



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

간호학석사 학위논문

중환자의 영양치료 시

간접열량측정법을 통해 측정된 휴지기  
열량 소비량의 임상적 의미 및 활용

Clinical Significance and Use of Resting Energy  
Expenditure measured by Indirect Calorimetry  
in Nutritional Treatment of Critically Ill  
Patients

울산대학교 산업대학원  
임상전문간호학전공  
이수연

중환자의 영양치료 시 간접열량측정법을  
통해 측정한 휴지기 열량 소비량의 임상적  
의미 및 활용

지도교수 최혜란

이 논문을 간호학 석사학위 논문으로 제출함

2022년 8월

울산대학교 산업대학원  
임상전문간호학전공  
이수연

이수연의 간호학 석사학위 논문을 인준함

심사위원 박 정 윤 인

심사위원 홍 석 경 인

심사위원 최 혜 란 인

울 산 대 학 교 산 업 대 학 원

2022년 8월

# 목차

국문초록 .....	iii
I. 서론	
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구목적 .....	4
3. 용어의 정의 .....	4
II. 문헌고찰	
1. 중환자에서의 간접열량측정.....	6
2. 중환자의 영양지원.....	8
III. 연구방법	
1. 연구설계 .....	10
2. 연구대상 .....	10
3. 연구도구 .....	11
4. 자료수집 .....	12
5. 자료분석 .....	13
6. 윤리적 고려 .....	13
IV. 연구결과 .....	14
V. 논의 .....	36
VI. 결론 및 제언 .....	40
참고문헌 .....	42
부록 .....	51
영문초록 .....	52

## Tables

Table 1. General Characteristics of Patients .....	15
Table 2. Clinical Characteristics of Patients according to Time of Indirect Calorimetry Measurement .....	18
Table 3. Nutritional Characteristics of Patients .....	20
Table 4. Resting Energy Expenditure according to General Characteristics ·	26
Table 5. Resting Energy Expenditure according to Clinical Characteristics ···	28
Table 6. Resting Energy Expenditure according to Nutritional Type .....	29
Table 7. Correlations of Resting Energy Expenditure and Clinical Characteristics .....	31
Table 8. Correlations of Resting Energy Expenditure and Nutritional Characteristics .....	32
Table 9. Influencing Factors on Resting Energy Expenditure .....	35

## Figures

Figure 1. Box-plot of resting energy expenditure and respiratory quotient by the time of indirect calorimetry measurement .....	22
Figure 2. Calories according to the type of nutrition .....	24

## 국문초록

본 연구는 외과계 중환자실에 입실한 환자를 대상으로 측정된 간접열량계 휴식 대사량과 호흡계수를 파악하고, 휴식 대사량의 임상적 의미와 활용을 규명하기 위한 서술적 조사연구이다. 자료 수집은 2020년 2월 1일부터 2022년 3월 20일까지 서울에 위치한 일개 종합병원의 외과계 중환자실에 입실한 환자 136명을 대상으로 진행하였다. 수집된 자료는 IBM SPSS/WIN version 27.0 (IBM Corp, NY, USA)을 이용하여 실수와 백분율, 평균과 표준편차, independent t-test와 one-way ANOVA, Pearson's correlation coefficient, 다중 선형 회귀분석 (Multiple linear regression analysis)을 실시하였다.

대상자의 몸무게에 따른 휴식 대사량의 평균값은 1차 측정 시  $23.68 \pm 5.85 \text{kcal}$ , 2차 측정 시  $23.75 \pm 6.15 \text{kcal}$ 이었고, 호흡계수의 평균은 1차 측정 시  $0.71 \pm 0.07$ , 2차 측정 시  $0.75 \pm 0.07$ 이었다. 호흡계수 0.7 미만의 대상자는 1차 측정 시 71명 (52.2%), 2차 측정 시 38명 (27.9%)이었다. 휴식 대사량은  $25 \text{kcal/kg/day}$ 로 설정된 목표 열량 요구량(1차 측정 시  $r = -.557$ ,  $p < .001$ , 2차 측정 시  $r = -.528$ ,  $p < .001$ )과 유의한 상관관계가 있었다. 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인은 1차 측정 시 BMI 저체중( $\beta = .191$ ,  $p = .020$ )과 과체중( $\beta = -.366$ ,  $p < .001$ ), 심박동수 60회/분 미만( $\beta = -.163$ ,  $p = .023$ )과 100회/분 초과( $\beta = .150$ ,  $p = .037$ ), 인공호흡기 분당 환기량( $\beta = .171$ ,  $p = .016$ )으로 나타났다. 2차 측정 시에는 BMI 저체중( $\beta = .284$ ,  $p = .001$ )과 과체중( $\beta = -.258$ ,  $p = .001$ ), 심박동수 100회/분 초과( $\beta = .228$ ,  $p = .001$ ), 인공호흡기 분당 환기량( $\beta = .225$ ,  $p = .001$ )이 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인으로 나타났다.

본 연구결과 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인은 BMI, 인공호흡기 분당 환기량, 심박동수로 나타났다. 임상에서 영양치료 시 대상자의 이러한 특성이 휴식 대사량에 미치는 영향을 고려한다면, 중환자의 영양 상태를 효과적으로 증진시키는 방안을 모색할 수 있을 것이다.

주요어 : 간접열량계, 중환자, 휴식 대사량, 영양

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

대부분의 중환자는 손상, 쇼크, 감염, 외상, 수술, 다장기 부전 등으로 대사량이 증가한 상태에 있으며(McClave et al., 2009), 단백질 이화작용으로 인해 영양 요구량이 급속도로 상승하고, 영양불량이 악화될 위험이 증가한다(Elamin et al., 2009). 외과 환자의 경우, 수술 후 신체 손상에 대한 대사 변화가 발생하며, 복부 수술을 받았거나 복부 외상으로 입실하여 경구 섭취가 제한되는 사례가 많고 위장관 질환에 의해 장기간 영양불량인 경우가 많아 외과 중환자에서의 영양 지원은 그 중요성이 더욱 강조된다(Park, 2013).

영양 지원이란 영양 상태 회복 및 질병 치료를 목적으로 경구, 경장, 혹은 정맥으로 대량 영양소 및 미량 영양소의 전부 혹은 일부를 제공하는 것을 말한다(American Society of Parenteral Enteral Nutrition, 2002). 적절한 영양 지원은 환자의 대사적 요구도를 충족시킴으로써 면역력 강화, 장기 기능 강화, 조직의 회복력을 활성화시켜 환자의 회복에 매우 중요한 역할을 하게 된다(Oh, 2021). 또한 적절한 영양 지원은 질병의 진행 과정을 변화시켜 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있도록 하므로, 모든 임상적 상태에서 중환자에게 열량을 과도하지 않게 충분히 공급하는 것은 매우 중요한 일이다(Arabi et al., 2010, 2015). 이러한 중요성 때문에 중환자의 영양 지원에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다.

중환자의 영양불량은 과 대사 상태로 인해 영양 요구량이 증가하게 되어 발생할 수 있으며 불충분한 영양 공급이 장기화되면 골격근 소실, 면역력 저하 등으로 인해 인공호흡기 의존도, 중환자실 재원일수, 사망률이 증가되는 등 악영향을 끼칠 수 있다(Ahn et al., 2012; Hong, 2015). 중환자의 영양 공급 부족은 체 단백질 소실을 가중시키고, 감염 기회 증가와 호흡근 약화로 임상결과에 부정적인 영향을 미치게 되며 영양불량을 악화시킨다(Rubinson et al., 2004; Villet et al., 2005). 이와는 반대로, 영양 공급 과다는 인슐린 저항성이 증가되어 있는 중환자에게 고혈당을 발생시키며 인슐린 사용이 증가하게 되어 감염 발생을 증가시킨다. 또 이산화탄소 생성을 증가시켜 기계 환기 이탈을 지연시킬 수 있다(Arabi



et al., 2010). 따라서 중환자의 영양 요구량 산정은 중요하다고 할 수 있다.

