hastalık tanıları, hastaların yaşlı, genç, obez, zayıf gibi alt gruplara ayrılarak analiz edilememiştir. Frankenfield ve ark. (58). 202 yoğun bakım hastasıyla yaptıkları karşılaştırma çalışması literatürde karşılaştığımız en geniş kapsamlı araştırmalardan biriydi. Bu kapsamlı çalışmada PS, Faisy, Brandi, SW, İJ, Mifflin, Mifflin \times 1.25, HB, HB \times 1.25 denklemleriyle HET ile İC yöntemiyle ÖET değerlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmaya göre PS denklemi tüm alt gruplar genelinde tarafsız ve kesin olan tek denklem olmuştur. Travma hastalarında ($r=0,77$), cerrahi hastalarda ($r=0,66$), tıbbi hastalarda ($r=0,62$) oranında doğrudu. Ateşli hastalar ve Ateşi olmayan hastalarda doğruluk oranı ($r=0,67$) aynıydı. Bu çalışmaya göre İC kullanılmıyor ise PS denklemi kritik hastalarda metabolik hızı en doğru değerlendirmeyi sağladığı bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da tanılara göre

gruplarda İC ile denklemler arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizinde solunum yetmezliği ($r=0,84$), malignite ($r=0,83$) ve kardiyak hastalığı ($r=0,97$) olan gruplarda SW denklemi, Nörolojik ve travma grubunda ise PS denklemi ($r=0,98$) en korele denklemlerdi. Olgular primer hastalık değişkenine göre 28'i (%28,0) solunum yetmezliği (KOA, pnömoni, ARDS) 30'u (%30,0) malignite, 19'u (%19,0) kardiyak (MI, kalp yetmezliği), 8'i (%8,0) nörolojik (SVH, status, ensefalit, menenjit), 8'i (%8,0) travma, 7'si (%7,0) diğer olarak dağılmakta. Alt gruplarda Blant-altman analizine göre İC'ye göre uyumları karşılaştırıldığında solunum yetmezliği, malignite, ve travma alt gruplarında PS ve HB, İC ile iyi uyum gösterdi. Nörolojik alt grubunda PS denkleminin uyumu kötüydü, bu grupta en iyi uyum SCH ve HB denklemleriyle bulundu. Kardiyak grupta SW denkleminin uyumu iyi olduğu görüldü.

İndirek kalorimetri ile çalışmamızda kullandığımız denklemler arasındaki uyum Blandt-Altman yöntemi ile analiz edildi. Hesaplanan değerlerin çoğunda %95'lik güven aralıkları çok geniş uyum limiti aralıkları gösterdi. Yani, kullandığımız denklemlerin hepsi Bland-Altman Analizi ile değerlendirildiğinde İC metodu ile ölçülen gerçek enerji tüketimini tahmin ederken yetersiz kalmakta, bu denklemler kullanıldığında yetersiz ya da aşırı beslenme ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir ve mekanik ventilasyon uygulanan yoğun bakım hastalarında enerji tüketiminin belirlenmesinde çok da güvenilir görünmemektedir. Hesaplanan enerji tüketimleri, ÖET'ne yüzde olarak oranlandığında, % 80-110 arasında kalanların yeterli, < % 80 olanların düşük ve >%110 olanların yüksek tahmin olduğu kabul edilerek ölçülen ve hesaplanan enerji tüketimleri karşılaştırıldığında bizim çalışmamızda SW denklemi (%36) dışındaki diğer tüm hesaplamaların yeterlilik oranının 50'yi geçtiği görüldü. Swinamer denkleminde %64, PS denkleminde %17, diğer denklemlerde %12 oranında aşırı beslenme olabileceği görüldü ve yetersiz beslenme ise en yüksek oranda İJ denkleminde %10 olabileceği görüldü. Penn State ve SW denklemlerinde yetersiz beslenme olmadığı görüldü. Bizim çalışmamızda diğer çalışmalarda olduğu gibi bu denklemlerin kullanılması durumunda değişen oranlarda aşırı beslenme ve yetersiz beslenmeye neden olabileceğini gösterdi.

Mekanik ventilasyon tedavisi uygulanan hastalarla yapılan İC ölçümlerinde genellikle volüm kontrollü modlar kullanılmasına rağmen niçin bu modun en sık kullanıldığına dair bir açıklama yoktur. Fraciele ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada hacim kontrollü ve basınç kontrollü ventilasyon modları uygulanan hastaların İC üzerine etkileri araştırılmış. Hacim kontrollü ve basınç kontrollü ventilasyon modları uygulanırken İC ölçümleri arasında fark görülmemiştir. Mekanik ventilatör tedavisi alan hastaların İC ölçümlerinin mekanik ventilatör modlarından etkilenmediği görülmüştür (28). Bizde çalışmamızda hastanın kliniğine uygun olan hastaların en rahat oldukları mekanik ventilasyon modlarını kullanarak ölçümlerimizi yaptık. Hastayı ajitasyona sokan ve hastayı zorlayan mekanik ventilatör modlarından kaçınarak daha doğru ölçümler yapmayı hedefledik.

Flancbaum ve ark. (6) bazal enerji tüketimindeki kişiler arası farkın hastalık şiddetine bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Bazı çalışmalar İC metoduyla ölçülen enerji tüketimi ile hastalık şiddeti skorları arasında zayıf bir korelasyonun olduğunu göstermiştir (53,59). Brandi ve ark. (60), *Injury Severity Score (ISS)* , APACHE II, SAPS II, Revize Travma Skoru (RTS) ve Glasgow Koma Skalası (GKS) ile bazal enerji tüketimi ve İC ile ÖET arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında pozitif bir korelasyon gösterememişler ve çoklu travmada hasar ve hastalık şiddetinin enerji metabolizması ile ilişkili olmadığını; metabolik cevabın bir “ya hep ya hiç” fenomeni olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da APACHE II ve SAPS II skorları ile İC metoduyla ÖET arasında herhangi bir ilişki bulunamadı.

Xiao ve ark. (61) 57 yoğun bakım hastasında yaptıkları bir çalışmada İC’yle ÖET ile HB gerçek vücut ağırlığı (GVA) ve ideal vücut ağırlığı (İVA) ile HET hesaplayarak karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda denklemden elde edilen HET değerleri kullanıldığında yetersiz ya da aşırı beslenmeye neden olabileceği söylenmiş ve İC’ ye ulaşılamadığı takdirde zayıf hastalarda ($VKİ < 18.4 \text{ kg/m}^2$) İVA ile hesaplanan HB denklemini, normal kilolu hastalarda GVA kullanılarak hesaplanan HB denkleminin kullanılması önerilmiştir. MacDonald ve ark. (62) mekanik ventilatörde, enteral veya parenteral nutrisyon desteği alan, $VKİ < 25$ ve 25-30 olan iki farklı vücut ağırlığı kategorizasyondaki kritik düzeyde 76 hastada yaptıkları çalışmalarında, HB, Frankenfeld, SW, PS ve İJ denklemleri, İC değerleri ile karşılaştırmışlardır. Bu araştırmacılar DVA’ nı HB esitliğinde kullanarak sonucu

1,6 stres faktörü ile çarpılmışlardır. Çalışma sonucu İC değerleri ile karşılaştırıldığında \pm %20 hata payı ile tahmin etmiş, düşük vücut ağırlığına sahip bireylerde ise, Hamwi formülüne göre İVA hesaplanarak kullanılan HB eşitliği, enerji ihtiyacını tam tahmin etmesede, İC ölçümlerine yakın tahmin etmiştir. Özellikle vücut ağırlıkları İVA'dan farklı olan obez veya kaşektik hastalarda, yağ dokusunun hipokatabolik özellik göstermesi ve viseral organların enerji tüketimlerinin yağ ve kas dokudan fazla olması nedeniyle, normal ağırlığı olan hastalar için hazırlanmış formüllerle beslenme ihtiyacı hesaplandığında fazla ya da eksik beslenmenin komplikasyonları ortaya çıkabilir. Bu nedenle klinisyenler İVA ya da DVA'na göre beslenme protokolleri ile ilgili çalışmalara yönelmiştir (51,63,64). Literatürde çok sayıdaki çalışmada bu denklemlerde GVA, İVA ve DVA ile karşıtırmalar yapılmış ve çalışmalar genellikle zayıf ve kilolu hastalarda İVA veya DVA kullanılarak hesaplanan denklemlerde İC ile uyumun arttığı yönünde olmuştur. Bizde çalışmamızda zayıf ve kilolu hastalarda uyumu arttırmak için denklemlerimizde DVA ile hesaplamalar yaptık.