열량 요구량을 예측하는 공식은 여러 가지가 있으나 대부분 신장, 체중, 성별 등의 변수를 사용하여 요구량을 산정하고 있다. 여러 연구 결과를 토대로 중환자에 공급하는 열량은 급성기에는 20~25kcal/kg/day, 회복기에는 25~30kcal/kg/day를 권고하고 있다(Lee et al., 2019; Hong, 2015). 그러나 메타분석 연구에서는 예측 공식의 부정확도를 60% 정도까지 보며 예측 공식으로 요구량을 산정하는 것을 권고하지 않았다(Tatucu-Babet et al., 2016; Zusman et al., 2019). 또한 중환자에서의 현재 체중이 수액 요법 및 부종 등으로 인해 실제 체중을 반영하지 못하는 점 등의 이유로 2018 유럽정맥경장영양학회(Europe Society of Parenteral Enteral Nutrition, ESPEN) 중환자 영양지침에서는 간접열량계로 휴식 대사량(휴지기 열량 소비량, Resting energy expenditure)을 산정하도록 권고하였다(Singer et al., 2019). 미국 중환자 의학회(Society of Critical Care Medicine, SCCM)와 미국정맥경장영양학회(American Society of Parenteral Enteral Nutrition, ASPEN) 중환자 영양지침에서도 간접열량계를 이용하여 휴식 대사량 산정을 권고하고 간접열량계 사용이 어려울 경우 체중 기반 예측 공식을 사용하도록 하였다(McClave et al., 2016).

간접열량계는 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 대략적인 에너지 소비량으로 정량화하여 전신 에너지 소비량을 측정할 수 있는 장치로 휴식 대사량과 호흡계수(Respiratory quotient, RQ)를 계산하여 측정 대상자의 대사 상태를 판단할 수 있고 예측 공식보다 더 정확한 열량 요구량을 산정할 수 있다(McClave et al., 2003; Oshima et al., 2017; Tatucu-Babet et al., 2020). 특히 4일 이상 중환자실에서 치료받는 환자나 대수술을 받은 후의 환자는 다양한 대사적 요구에 따른 스트레스 반응을 보이기 때문에 간접열량계 측정이 필요하다(Oshima et al., 2017). 때문에 최근의 중환자 영양지침에서는 간접열량계로 측정된 휴식 대사량을 기초로 하여 환자에게 실제로 공급하기 위한 목표 열량 요구량을 산정하도록 권고하고 있다(Park & Yim, 2018; Tatucu-Babet et al, 2020). 또한 중환자 개개인에 필요한 최적의 열량 요구량을 제공하기 위해서는 반복적인 간접열량계 측정을 하는 것이 중요하다(Singer et al., 2011).

휴식 대사량은 기본적인 대사활동에 필요한 기초 대사량(Basal energy expenditure)과 음식 섭취에 의한 에너지 소모량(Diet-induced thermogenesis)을

합한 값을 말하며, 선행 연구에 따르면 중환자는 신체 활동이 극도로 제한되어 있어, 중환자에서 측정된 휴식 대사량은 전체 에너지 소모량(Total energy expenditure)을 반영한다(Frankenfield et al., 1994; Oshima et al., 2017). 메타분석 연구에 따르면 휴식 대사량을 증가시키는 요인에는 인공호흡기 분당 환기량, 체중, 나이, 화상 정도, 진정제 사용, 공급 열량 등이 있었다. 심박동수, 호흡수, 중환자실 재실 일수, C-반응성 단백(C-reactive protein, CRP) 등은 휴식 대사량과 관계가 없었고, 다른 많은 변수들은 여전히 휴식 대사량과의 관계가 명확하게 밝혀지지 않았다(Mtaweh et al., 2019). 반면 심박동수가 증가할수록 휴식 대사량도 커진다는 상반되는 연구도 있다(De Waele et al., 2021). 따라서 추가적인 연구를 통해 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 밝히는 것이 필요하다.

호흡계수는 신체의 대사상태를 반영하는 지수로 열량 공급량이 적을수록 간접열량계로 측정되는 호흡계수도 낮아지며 인공호흡기 적용 시간이 길수록, 중환자실 재실 일수가 길수록 호흡계수도 낮은 양상을 보인다(Giovannini et al., 1983; Patkova et al., 2018). 그러나 호흡계수는 환자의 호흡 과정에서의 산소, 이산화탄소 생성량을 통해 구해지기 때문에 환자의 호흡기전이 손상되어 있는 경우 부정확할 수 있다. 프로포폴과 같은 약물의 약동학적 원리에 따라서 감소할 수 있고, 급성 질환의 진행 과정에서 오는 스트레스 반응에 의해서 증가할 수 있다(McClave et al., 2003). 때문에 호흡계수의 임상적 활용 방안에 대한 연구는 최근까지도 진행되고 있다. 그러나 간접열량계를 이용한 측정법은 고가의 장비로 인한 의료비용 부담, 훈련된 전문가의 부재와 간접열량계로 측정 가능한 대상 환자의 제한 등의 이유로 현실적인 어려움이 있는 상태이다(Achamrah et al., 2021). 이에 따라, 여러 중환자 영양지침에서는 간접열량계의 측정이 용이하지 않은 경우 체중 기반 예측 공식을 통해 환자에게 필요한 열량 요구량을 산정하도록 권고하고 있다.

본 연구는 외과계 중환자실에 입실한 환자의 체중을 기반으로 설정된 목표 열량 요구량과 간접열량계로 측정된 휴식 대사량을 비교하고, 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 파악하여, 외과 중환자에서 휴식 대사량의 임상적 의미를 파악하고 활용하기 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

## 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 외과계 중환자실에 입실한 환자의 간접열량계로 측정된 휴식 대사량과 호흡계수를 파악하고, 급성기 중환자의 체중을 기반으로 설정된 목표 열량 요구량과 측정된 휴식 대사량의 상관관계를 확인하는 것이다. 또, 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 파악하여 휴식 대사량의 임상적 의미와 효과적인 영양치료 방안을 모색하고자 하며 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 대상자의 일반적인 특성, 목표 열량 요구량, 1차(입실 후 5일 이내), 2차(1차 측정 후 7일차) 휴식 대사량 및 호흡계수와 실제 열량 공급량, 공급 형태를 파악한다.
- 2) 대상자의 특성에 따른 1, 2차 휴식 대사량의 차이를 파악한다.
- 3) 목표 열량 요구량과 1, 2차 휴식 대사량의 상관관계를 확인한다.
- 4) 1, 2차 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 파악한다.

## 3. 용어의 정의

### 1) 간접열량 측정

#### (1) 이론적 정의

체내에서 영양소 연소 시 소모되는 산소량과 이산화탄소량을 열량측정계로 측정, 일정 공식으로 계산하여 생체 내에서 발생한 열량을 간접적으로 측정하는 방법이다(Achamrah et al., 2021).

#### (2) 조작적 정의

본 연구에서는 안정 상태의 환자를 대상으로 하며, 최소 20분 이상 간접열량계를 통해 환자 호흡에서 발생하는 산소의 양과 이산화탄소의 양을 실시간으로 측정, 분석하는 방법으로 정의한다.

### 2) 목표 열량 요구량

(1) 이론적 정의

영양 공급의 목표를 설정하기 위하여 환자의 영양 상태를 판단하여 필요한 열량(Jeong et al., 2018)으로 목표 열량 산정은 단위체중당 열량을 통한 계산, 기초대사율을 이용한 계산, 간접열량계를 이용한 계산으로 나눌 수 있다(Choi, 2018).

(2) 조작적 정의

본 연구에서는 급성기 중환자에 사용 가능한 체중 기반 열량 계산 공식인 25kcal/kg/day로 정의한다.

3) 휴식 대사량

(1) 이론적 정의

생명 유지에 필요한 최소한의 에너지 소비량을 뜻한다(Poehlman, 1989).