Maday (2) tarafından 2013 yılında yapılan kapsamlı bir çalışmada İJ, PS, SW, Brandi, Faisy, HB ve Mifflin-St.Jeor denklemlerinin obez ve obez olmayan hastalarda İC ölçümleriyle uyumları incelenmiş. Hastalar genç obez, genç obez olmayan, yaşlı obez ve yaşlı obez olmayan olarak gruplandırılmıştır. Bu çalışmaya göre tüm popülasyonda, genç obez ve yaşlı obez olmayan hastalarda Penn State 2003'ün yüksek doğruluğu bulunmuştur. Faisy denkleminin genç obezlerde ve Penn State 2010 denkleminin yaşlı obez hastalar içinde yüksek doğruluğu saptanmıştır. Sonuç olarak en doğru denklemler yaşlı obez hastalarda, obez ve obez olmayan erişkin hastalar için 2003 Penn State denklemi ve 2010 Penn State denklemi idi. Günümüzde obezite eğilimi göz önüne alındığında, obezite ve bu spesifik hasta popülasyonunda daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğuna vurgulanmıştır. Bizim çalışmamızda da hastaların %30'u fazla kilolu ve %13'ü obez olarak sınıflanmıştır. Çalışmamızda Faisy denklemi kullanılmamış olup birçok çalışmada doğruluğu daha iyi olduğu vurgulanan bu nedenle bizimde çalışmamızda kullandığımız Penn State 2003 denklemi bu hasta grubunda iyi uyum göstermiştir. Bizim çalışmamızla bu çalışmanın sonuçları benzerdi. Obezite günümüzde giderek artan bir halk sağlığı sorunudur. Obez kritik hastalarda; glukoz intoleransı, sıvı retansiyonu, ventilatör

bağımlılığı, hepatik steatoz ve bozulmuş yara iyileşmesi riski daha yüksektir. Metabolik olarak stres altındaki obez hastaların oksidasyon amacıyla yağı mobilize edip edemedikleri bilinmemektedir. Obez yoğun bakım hastalarının enerji tüketimlerinin %100 ünün karşılanıp karşılanmaması ya da bu hastaların hipokalorik beslenmeden fayda görüp görmeyecekleri konusu tartışmalıdır (65). Hipokalorik beslenmeyi savunanlar hastanın enerji tüketimini tam olarak karşılamamanın gerekli olmadığını çünkü yağın yakıt olarak okside edilebileceğini düşünürler, hipokalorik beslenme glukoz kontrolünü ve klinik sonuçları iyileştirmelidir. Hipokalorik beslenmeye karşı olanlar, metabolik olarak stres altındaki hastaların yağı okside edemediklerini söylerler (66,67). Walker ve ark. (27), obez hastalarda beslenmeye başlarken, böbrek fonksiyonları bozulmamışsa, yüksek proteinli hipokalorik nütrisyonun özellikle glukoz kontrolü konusunda faydalı olduğunu gözlemişlerdir. Hastaların gerçek enerji tüketimlerinin doğru olarak belirlenmesi bu hastaların yönetimini kolaylaştıracaktır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi denklemleri doğrulukları %60-70 civarlarında kaldığı ve hiçbir eşitliğin morbid obez ve aşırı zayıf kritik hastaların enerji ihtiyaçlarını belirlemede yeteri kadar başarılı olmadığı görülmektedir. Güncel olarak, obez yoğun bakım hastalarında enerji tüketimini tahmin etmek için önerilen tek bir yaklaşım yoktur. Özellikle bu gibi seçilmiş vakalarda nütrisyonun doğru yönlendirilmesi için İC' nin kullanılması gerekmektedir.

Bir çok çalışma yaş ortalaması 40 olan popülasyonlarda yapılmıştır ve bu sonuçlar, artan yaşlı popülasyonuna genellenemez. Yağ kütlesi artmış ve yağsız vücut kütlesi azalmış olan yaşlılarda, hastalığın ciddiyeti enerji tüketimini artırır. Daha öncede bahsettiğim Maday tarafından ve Frankenfield ve ark. tarafından son yıllarda yapılan 2 kapsamlı çalışmada 2003 Penn State denkleminin yaşlı obez ve yaşlı obez olmayan popülasyon için en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir (2,58). Bizim çalışmamızın yaş ortalaması 66,1 idi ve genel olarak yaşlı popülasyonu temsil etmekteydi. Çalışmamızda yaşlı popülasyonda PS ve HB doğruluk oranı yüksek bulunan en uyumlu denklemlerdi ve sonuçlarımız diğer çalışmalarla uyumlu oldu.

Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi hiçbir denklem tek başına bütün kritik hasta popülasyonunu kapsayacak şekilde geçerlilik gösterememektedir. Bu mevcut

prediktif denklemlerin birbirinden çok farklı hasta popülasyonlarından türetilmiş olmalarına ve kritik hastalık sürecinde enerji metabolizmasının büyük değişkenlikler göstermesine bağlanabilir. Bir denklemin referans popülasyonunun anlaşılması ve denklemin benzer hastalarda kullanılması benzer sonuçların alınmasını sağlayabilir. Prediktif denklemler klinisyenler için bir başlangıç noktası olarak alınmalıdır. Enerji tüketimini etkileyen ve daha önce tartışılan birçok faktör göz önüne alınarak nütrisyon uygulanmalıdır.

İndirekt kalorimetri, enerji ihtiyacını belirlemek için altın standart olarak kabul edilmiştir ancak halen birçok merkezde mevcut değildir. Bununda ötesinde İC yanılmaz bir yöntem değildir ve sonuçlar yorumlanırken dikkat gösterilmelidir. Hava kaçağı varlığı, inspire edilen O₂ konsantrasyonunun değişken olması ve yüksek ağrı seviyesi gibi durumlarda İC enerji tüketimini doğru yansıtmayabilir. Ek olarak diyaliz, anestezi sonrası dönem, uygun kalibre edilmemiş cihaz gibi gaz değişimini etkileyen faktörler de hatalı sonuçlara yol açabilir.

Mümkünse mekanik ventilasyon yapılan kritik hastaların tümünde İC kullanılmalıdır. Kaynaklar sınırlı ise, İC prediktif denklemlere uygun yanıt alınamayan (prealbümin gibi laboratuvar parametrelerinin düzelmemesi), yetersiz beslenme yada aşırı beslenmeyle ilgili klinik bulgular görülen (ventilatörden ayrılma güçlüğü) ve enerji ihtiyacının belirlenmesinin zor olduğu hastalar gibi (ör. morbid obezite) durumlar için ayrılabilir.

Her ne kadar kritik hastalarda günlük enerji tüketimlerini en doğru şekilde belirlesekte hedeflediğimiz enerjinin ne kadarını hastalara verebildiğimiz de çok büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi EN yoğun bakım hastalarını beslemek için ilk tercih edilmesi gereken ve ağır hastalıkların neden olduğu katabolik süreci engelleyebileceği savunulan bir nütrisyon yöntemidir. Beslenme desteğine başlarken ilk değerlendirilmesi gereken parametre GİS fonksiyonunun yeterli olup olmadığı ve EN için herhangi bir kontrendikasyon varlığının olup olmadığıdır. Eğer GİS fonksiyonu yeterli ise enteral yoldan beslenme her zaman ilk seçenektir. Yoğun bakımda izlemekte olduğumuz hastalarda da herhangi bir kontrendikasyon olmadıkça ilk tercih edilen nütrisyon yöntemi EN'dur. Ancak GİS deki intolerans, mekanik sorunlar, metabolik sorunlar veya yetersiz hemşire izlemi nedeniyle sık sık EN'a ara verilmesi ya da doz azaltılması gerekmektedir. Bu durumda hedeflenen enerji

düzelelerine planlanan zamanda ulaşılmasını engellemektedir. Hedeflenen enerji miktarının hastaya verilememesi ile erken dönemde gelişen malnutrisyonun etkileri geç dönemde dahi kompanze edilememekte ve mortalite / morbidite artışını değiştirememektedir. Bu nedenle, eğer hedeflenen değerlere planlanan zamanda ulaşamıyorsa mevcut rehberlerin önerisi ile hedeflenen enerji/ protein ihtiyacını karşılayabilmek amacı ile PN ile kombine edilmesi gerekmektedir (69,70,71). Bizim çalışmamızda hastaların %78'ine EN, %10'una PN ve %12'sine EN ve PN kombine olarak verilmiştir. Yine çalışmamızda bütün hastalara hedeflenen toplam enerjinin %90,4'ü verilebilmiştir ve %9,6' sı çeşitli nedenlere hastalara verilememiştir. Bu beslenme kesilme nedenleri çalışmamızda %34 GİS'e erişimin engellenmesi, %23 intolerans, %19 extubasyon veya planlanması, %15,4 işlem için ara verilmesi, %3,8 tetkik için ara verilmesi ve %3,8 hemodinaminin bozulması olarak sonuçlanmıştır. Bizim çalışmamızda da görüldüğü üzere yoğun bakım hastalarında hedeflenen enerji değerlerine ulaşmak mümkün olmamakta ve bu da yetersiz beslenmenin başka bir büyük nedeni olarak görünmektedir.