(2) 조작적 정의

본 연구에서는 안정 상태의 환자를 대상으로 간접열량계로 최소 20분 이상 측정된 측정치의 평균값으로 정의한다.

4) 호흡계수

(1) 이론적 정의

간접열량 측정을 통해 얻을 수 있는 신체 내 대사상태를 나타내는 지표로 (Moonen et al., 2021), 산소 소비량에 대한 이산화탄소 생성의 비율로 정의된다 (McClave et al., 2003).

(2) 조작적 정의

본 연구에서는 안정 상태의 환자를 대상으로, 간접열량계로 최소 20분 이상 측정된 측정치의 평균값으로 정의한다.

## II. 문헌 고찰

### 1. 중환자에서의 간접열량 측정

간접열량계로 측정되는 휴식 대사량은 여러 계산식을 활용하여 산정되는 열량 요구량과 비교한 다수의 연구에서 유의한 차이가 있었다(Bae et al., 2020; Kim et al., 2013; Lee et al., 2021; Zusman et al., 2019). 여러 학회의 중환자 영양지침에서는 중환자에서 간접열량계를 사용하여 적절한 열량 요구량을 산출하도록 권고하고 있다. 최근 연구에서는 간접열량계를 이용하여 열량 요구량을 산정한 중환자에서 단기 사망률이 낮았다고 보고되었다(Duan et al., 2021).

신체의 1일 에너지 소비는 휴식 대사량과 활동 에너지 소모량(Activity energy expenditure)으로 분류된다. 안정 시 대사량을 뜻하는 휴식 대사량은 활동을 통한 에너지 소비가 아닌 심박동, 체내 세포 활동, 적정 체온 유지 등 생명 유지에 필요한 최소한의 에너지 소비량을 뜻하며, 전체 에너지 소비량의 약 60~70%를 차지한다(Poehlman, 1989). 신체의 에너지 소모량 중 가장 큰 비율을 차지하는 휴식 대사량은 간접열량계를 통해 측정할 수 있다. 측정된 휴식 대사량은 환자의 생리적 조건을 고려하여 해석되어야 하며, 시시각각으로 변하는 중환자의 생리적 특성을 반영하기 위해 반복 측정되어야 한다(De Waele et al., 2021). 휴식 대사량은 매일 측정하거나, 환자의 임상적 상태가 변하는 경우 재측정하여야 한다(Achamrah et al., 2021).

메타분석 연구에서 나이는 휴식 대사량과 밀접한 관련이 있었고(Mtaweh et al., 2019), 건강한 성인 540명을 대상으로 한 연구에서 휴식 대사량은 나이가 증가함에 따라 점차 감소하였으며, 여성이 남성보다 휴식 대사량이 낮았다(Cheng et al., 2016). 다른 연구에서는 건강한 성인에서 휴식 대사량은 성별에 따른 차이가 있었고 연령에 따라서도 차이를 보였다(Geisler et al., 2016). McClave 등(2013)은 BMI가  $20\text{kg/m}^2$  미만이거나  $25\text{kg/m}^2$  이상인 환자에서 영양실조의 위험이 높다고 보고하였고, 비만 중환자를 대상으로 했던 연구에서는 BMI가 증가할수록 휴식 대사량이 감소하였다(Fabiano et al., 2020). 발열, 인공호흡기 분당 환기량 증가, 심박동수의 증가와 같은 신체적 변화는 신체의 대사율을 증가시켜 휴

식 대사량을 함께 높인다(Mtaweh et al., 2019). 또한 지속적 신대체요법 (Continuous renal replacement therapy, CRRT)이나 열량 공급량 증가, 심박동수의 상승, 혈압 상승제 사용, 재활 등도 휴식 대사량을 증가시킬 수 있다(De Waele et al., 2021).

간접열량계로 휴식 대사량과 함께 측정되는 호흡계수는 신체의 대사상태를 극단적으로 반영한다. 불충분한 영양 공급 상태에서는 신체의 지방을 분해하여 에너지를 얻게 되어 측정되는 호흡계수의 값이 감소한다. 반대로 지방 신생을 초래하는 과다 영양 공급 상태에는 호흡계수의 값이 증가한다(McClave et al., 2003). 호흡계수의 생리학적 범위는 약 0.67-1.3으로 호흡계수 값이 0.7 에서 1.0 인 경우 여러 영양을 고르게 사용하고 있는 상태를 의미하며, 1.0 이상은 탄수화물 대사 상태로 영양의 과다 공급 상태임을 나타낸다. 또한 호흡계수가 0.7 미만인 경우 지방이 소모되고 있는 상태로 영양 공급이 부족한 상태임을 나타낸다. Moonen 등(2021)은 이상적인 호흡계수 값은 영양소가 혼합된 경구 식이를 나타내는 0.8이라고 하였다. 또한, 호흡계수는 당뇨와 같은 기저 질환, 산/염기 불균형, 과다호흡/과소호흡 등에 영향을 받을 수 있다(McClave et al., 2003).

## 2. 중환자의 영양 지원

중환자는 다양한 기저질환 및 중증도를 가지고 있으며, 환자별로 상태가 매우 다양하고 치료가 어렵다(Choi & Lee, 2017). 중환자에서 영양 지원의 목적은 저지방체중(lean body mass)을 보존하고 면역기능을 유지하며 대사적 합병증을 최소화하는 것이다(McClave et al., 2009). 적절한 영양 지원은 환자의 대사적 요구를 충족시킴으로써 면역력 강화, 장기기능 강화, 조직의 회복을 증진하여 환자의 회복에 매우 중요한 역할을 한다(Park, 2013).

중환자를 대상으로 한 영양 공급의 효과 및 적절한 영양 공급 방법에 대한 논의는 현재까지도 활발하게 진행되고 있다. 그 중 외상 중환자를 대상으로 한 연구에서 중환자실 입실 첫 주에 경장영양 공급을 시작했을 때 영양 공급이 가장 많이 된 환자 군에서 혈류 감염은 감소하였고, 인공호흡기 관련 폐렴이 증가된 경향이었으나 재실기간의 증가나 사망률과는 관련이 없었다. 그러나 정맥영양을 공급했을 때에는 혈류 감염, 인공호흡기 관련 폐렴 및 사망률이 증가하는 양상으로 나타나 정맥영양보다 경장영양 공급을 권고하였다(Chung et al., 2013). 다른 연구에서는 중환자실 입실 첫 주에 경장영양과 정맥영양을 병행하여 공급한 환자군이 경장영양만을 공급한 환자군보다 더 많은 칼로리를 공급할 수 있었으며 감염률도 증가하지 않았다(Wischmeyer et al., 2017). 암 환자를 대상으로 한 메타 연구에서는 경장영양 또는 정맥영양을 공급하였을 때 정맥영양에서 감염 발생률이 높았으나, 생존율이나 영양학적 합병증을 포함한 기타 합병증 발생 정도에는 차이가 없었다고 보고하였다(Chow et al., 2016).

중환자실 입실 후 초기 7일 동안 목표 열량 요구량에 가깝게 영양 공급을 시행하였을 때, 병원 내 사망률, 원내 감염, 인공호흡기 적용 기간 및 중환자실 재실 기간과 병원 재실기간이 모두 증가한 것으로 나타났다(Arabi et al., 2010). 단백질 공급량을 비슷하게 통제된 중환자에서 초기 2주 동안 목표 열량 요구량의 40-60%를 공급한 군과, 목표 열량 요구량의 70-100%를 공급한 군을 비교하였을 때, 두 군 간의 사망률의 차이는 없었다(Arabi et al., 2015).

이러한 연구 결과들에 따라 여러 중환자 영양관리 지침에서는 경장영양이 정맥영양 공급보다 감염 발생률이 더 적어 선호되고 있다. 특히 초기의 빠른 경장영양 공급은 중환자의 면역 반응을 조절하고 항산화 반응을 증가시키며 다발성

장기 부전 증후군과 감염성 합병증의 발생률을 감소시키는 것으로 알려져 있다. 2016 ASPEN/SCCM 영양지침에서는 혈액학적으로 안정된 환자에서 초기 24-48 시간 이내에 정맥영양보다 경장영양을 통한 영양 지원을 우선으로 공급하도록 권고하였다(McClave et al., 2016). 2018 ESPEN 중환자 영양지침에서도 영양소 결핍 예방을 위해 중환자실 입실 후 경구를 통한 영양 공급이 어려운 경우 48 시간 이내에 경장영양 공급을 시작하고(Yang et al., 2022), 3-7일 이내에 목표 열량 요구량에 도달하는 것을 권고하였고 경장영양이 불가능한 경우 3-7일 이내에 정맥영양을 시작해야 한다고 하였다(Singer et al., 2019). 간접열량계를 사용하여 목표 열량 요구량을 산정했을 때 급성기가 지난 이후에는 요구량의 70% 이상을 공급하는 것을 권고하고 있다(Singer et al., 2019).



### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 연구 설계

본 연구는 외과계 중환자실에 입실한 환자의 간접열량계로 측정된 휴식 대사량과 호흡계수를 확인하고 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 분석하여 휴식 대사량의 임상적 의미를 확인하고, 효과적인 영양치료를 위한 기초자료를 마련하고자 수행된 후향적 서술 조사연구이다.

#### 2. 연구 대상

연구대상 병원에서는 2018년부터 간접열량계로 측정된 휴식 대사량 및 호흡계수를 영양 지원 계획을 수립할 때 활용하고 있으며, 보건복지부 고시에 따라 2020년 2월 1일부터는 정기적으로 주 1회 이상 측정하고 있다(Ministry of Health and Welfare, 2020). 본 연구 대상자는 서울에 위치한 일개 종합병원의 외과계 중환자실에 2020년 2월 1일부터 2022년 3월 20일까지 입실한 자 중에 72시간이 경과하고 간접열량계로 휴식 대사량 및 호흡계수를 최소 2회 이상 측정된 18세 이상 성인이다. 입실 72시간 경과 후 평가했을 때 간접열량계 측정 금지인 환자는 대상에서 제외하였으며 그 기준은 아래와 같다. 이에 따라 총 136명의 대상자에 대해 최종 분석을 시행하였다.

- 1) 인공호흡기 흡입산소농도(Fraction of inspired oxygen,  $FiO_2$ ) 60% 초과 적용 환자
- 2) 인공호흡기 호기말양압(Positive end expiratory pressure ventilation, PEEP) 12cmH<sub>2</sub>O 초과 적용 환자
- 3) 인공호흡기 Tidal volume 15ml 미만 환자
- 4) 흥분(agitation), 통증 등으로 30분 이상 안정을 취하지 못하는 환자
- 5) 체외막 산소공급 장치(Extracorporeal Membrane oxygenation, ECMO) 적용 환자

- 6) 흉관 삽입 환자
- 7) 측정 당일 투석환자
- 8) 고막체온 38.0℃ 이상인 환자
- 9) 카바페넴 분해효소 생성 장내세균 속 균종(Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae), *Clostridium difficile* 동정 환자

### 3. 연구 도구

#### 1) 대상자의 특성

연구 대상자의 기본정보는 전자의무기록을 통해 조회하였다. 나이, 성별, 키, 체중, 체 질량 지수(Body mass index, BMI), 중환자실 입실 사유, 기저 질환, 중환자실 입실 경로, 중환자실 재실 기간, 입원 기간 중 수술력, 간접열량계 측정 전 수술 여부, 재할 유무, CRRT 적용 유무, 중환자실 재실 중 인공호흡기 적용 기간, 간접열량계 측정 시점의 인공호흡기 분당 환기량(minute ventilation), 간접열량계 측정 시점의 체온, 심박동수, 백혈구 수(정상범위: 4.0-10.0x10<sup>3</sup>/uL), CRP (정상범위: 0-0.6mg/dL), 조사 기간 동안의 혈압 상승제 사용 여부, 진정제 사용 여부를 조사하였고, 질병의 중증도는 중환자실 내원 시 The acute physiology and chronic health evaluation score IV (APACHE IV)를 조사하였다.

#### 2) 간접열량계 측정

간접열량계 장비는 환자의 침상 모니터에 장착 가능한 이동형 모듈을 사용하였다. 이동형 모듈에 water trap과 spirometry tube를 연결하고 spirometry tube 끝을 인공호흡기 회로에 연결하여 사용하였다. 실시간으로 측정되는 데이터 값은 컴퓨터에 연결하여 수집 및 정리하였다. 본 연구에서는 GE healthcare사의 Carescape B650 모니터에 장착할 수 있는 E-sCOVX 모듈 제품을 사용하였다. 간접열량계의 측정은 연구자를 비롯한 3인의 중환자실 전담간호사가 시행하였다. 시행 전 간접열량계 측정 방법에 대한 교육을 받았고, 여러 차례 반복 연습을 통

해 3인의 측정 기술을 최대한 일치시켰다.

환자는 간접열량계로 측정하기 전 최소 30분 간 안정을 취하게 하였다. 기계의 영점화를 위하여 초기 10분간의 결과는 측정값에서 제외하였다. 휴식 대사량과 호흡계수는 환자의 호흡 양상에 따라 민감하게 반응하여 결과가 변화될 수 있기 때문에 최소 20분 이상 측정하였고, 수집된 휴식 대사량과 호흡계수는 평균값을 계산하여 사용하였다. 호흡계수는 다시 대사 상태에 따라 세 분류로 정리하여 함께 사용하였다.

### 3) 열량 공급량과 영양 공급 형태

목표 열량 요구량은 연구 대상자가 중환자실 입실 초기의 급성기 상태임을 고려하여 25kcal/kg/day로 계산하였다. 실제 열량 공급량은 1차와 2차 간접열량계 측정 3일 전을 기준으로 실제 하루에 대상자에게 공급된 총 열량(kcal)을 조사하였다. 목표 열량 요구량 대비 실제 열량 공급량은 퍼센트(%)로 나타났다. 영양 공급 형태는 조사표를 이용하여 공급량이 있는지, 경장영양 또는 정맥영양 단독으로만 유지되는지, 두 가지를 병행하여 공급되는지 또는 경장영양과 정맥영양이 공급되지 않고 있는지를 조사하였다. 지속적 주입으로 공급되는 포도당 수액이나 프로포폴(Propofol)이 있다면 정맥영양에 포함하여 열량을 계산하였다.

## 4. 자료 수집

본 연구는 연구기관의 임상연구심의위원회(Institutional Review Board, IRB)에서 연구 승인(승인번호 2022-0446)을 받았고 외과계 중환자실 담당 교수의 의무기록 열람 허락을 받은 후 외과계 중환자실에 2020년 2월 1일부터 2022년 3월 20일까지 입실한 대상자 중 선정 기준에 부합한 대상자의 전자의무기록을 통하여 자료 수집을 시행하였다.

## 5. 자료 분석

수집된 자료는 IBM SPSS/WIN version 27.0 (IBM Corp, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하여 유의수준 .05로 검증하였다.

- 1) 대상자의 일반적 특성은 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 분석하였다.
- 2) 대상자의 목표 열량 요구량, 간접열량계로 측정된 1, 2차의 휴식 대사량 및 호흡계수, 실제 열량 공급량, 영양 공급 형태는 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 분석하였다.
- 3) 대상자의 특성에 따른 1, 2차 휴식 대사량의 차이를 비교하기 위하여 independent t-test와 one-way ANOVA를 시행하였다. Scheffé test와 Games-Howell test로 사후검정을 시행하였다.
- 4) 대상자의 APACHE IV score, 인공호흡기 분당 환기량, 목표 열량 요구량, 실제 열량 공급량, 목표 열량 요구량 대비 실제 열량 공급량과 간접열량계로 측정된 1차, 2차 휴식 대사량의 관계는 Pearson's correlation coefficient로 분석하였다.
- 5) 1, 2차 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인은 다중 선형 회귀분석(Multiple linear regression analysis)을 통해 분석하였다.