Bu çalışmada ÖET ile prediktif denklemler arasındaki ilişkiyi araştırarakta "enerji gereksinimi" ve "enerji tüketimi" kavramlarının birbirinden farklı olduğu ve karıştırılmaması gerektiği unutulmamalıdır. Klinik pratikte ise çoğu kez yanlışlıkla birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Enerji tüketimi İC ile ölçülebilir veya prediktif denklemlerle hesaplanabilir. Fakat enerji gereksinimi klinik olarak belirlenmelidir. Yoğun bakım hastalarının enerji tüketiminin bire bir veya fazlası ile karşılanması her zaman pozitif azot dengesi, kilo artışı ve visseral protein artışı sağlanması anlamına gelmez, aksine zararlı olabilir. Enerji tüketiminin ölçülmesi veya hesaplanması klinisyen için yol gösterici olmakla birlikte, klinisyen nasıl bir nutrisyonel destek vereceği konusunda gerçekçi olmalı ve klinik kararlarını uygulamalıdır. Deneyimli bir klinisyen bile hastanın hipermetabolik bir fazda olup olmadığını tam olarak değerlendiremeyebilir. Kritik hastalarda hiperalimentasyondan, yani gerçekte harcanandan daha fazla enerji verilmesinden kaçınılması gerektiği yönünde görüş birliği vardır. Yoğun bakımda 96 saatten uzun yatan hastalar üzerinde yapılan prospektif gözlemsel bir çalışmada (68) hedeflenen enerji miktarının % 33-66'sını alan hastaların hastaneden sağ olarak taburcu edilme ihtimalinin % 66-100'nü alanlardan daha fazla olduğu gösterilmiştir.

Çalışmamızın kısıtlılıklarından biri çalışmanın heterojen bir hasta grubu üzerinde yapılmış olması ve hasta grubumuzun ağırlıklı olarak ileri yaştaki hastalardan oluşmasıydı (hasta grubumuzun yaş ortalaması 66,1). Bir diğer kısıtlılığı ise, literatürde çok sayıda eşitlik olmasına rağmen, çalışmada bunlardan sadece beşinin kullanılmış olmasıdır.

Yetersiz ya da aşırı beslenmeyle ilgili olumsuz sonuçlardan kaçınmak için beslenme desteği yapmadan önce hastanın besin ve enerji gereksinimleri mutlaka doğru olarak tahmin edilmelidir. Mekanik ventilasyon yapılan yoğun bakım hastasının enerji ihtiyaçları sürekli değişkenlik gösterir. Özellikle yaşlı ve obez hasta grubunda doğru tahmin yapılabilmesi çok zordur ve prediktif denklemler bu ihtiyacı karşılamakta yetersizdir. Günümüz koşullarında İC ölçümü yapılabilen metabolik monitörler daha ulaşılabilir ve modüler hale gelmiştir. Daha iyi klinik uygulamalar için bu cihazların kullanılması artık kaçınılmazdır.

SONUÇ

Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda İC ile tahmini enerji gereksinimini hesaplayan denklemlerin uyumunu araştırdığımız bu çalışmada;

1. Mekanik ventilatör tedavisi alan kritik hastalarda enerji tüketiminin tahmininde kullanılan tüm denklemlerden elde edilen değerler ile İC kullanılarak ölçtüğümüz değerler arasında korelasyonun iyi ancak uyumları zayıftır.
2. Hastalık tanılarına göre ayrıldığında farklı hastalık gruplarında en uyumlu denklemlerin değişkenlik gösterdiği görüldü. Genellikle tüm subgruplarda, Swinamer ve Penn State denklemlerinin en korele olduğu ve Harris Benedict ve Penn State denklemlerinin en uyumlu denklemler olduğu görüldü.
3. Zayıf, normal kilolu ve obez hastalarda Swinamer ve Penn State denklemleri en korele ve uyumlu denklemlerdi.
4. Hastalık ciddiyet ve mortalite skorları (APACHE II ve SAPS II) ile belirlenen hastalık şiddeti ile ölçülen enerji tüketimi arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Sonuç olarak; mekanik ventilasyon ihtiyacı olan yoğun bakım hastalarında ampirik formüller enerji tüketiminin belirlenmesinde güvenilir değildir, güven aralıkları çok geniştir ve yüksek oranda yetersiz ya da aşırı beslenmeye yol açabilirler. Özellikle yaşlı ve obez hasta grubunda doğru tahmin yapılabilmesi çok zordur. Bu gibi kritik hastalarda İC' nin kullanılması elzemdir. Çalışmamızda yapılan korelasyon analizinde solunum yetmezliği, malignite ve kardiyak hastalığı olan gruplarda SW denklemi, Nörolojik ve travma grubunda ise PS denkleminin en korele denklemler olduğu, Blant-altman analiziyle İC'ye göre uyumları karşılaştırıldığında solunum yetmezliği, malignite, ve travma alt gruplarında PS ve HB iyi uyum gösterdi. Nörolojik alt grubunda en iyi uyum SCH ve HB denklemlerinin, kardiyak grupta SW denkleminin uyumu iyi olduğu görülmüştür. Kritik hastalarda bu denklemlerin kullanılmasıyla daha doğru şekilde tahminler yapılabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Stapleton RD, Jones N, Heyland D. Feeding critically ill patients: What is the optimal amount of energy. *Crit Care Med* 2007 35 (9):S535-540.
2. Maday KR. Energy Estimation in the Critically Ill:A Literature Review. *Universal Journal of Clinical Medicine* 2013;1(3):39-43
3. Barak N, Wall-Alonso E, Sitrin MD. Evaluation of stress factors and body weight adjustments currently used to estimate energy expenditure in hospitalized patients. *JPEN J Parenteral Enteral Nutr.* 2002 Jul-Aug;26(4):231-8.
4. Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. *Journal of Critical Care* 2012;27, 321.e5–321.e12
5. Takala J. Methodological Considerations, Respiratory Quotient. *Handbook Gas Exchange and Indirect Calorimetry.* Datex Ohmeda.13-28
6. Flancbaum L, Choban PS, Sambucco S, et al. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 461-6.
7. Reeves MM, and Capra S. Predicting energy requirements in the clinical setting: are current methods evidence based? *Nutrition reviews* 2003;61(4): p. 143-51.
8. Dikmen Y. Yoğun Bakım Koşullarında Beslenme. İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, Sağlıkta ve Hastalıkta Beslenme Sempozyum Dizisi No: 41 • Kasım 2004; s. 103-111
9. Genton L, Gemert WV, Soeters PB, Bahar M. 1.7.1.1 Makronutrientler, in *Klinik Nutrisyon Temel Kavramlar*, L. Sobotka, Editor. 2004, Logos Yayıncılık: İstanbul. p. 36-42.

- 10.** Calder PC, Yaqoob P et al. Fatty acids and lymphocyte functions. *Brit J Nutr* 2002;87(S1): S31-48.
- 11.** Moreno JJ, Carbonell T, Sanchez T et al. Olive oil decreases both oxydative stres and the production of arachidonic acid metabolites by the prostoglandin G/H synthase pathway in rat macrophages. *J Nutr* 2001; 131: 2124-2149.
- 12.** Şentürk E. Yoğun Bakımda Total Parenteral Beslenme. İstanbul Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Bilim Dalı, İstanbul. *Klinik gelişim.* 2011; 24: 50-52
- 13.** Wanten GJA, Calder PC. Immune modulation by parenteral lipid emulsions. *Am J Clin Nutr* 2007;85:1171–84
- 14.** Bongers T, Griffiths RD, McArdle A. Exogenous glutamine; the clinical evidence. *Crit Care Med* 2007;35:S545–52.
- 15.** Novak F, Heyland DK, Avenell A, Drover JW, Su X. Glutamine supplementation in serious illness: a systematic review of the evidence. *Crit Care Med.* 2002;30(9):2022–9.
- 16.** Sauerwein HP, Strack van Schijndel RJM. Perspective: how to evaluate studies on peri-operative nutrition? Considerations about the definition of optimal nutrition for patients and its key role in the comparison of the results of studies on nutritional intervention. *Clin Nutr.* 2007;26:154-158.
- 17.** Zauner C, Schuster BI, Schneeweiss B. Similar metabolic response to standardized total parenteral nutrition of septic and nonseptic critically ill patients. *Am J Clin Nutr.* 2001;74(2): 265-270
- 18.** Lochs H, Allison SP, et al. Introductory to the ESPEN Guidelines on enteral nutrition: terminology, definitions and general topics. *Clin Nutr* 2006;25:180-6.