## 6. 윤리적 고려

본 연구에 사용되는 자료는 모두 익명으로 처리하였고 피험자의 인적사항에 대한 비밀을 철저히 유지하기 위하여 연구자는 최선의 노력을 기울였다. 의무기록을 이용하여 자료를 수집하였고 환자와 직접 접촉하거나 자율성을 침해하지 않았다. 연구와 관련되지 않은 대상자의 개인 정보는 열람하지 않았고, 수집된 자료는 즉시 암호화하고 접근이 제한된 컴퓨터에 저장하여 연구자 외에 열람하지 않음으로서 대상자의 권리를 보호하였다. 연구가 끝난 후에는 향후 점검을 위해 3년 동안 보관 후 영구히 삭제하도록 하였다.

## IV. 연구결과

### 1. 대상자의 일반적 특성

대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1). 전체 연구 대상자의 평균 연령은  $65.41 \pm 12.98$ 세, 65세 이상이 69명(50.7%)이었고 성별은 남자가 99명(72.8%)로 더 많았다. 평균 BMI는  $24.58 \pm 4.87 \text{kg/m}^2$ 이었고, 과체중이 89명(65.4%)으로 가장 많았다. 중환자실 입실 사유는 간질환이 30명(22.1%)으로 가장 많은 것으로 나타났다. 호흡 부전이 26명(19.1%), 소화기계 문제 20명(14.7%), 암 17명(12.5%), 심혈관계 문제 및 폐혈증 각 9명(6.6%), 중증 외상 및 출혈 각 6명(4.4%) 순이었다. 기저질환이 있는 대상자는 115명(84.6%)으로 고혈압이 있는 대상자가 65명(47.8%)으로 가장 많았고 당뇨 38명(27.9%), 간질환 22명(16.2%), 심장 질환 11명(8.1%), 뇌혈관 질환 10명(7.4%) 순으로 나타났다. 질병의 중증도 평가를 위한 APACHE IV score의 평균은  $88.01 \pm 19.58$ 이었다. 중환자실 재실 기간은 평균  $35.19 \pm 28.30$ 일이었고 인공호흡기 적용일수는  $34.71 \pm 27.34$ 일이었다. 입원 기간동안 49명(36.0%)의 대상자가 3회 이상 수술을 받았고, 수술실을 통해 외과계 중환자실에 입실한 환자가 55명(40.4%)으로 가장 많았다. 병동이나 타 중환자실을 통해 입실한 환자가 각 35명(25.7%), 응급실을 통해 입실한 환자가 11명(8.1%)으로 가장 적었다.

Table 1. General Characteristics of Patients

(N=136)

Variables	Categories	n (%) or M±SD
Age		65.41±12.98
	<65	67 (49.3)
	≥65	69 (50.7)
Sex	Male	99 (72.8)
	Female	37 (27.2)
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )		24.58±4.87
	<18.5	16 (11.8)
	18.5-22.9	31 (22.8)
	≥23.0	89 (65.4)
Reason for ICU admission	GI failure	20 (14.7)
	Respiratory failure	26 (19.1)
	Cardiovascular disease	9 (6.6)
	Liver disease	30 (22.1)
	Cancer	17 (12.5)
	Multiple trauma	6 (4.4)
	Sepsis	9 (6.6)
	Bleeding	6 (4.4)
	Others	13 (9.6)
Commodity*	Yes	115 (84.6)
	No	21 (15.4)
Hypertension	Yes	65 (47.8)
	No	71 (52.2)
Diabetes mellitus	Yes	38 (27.9)
	No	98 (72.1)
Cardiac disease	Yes	11 (8.1)
	No	125 (91.9)
Renal disease	Yes	5 (3.7)
	No	131 (96.3)
Cerebrovascular disease	Yes	10 (7.4)
	No	126 (92.6)
Liver disease	Yes	22 (16.2)
	No	114 (83.8)
Others	Yes	47 (34.6)
	No	89 (65.4)
APACHE IV score		88.01±19.58

(Table 1. Continued)

Variables	Categories	n (%) or M±SD
ICU stay (days)		35.19±28.30
Ventilator day (days)		34.71±27.34
Number of surgeries	<3	87 (64.0)
	≥3	49 (36.0)
Admission route	Emergency room	11 (8.1)
	General ward	35 (25.7)
	Operation room	55 (40.4)
	Other ICU	35 (25.7)

\*Multiple responses

APACHE=Acute physiology and chronic health evaluation; GI=Gastrointestinal;  
ICU=Intensive care unit.

## 2. 대상자의 임상적 특성

대상자의 임상적 특성은 다음과 같다(Table 2.) 1차 측정 시 혈압 상승제를 사용했던 환자는 112명(82.4%), 진정제를 사용했던 환자는 129명(94.9%)이었고, 2차 측정 시 혈압 상승제를 사용했던 환자는 97명(71.3%), 진정제를 사용했던 환자는 125명(91.9%)이었다. 간접열량계 측정 전 3일 이내에 수술을 시행했던 환자는 1차 조사 시 45명(33.1%), 2차 조사 시 36명(26.5%)이었다. 재활은 1차 측정 전 4명(2.9%)의 환자에게만 시행되었고, 2차 측정 전에는 21명(15.4%)에게 시행된 것으로 나타났다. 간접열량계 측정 시 CRRT를 적용했던 환자는 1차 측정 시 39명(28.7%), 2차 측정 시 38명(27.9%)으로 비슷한 분포를 보였다.

1차 측정 시의 체온은 평균  $36.23 \pm 4.53^\circ\text{C}$ , 인공호흡기 분당 환기량의 평균값은  $7.74 \pm 1.95\text{L}/\text{min}$ 으로 나타났다. 2차 측정 시의 체온은 평균  $36.01 \pm 5.16^\circ\text{C}$ , 인공호흡기 분당 환기량은 평균  $8.31 \pm 2.05\text{L}/\text{min}$ 으로 조사되었다. 1차 측정 시 대상자의 평균 심박동수는  $78.85 \pm 18.95$ 회/분, 2차 측정 시에는 평균  $82.79 \pm 18.08$ 회/분이었다. 이 중 60회/분 미만인 환자는 1차 측정 시 23명(16.9%), 2차 측정 시 12명(8.8%)이었고, 100회/분이 넘는 환자는 1차 측정 시 20명(14.7%), 2차 측정 시 24명(17.6%)로 나타났다. 백혈구 수는 1차 측정 시 평균  $11.88 \pm 10.40 \times 10^3/\text{uL}$ , 2차 측정 시  $11.62 \pm 14.01 \times 10^3/\text{uL}$ 의 평균값을 가졌고, CRP의 1차 측정 시 평균값은  $10.19 \pm 9.41\text{mg}/\text{dL}$ , 2차 측정 시 평균값은  $6.18 \pm 5.96\text{mg}/\text{dL}$ 이었다.