- 19.** Klein CJ, Stanek GS, and Wiles CE. Overfeeding macronutrients to critically ill adults: metabolic complications. *Journal of the American Dietetic Association*. 1998;98(7): p. 795-806.
- 20.** Selçuk H. Malnütrisyon ve Önemi. Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Gastroenteroloji Bilim Dalı, Ankara. *Güncel gastroenteroloji* 16/2. 2012;s.158-62
- 21.** Campbell CG, Zander E, Thorland W. Predicted vs Measured Energy Expenditure in Critically Ill, Underweight Patients. *Nutrition in Clinical Practice* 2005 Apr; 20:276-280
- 22.** Rarendregt K, Soeters PR, Allinson SP. Malnutrisyonun Fizyolojik Fonksiyonlara Etkisi, in *Klinik Nutrisyon Temel Kavramlar*, Sobotka L. Editor. İstanbul: Logos Yayıncılık 2004:18-20
- 23.** Singer P, Anbar R, Cohen J, et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2011;37:601–609
- 24.** Japur CC, Penaforte FRO, Chiarello PG, Monteiro JP, Vieira MNCM, Basile-Filho A. Harris-Benedict equation for critically ill patients: Are there differences with indirect calorimetry? *Journal of Critical Care* 2009;24, 628.e1–628.e5
- 25.** Utku T. Enteral ve Parenteral Nutrisyonun Takibi. İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Bilim Dalı, İstanbul. *Klinik Gelişim* 2011; 24: 26-33
- 26.** Cheng CH, Chen CH, Wong Y, et al. Measured versus estimated energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Clinical Nutrition* 2002;21: 165 -172
- 27.** Walker RN, Heuberger RA. Predictive Equations for Energy Needs for the Critically Ill. *Respir Care* 2009;54:509 –521

- 28.** Clapis FCM, Auxiliadora-Martins M, Japur CC, et al. Mechanical ventilation mode (volume × pressure) does not change the variables obtained by indirect calorimetry in critically ill patients. *Journal of Critical Care* 2010;25, 659.e9 659.e16
- 29.** Yüksel E, Çankayalı I, Demirağ K, Moral AR. The Effect of Neuromuscular Blockade on Oxygen Consumption and Expenditure in Mechanically Ventilated Acute Respiratory Insufficiency Patient. *Journal of the Turkish Society of Intensive Care* 2012;10: 8-12
- 30.** Brandi LS, Bertolini R, Calafa M. Indirect calorimetry in critically ill patients: clinical applications and practical advice. *Nutrition* 1997;13(4): p. 349-58.
- 31.** Santos LJ, Balbinotti L, Marques AC, Alscher S, Vieira SRR. Energy expenditure in mechanical ventilation: is there an agreement between the Ireton-Jones equation and indirect calorimetry? *Rev Bras Ter Intensiva* 2009; 21(2):129-134
- 32.** Wooley JA. Indirect calorimetry: applications in practice. *Respir Care Clin N Am* 2006;12:619-33
- 33.** Nitenberg G. Enteral and parenteral nutrition. *Pathophysiologic Foundations of Critical Care* (Eds. Pinsky MR, Dhainaut JFA), Williams and Wilkins, Baltimore, 1993;s.42-81
- 34.** Branson RD, Johannigman JA. The measurement of energy expenditure. *Nutrition in clinical practice: official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition* 2004;19(6): p. 622-36
- 35.** Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism*. 1988; 37: 287-301.
- 36.** AARC clinical practice guideline. Metabolic measurement using indirect calorimetry during mechanical ventilation. *American Association for Respiratory Care. Respiratory care* 1994;39(12): p. 1170-5

- 37.** Haris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC:Carnegie Institute of Washington, Publ. 279; 1919
- 38.** Eduardo E, Rocha M, Girard FV, et al. Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8: 319-328
- 39.** Frankenfield D, Smith JS, and Cooney RN. Validation of 2 approaches to predicting resting metabolic rate in critically ill patients. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition* 2004;28(4): p. 259-64.
- 40.** Headley JM. Indirect calorimetry: a trend toward continuous metabolic assessment. *AACN clinical issues* 2003;14(2): p. 155-67; quiz 266.
- 41.** Reid CL. Nutritional requirements of surgical and critically-ill patients: do we really know what they need? *Proc Nutr Soc* 2004;63: 467-72.
- 42.** Cerra FB. Hypermetabolism,organ failure and metabolic support.*Surgery* 1987;101:114.
- 43.** Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med* 1985;13:818-29.
- 44.** Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA: the journal of the American Medical Association.* 1993,270(24): p. 2957-63.
- 45.** Karabıyık L. Yoğun bakımda skörlama sistemleri. *Yoğun Bakım Dergisi* 2010;9:129-43.
- 46.** Uygun A, Saka M. Spesifik Gastrointestinal Sistem Hastalıklarında Beslenme. *Güncel Gastroenteroloji, GATA Ankara* 2005:145-55.