Table 2. Clinical Characteristics of Patients according to Time of Indirect Calorimetry Measurement (N=136)

Variables		1 <sup>st</sup> IC	2 <sup>nd</sup> IC
		n (%) or M±SD	n (%) or M±SD
Use of vasopressor	Yes	112 (82.4)	97 (71.3)
	No	24 (17.6)	39 (28.7)
Use of sedative or analgesic agent	Yes	129 (94.9)	125 (91.9)
	No	7 (5.1)	11 (8.1)
Surgery within 3 days before measurement	Yes	45 (33.1)	36 (26.5)
	No	87 (64.0)	100 (73.5)
Rehabilitation within 3 days before measurement	Yes	4 (2.9)	21 (15.4)
	No	132 (97.1)	115 (84.6)
Use of CRRT	Yes	39 (28.7)	38 (27.9)
	No	97 (71.3)	96 (70.6)
Body temperature (°C)		36.23±4.53	36.01±5.16
Minute ventilation (L/mijn)		7.74±1.95	8.31±2.05
Heart rate (bpm)		78.85±18.95	82.79±18.08
	<60	23 (16.9)	12 (8.8)
	60-100	93 (68.4)	100 (73.5)
	>100	20 (14.7)	24 (17.6)
WBC (x10 <sup>3</sup> /uL)		11.88±10.40	11.62±14.01
	<4.0	15 (11.0)	8 (5.9)
	4.0-10.0	54 (39.7)	68 (50.0)
	>10.0	67 (49.3)	60 (44.1)
C-reactive protein (mg/dL)		10.19±9.41	6.18±5.96
	<10.0	88 (64.7)	105 (77.2)
	10.0-20.0	24 (17.6)	25 (18.4)
	>20.0	24 (17.6)	6 (4.4)

bpm=beats per minute; CRRT=Continuous renal replacement therapy; IC=Indirect calorimetry; WBC=White blood cell.

### 3. 대상자의 영양학적 특성

대상자의 영양학적 특성은 다음과 같다(Table 3.) 25kcal/kg/day로 계산한 목표 열량 요구량은 평균  $1,685.92 \pm 356.79$ kcal이었고 간접열량계로 측정된 1차 휴식 대사량의 평균값은  $1,550.56 \pm 332.56$ kcal, 몸무게에 따른 휴식 대사량의 평균값은  $23.68 \pm 5.85$ kcal이었다. 2차 휴식 대사량은  $1,555.61 \pm 355.94$ kcal의 평균값을 나타냈고 몸무게에 따른 휴식 대사량의 평균값은  $23.75 \pm 6.15$ kcal로 조사됐다.

1차 측정 시 호흡계수 0.7 미만의 대상자는 71명(52.2%)으로 전체 대상자 중에서 가장 많은 비중을 차지하였고 2차 측정 시 호흡계수 0.7 미만은 전체 대상자 중 38명(27.9%)으로 1차 측정 시보다 감소하였다. 1차 측정 시 0.7-0.79 사이의 호흡계수를 나타내는 대상자는 50명(36.8%)이었고 2차 측정 시에는 61명(44.9%)으로 증가하였다. 1차 측정 시 15명(11.0%)의 대상자에서 0.8 이상의 호흡계수가 측정되었고 2차 측정 시에는 37명(27.2%)의 호흡계수가 0.8 이상으로 증가하였다.

1차 측정 시 대상자에 공급된 하루 열량은 평균  $588.59 \pm 510.51$ kcal이었고 이를 몸무게 대비로 나타냈을 때  $9.11 \pm 8.34$ kcal의 평균값을 가졌다. 목표 열량 요구량 대비 실제 열량 공급량은 평균  $31.92 \pm 28.63\%$ 이었다. 2차 측정 시의 실제 공급 열량은 평균  $1,130.64 \pm 468.91$ kcal, 몸무게 대비로는 평균  $17.64 \pm 8.68$ kcal이었고 목표 열량 요구량 대비 실제 열량 공급량은  $60.97 \pm 26.39\%$ 로 1차 측정 시에 비하여 증가한 것으로 나타났다.

간접열량계 1차 측정 시 영양 지원이 되고 있지 않은 대상자가 80명(58.8%)로 가장 많았고 정맥영양만 공급된 대상자 26명(19.1%), 경장영양만 공급된 대상자 21명(15.4%), 경장영양과 정맥영양을 병행하여 공급된 대상자 9명(6.6%) 순으로 나타났다. 2차 측정 시에는 영양 지원이 되고 있지 않은 대상자가 9명(6.6%)으로 가장 적은 비중을 차지하였고, 정맥영양만 공급되는 대상자가 50명(36.8%)으로 가장 많았다. 경장영양이 공급되는 대상자는 39명(28.7%)이었고 경장영양과 정맥영양을 병행하여 공급되는 대상자는 38명(27.9%)이었다.

Table 3. Nutritional Characteristics of Patients (N=136)

Variables	Categories	n (%) or M±SD
Target calorie (25kcal/kg/day)		1,685.92±356.79
1st measured REE (kcal)		1,550.56±332.56
1st measured REE (kcal/kg/day)		23.68±5.85
2nd measured REE (kcal)		1,555.61±355.94
2nd measured REE (kcal/kg/day)		23.75±6.15
1st measured RQ		0.71±0.07
	<0.70	71 (52.2)
	0.70-0.79	50 (36.8)
	≥0.80	15 (11.0)
2nd measured RQ		0.75±0.07
	<0.70	38 (27.9)
	0.70-0.79	61 (44.9)
	≥0.80	37 (27.2)
1st delivered calorie (kcal)		588.59±510.51
1st delivered calorie (kcal/kg/day)		9.11±8.34
1st calorie intake/target (%)		31.92±28.63
2nd delivered calorie (kcal)		1,130.64±468.91
2nd delivered calorie (kcal/kg/day)		17.64±8.68
2nd calorie intake/target (%)		60.97±26.39
1st type of nutrition	EN	21 (15.4)
	PN	26 (19.1)
	EN+PN	9 (6.6)
	None	80 (58.8)
2nd type of nutrition	EN	39 (28.7)
	PN	50 (36.8)
	EN+PN	38 (27.9)
	None	9 (6.6)

EN=Enteral nutrition; PN=Parenteral nutrition; REE=Resting energy expenditure; RQ=Respiratory quotient.

#### 4. 간접열량계 측정 시기에 따른 휴식 대사량과 호흡계수

간접열량계 측정 시기에 따른 휴식 대사량과 호흡계수는 다음과 같다(Figure 1). 1차 측정 시 대상자의 몸무게에 따른 휴식 대사량의 중위수는 22.55kcal, 범위는 39.0kcal 였다. 2차 측정 시 휴식 대사량의 중위수는 22.75kcal, 범위는 44.2kcal 였다.

1차 측정된 호흡계수의 평균은  $0.71 \pm 0.07$ 이었고 2차 측정된 호흡계수의 평균은  $0.75 \pm 0.07$ 으로 1차 측정 시와 비교하여 증가한 것으로 나타났다.

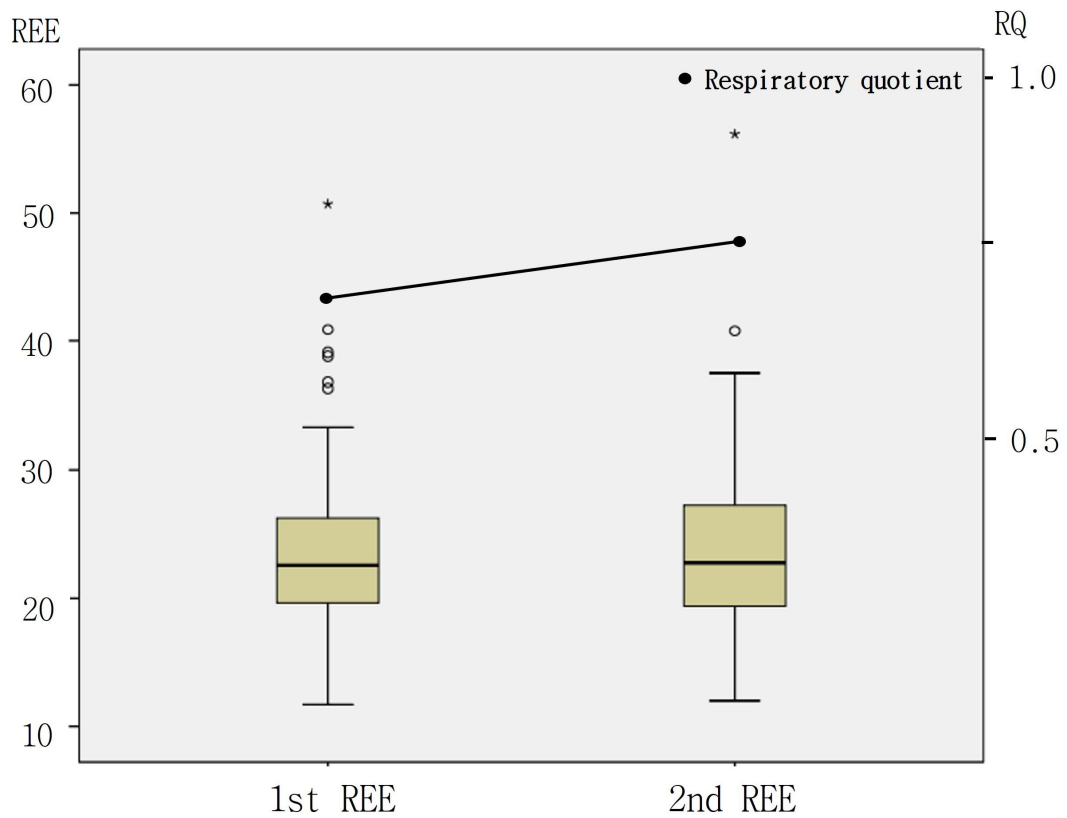


Figure 1. Box-plot of resting energy expenditure and respiratory quotient by the time of indirect calorimetry measurement.

## 5. 영양 공급 형태에 따른 열량 공급량

영양 공급 형태에 따른 열량 공급량은 다음과 같다(Figure 2). 경장영양으로 공급된 1차 측정 시의 몸무게 대비 평균 열량 공급량은 23.68kcal, 2차 측정 시의 몸무게 대비 평균 열량 공급량은 23.75kcal로 나타났다. 이 중 경장영양으로 공급된 열량은 1차 측정 시 14.88kcal, 2차 측정 시 15.83kcal이었고, 정맥영양으로 공급된 열량은 1차 측정 시 15.79kcal, 2차 측정 시 17.59kcal이었다. 경장영양과 정맥영양을 병행하여 공급된 열량은 1차 측정 시 19.18kcal, 2차 측정 시 22.68kcal로 조사되었고, 영양 공급 없이 포도당 수액이나 프로포폴 등으로만 유지된 열량은 1차 측정 시 4.26kcal, 2차 측정 시 4.40kcal이었다.

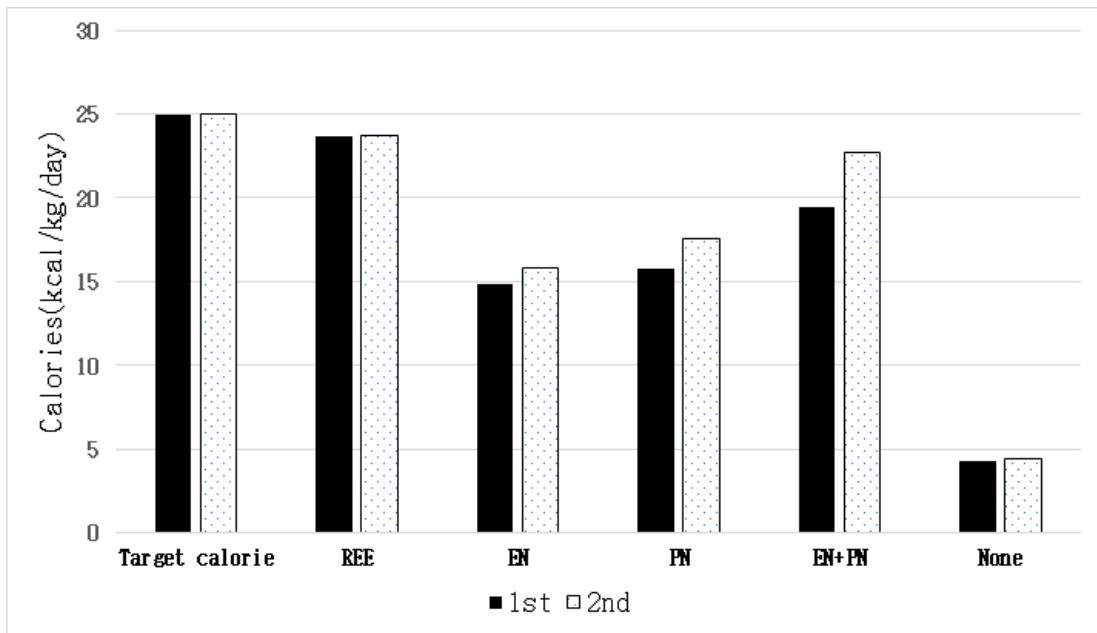


Figure 2. Calories according to the type of nutrition.

## 6. 대상자의 일반적, 임상적 특성과 영양 공급 형태에 따른 휴식 대사량 비교

대상자의 일반적 특성에 따른 휴식 대사량의 비교는 다음과 같다(Table 4). 1차 측정 시 나이는 65세 이상인 환자가 65세 미만인 환자보다 휴식 대사량이 유의하게 낮았고( $t=2.286, p=.024$ ), BMI 정상 체중과 저체중이 과체중보다 휴식 대사량이 통계적으로 유의하게 높았다( $F=26.230, p<.001$ ). 뇌혈관 질환의 기저 질환이 있는 환자는 없는 환자보다 1차 측정 시 휴식 대사량이 유의하게 낮았다( $t=2.316, p=.033$ ). 2차 측정 시 65세 미만인 환자가 65세 이상인 환자보다 휴식 대사량이 높았지만 통계적으로 유의한 차이는 없었고, BMI는 저체중, 정상, 과체중이 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었으며( $F=31.666, p<.001$ ), 저체중인 대상자군의 휴식 대사량이 가장 높았고 과체중인 대상자군의 휴식 대사량이 가장 낮았다. 2차 휴식 대사량은 기저 질환 유무에 따라 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 1, 2차 휴식 대사량 모두 중환자실 입실 사유나 수술 횟수, 입실 경로에 따른 차이가 없었다.

대상자의 임상적 특성에 따른 휴식 대사량의 비교는 다음과 같다(Table 5). 1차, 2차 측정된 휴식 대사량은 심박동수에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(1차 측정 시  $F=7.822, p=.001$ , 2차 측정 시  $F=8.055, p=.002$ ), 두 번의 휴식 대사량 모두 심박동수가 100회/분이 넘는 대상자가 그렇지 않은 대상자보다 휴식 대사량이 높게 측정되었다. 혈압 상승제 및 진정제 사용, 측정 전 수술 여부, 재활 여부, CRRT 적용, 백혈구 수, CRP에 따른 1, 2차 휴식 대사량은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

영양 공급 형태에 따른 휴식 대사량의 비교는 다음과 같다(Table 6). 영양 공급 형태에 따른 1차, 2차 휴식 대사량은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.



Table 4. Resting Energy Expenditure according to General Characteristics

(N=136)

Variables	1 <sup>st</sup> REE			2 <sup>nd</sup> REE		
	M±SD	t or F	p	M±SD	t or F	p
Age						
<65	24.83±6.60	2.286	.024	24.69±6.99	1.765	.080
≥65	22.56±4.79			22.84±5.09		
Sex						
Male	23.88±5.67	.673	.502	24.03±5.43	0.884	.378
Female	23.12±6.34			22.99±7.80		
Body Mass Index						
<18.5 <sup>a</sup>	29.99±5.08	26.230	<.001*	32.417.76	31.666	<.001
18.5-22.9 <sup>b</sup>	26.90±7.45		c<a,b	25.225.00		c<b<a
≥23.0 <sup>c</sup>	21.42±3.61			21.684.53		
Reason for ICU admission						
GI failure	23.23±5.85	0.263	.977	22.28±4.33	0.899	.520
Respiratory failure	24.80±4.37			25.83±5.97		
Cardiovascular disease	23.61±7.83			23.50±8.05		
Liver disease	23.59±7.17			24.47±7.89		
Cancer	24.37±7.89			23.16±4.88		
Multiple trauma	23.48±4.14			24.85±7.20		
Sepsis	23.04±4.07			22.38±4.39		
Bleeding	22.48±2.75			24.12±7.30		
Others	22.52±3.85			21.41±4.08		
Commodity						
Yes	23.46±5.46	1.020	.310	23.64±6.39	0.464	.643
No	24.87±7.69			24.32±4.72		
Hypertension						
Yes	23.20±5.12	0.900	.370	23.32±5.07	0.786	.433
No	24.11±6.45			24.15±7.01		
Diabetes mellitus						
Yes	23.06±5.04	0.759	.449	22.61±4.73	1.355	.178
No	23.91±6.14			24.19±6.59		
Cardiac disease						
Yes	22.56±4.63	0.656	.513	22.77±4.06	0.548	.585
No	23.77±5.95			23.84±6.30		