- 47.** Faisy C, Guerot E, Diehl JL, Labrousse J, Fagon JY. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr.* 2003;78(2):241-9.
- 48.** Strack van Schijndel RJ, Weijs PJ, Koopmans RH, Sauerwein HP, Beishuizen A, Girbes AR. Optimal nutrition during the period of mechanical ventilation decreases mortality in critically ill, long-term acute female patients: a prospective observational cohort study. *Crit Care* 2009;13(4):R132.
- 49.** Sundström M, Tjader I, Rooyackers O, Wernerman J. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments. *Clinical Nutrition* 32 (2013) 118-121.
- 50.** Karsegard V, Genton L, Maisonneuve N, Pichard C. Comparison of 3 indirect calorimetry devices. *Clin Nutr Suppl* 2010;5(2):67.
- 51.** Reid CL. Poor agreement between continuous measurements of energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patients. *Clin Nutr.* 2007; 26:649-57.
- 52.** Bland, J.M. and D.G. Altman, Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research*, 1999. 8(2): p. 135-60.
- 53.** Swinamer DL, Phang PT, Jones RL, et al. Twenty-four hour energy expenditure in critically ill patients. *Crit Care Med* 1987; 15: 637-43.
- 54.** Dvir D, Cohen J, Singer P. Computerized energy balance and complications in critically ill patients: an observational study. *Clin Nutr.* 2006;25(1):37-44.
- 55.** Lee SW, et al. Agreements between indirect calorimetry and prediction equations of resting energy expenditure in end-stage renal disease patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Yonsei medical journal* 2008;49(2): p. 255-64.

- 56.** Long CL, Schaffel N, Geiger JW, et al. Metabolic response to injury and illness: Estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *J Parenter Enteral Nutr* 1979; 3: 452-456.
- 57.** Subramaniam A, McPhee M, Nagappan R. Predicting energy expenditure in sepsis: Harris-Benedict and Schofield equations versus the Weir derivation. *Crit Care Resusc*. 2012 Sep;14(3):202-10.
- 58.** Frankenfield DC, et al. Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in critically ill adults. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition*, 2009;33(1): p. 27-36
- 59.** Vicari J, Watson P, Fagan D, et al. Measured resting energy expenditure: relationship to APACHE II score and obesity. *Nutr Res* 1995; 15: 777-784.
- 60.** Brandi LS, Santini L, Bertolini R, et al. Energy expenditure and severity of injury and illness indices in multiple trauma patients. *Crit Care Med* 1999; 27: 2684-2689
- 61.** Xiao GZ, Su L, Duan PK, Wang QX, Huang Y. Comparison of measuring energy expenditure with indirect calorimetry and traditional estimation of energy expenditure in patients in intensive care unit. 2012
- 62.** MacDonald A, Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition*. 2003 Mar;19(3):233-9.
- 63.** Araujo EC, Suen MMV, Marchini JS, Vannucchi H. Ideal weight better predicts resting energy expenditure than does actual weight in patients with short bowel syndrome. *Nutrition* 2007 23:778-781
- 64.** Ireton-Jones C. Adjusted Body Weight, Con: Why Adjusted Body Weight in Energy Expenditure Calculations? . *Nutrition in Clinical Practice* 2005;20:474-479

- 65.** Choban PS, et al. Hypoenergetic nutrition support in hospitalized obese patients: a simplified method for clinical application. *The American journal of clinical nutrition* 1997; 66(3): p. 546-50.
- 66.** Legler J, et al. Predicting patterns of mammography use: a geographic perspective on national needs for intervention research. *Health Serv Res*, 2002;37(4): p. 929-47.
- 67.** Dickerson RN. Specialized nutrition support in the hospitalized obese patient. *Nutrition in clinical practice: official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition* 2004; 19(3): p. 245-54.
- 68.** Krishnan JA, Parce PB, Martinez A, et al. Caloric intake in medical ICU patients: Consistency of Care with guidelines and relationship to clinical outcomes. *Chest* 2003; 124: 297-305.
- 69.** Kreymann KG, Berger MM, Deutz NEP, Heismayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, Nitenberg G, Van den Berghe G, Wernerman J, DGEM: Ebner C, Hartl W, Heymann C, Spies C. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clinic Nutrition* 2006; 25(2) :210-224
- 70.** Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P., Forbes A, Griffiths R, Kreyman G, Leverve X, Pichard C. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Intensive care. *Clinic Nutrition* 2009;28(4) :387-401
- 71.** De Beaux I, Chapman M, Fraser R, et al. Enteral nutrition in the critically ill: a prospective survey in an Australian intensive care unit. *Anaesth Intens Care* 29:619-22, 2001