(Table 4. Continued)

Variables	1 <sup>st</sup> REE			2 <sup>nd</sup> REE		
	M±SD	t or F	<i>p</i>	M±SD	t or F	<i>p</i>
Renal disease						
Yes	25.68±9.50	-0.780	.437	26.24±6.23	-0.922	.358
No	23.60±5.71			23.65±6.15		
Cerebrovascular disease						
Yes	21.53±2.67	2.316	.033	21.21±4.25	1.361	.176
No	23.85±6.00			23.95±6.24		
Liver disease						
Yes	25.15±5.67	-1.300	.196	27.08±8.85	-2.036	.053
No	23.39±5.86			23.11±5.30		
Others						
Yes	23.64±5.41	0.047	.963	23.02±5.97	1.000	.319
No	23.69±6.10			24.13±6.24		
Number of surgeries						
<3	24.13±3.34	-0.056	.956	23.98±6.62	0.574	.567
≥3	24.30±7.18			23.34±5.25		
Admission route						
Emergency room	24.37±5.67	0.793	.500	23.67±4.09	2.013	.115
General ward	24.77±5.50			25.79±7.40		
Operation room	22.89±5.86			22.56±5.42		
Other ICU	23.59±6.24			23.60±6.10		

\*Games-Howell

GI=Gastrointestinal; ICU=Intensive care unit; REE=Resting energy expenditure.

Table 5. Resting Energy Expenditure according to Clinical Characteristics  
(N=136)

Variables	1 <sup>st</sup> REE			2 <sup>nd</sup> REE		
	M±SD	t or F	p	M±SD	t or F	p
Use of vasopressor						
Yes	23.77±5.98	-0.407	.685	23.84±6.25	-0.274	.784
No	23.23±5.28			23.52±5.95		
Use of sedative or analgesic agent						
Yes	23.43±5.42	1.170	.285	23.78±6.23	-0.175	.861
No	28.24±10.82			23.44±5.40		
Surgeries within 3 days before measurement						
Yes	22.84±5.40	1.251	.213	22.59±5.14	1.321	.189
No	24.14±6.06			24.17±6.45		
Rehabilitation within 3 days before measurement						
Yes	25.50±5.99	-0.632	.528	22.97±5.06	0.629	.530
No	23.62±5.86			23.89±6.34		
Use of CRRT						
Yes	24.95±7.65	-1.351	.183	24.43±5.23	-0.763	.447
No	23.16±4.90			23.53±6.52		
Heart rate (bpm)						
<60 <sup>a</sup>	21.21±4.75	7.822	.001	20.81±2.86	8.055	.002*
60-100 <sup>b</sup>	23.40±5.61		a,b<c	22.95±5.10		a,b<c
>100 <sup>c</sup>	27.79±6.22			28.55±8.65		
WBC (x10 <sup>3</sup> /uL)						
<4.0	23.62±6.49	0.392	.676	28.34±12.11	0.622*	.548
4.0-10.0	23.16±5.07			23.52±5.05		
>10.0	24.11±6.32			23.40±6.09		
C-reactive protein (mg/dL)						
<10.0	23.32±6.10	0.502	.607	23.30±5.60	1.923	.150
10.0-20.0	24.57±6.10			25.90±8.17		
>20.0	24.09±4.62			22.73±4.27		

\*Games-Howell

bpm=beats per minute; CRRT=Continuous renal replacement therapy; REE=Resting energy expenditure; WBC=White blood cell.

Table 6. Resting Energy Expenditure according to Nutritional Type

(N=136)

Variables	1 <sup>st</sup> REE			2 <sup>nd</sup> REE		
	M±SD	F	<i>p</i>	M±SD	F	<i>p</i>
Type of nutrition						
EN	21.51±4.06	2.579	.056	22.98±4.95	0.877	.455
PN	26.11±6.31			23.62±7.11		
EN+PN	23.52±4.93			25.01±5.87		
None	23.47±5.99			22.44±6.35		

EN=Enteral nutrition; PN=parenteral nutrition; REE=Resting energy expenditure.

## 7. 대상자의 임상적, 영양학적 특성과 휴식 대사량의 상관관계

대상자의 임상적 특성과 휴식 대사량의 상관관계는 다음과 같다(Table 7). 1차, 2차 측정된 휴식 대사량은 인공호흡기 분당 환기량과 유의한 상관관계가 있었다(1차 측정 시  $r=.175$ ,  $p=.041$ , 2차 측정 시  $r=.256$ ,  $p=.003$ ). APACHE IV score는 휴식 대사량과 유의한 상관관계가 없었다.

대상자의 영양학적 특성과 휴식 대사량의 상관관계는 다음과 같다(Table 8). 1, 2차 측정된 휴식 대사량은 목표 열량 요구량과 유의한 상관관계가 있었다(1차 측정 시  $r=-.557$ ,  $p<.001$ , 2차 측정 시  $r=-.528$ ,  $p<.001$ ). 2차 측정 시 휴식 대사량은 공급된 열량과 유의한 상관관계가 있었고( $r=.385$ ,  $p<.001$ ), 목표 열량 요구량 대비 실제 공급량과도 유의한 상관관계가 있었다( $r=.270$ ,  $p=.001$ ). 1차 측정 시 휴식 대사량은 공급된 열량과 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 7. Correlations of Resting Energy Expenditure and Clinical Characteristics

(N=136)

Variables	APACHE IV	Minute	Resting energy
	score	ventilation	expenditure
	r (p)	r (p)	r (p)
<b>1<sup>st</sup> IC</b>			
APACHE IV score	1		
Minute ventilation	-.030 (.731)	1	
Resting energy expenditure	-.022 (.800)	.175 (.041)	1
<b>2<sup>nd</sup> IC</b>			
APACHE IV score	1		
Minute ventilation	-.033 (.706)	1	
Resting energy expenditure	-.083 (.339)	.256 (.003)	1

APACHE=Acute physiology and chronic health evaluation; IC=Indirect calorimetry.

Table 8. Correlations of Resting Energy Expenditure and Nutritional Characteristics

(N=136)

Variables	Target calorie (kcal)	Delivered calorie (kcal)	Calorie intake/target (%)	Resting energy expenditure
	r	r	r	r
	(p)	(p)	(p)	(p)
<b>1<sup>st</sup> IC</b>				
Target calorie (kcal)	1			
Delivered calorie (kcal)	-.220 (.010)	1		
Calorie intake /target (%)	-.124 (.150)	.972 (<.001)	1	
Resting energy expenditure	-.557 (<.001)	.076 (.379)	.015 (.862)	1
<b>2<sup>nd</sup> IC</b>				
Target calorie (kcal)	1			
Delivered calorie (kcal)	-.478 (<.001)	1		
Calorie intake /target (%)	-.320 (<.001)	.940 (<.001)	1	
Resting energy expenditure	-.528 (<.001)	.385 (<.001)	.270 (.001)	1

IC=Indirect calorimetry.

## 8. 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인

1차, 2차 측정된 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 탐색하기 위해 다중 선형 회귀분석을 시행하였다(Table 9). 각 회귀모델에서 독립변수 간의 다중공선성을 측정하기 위하여 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF)를 확인하였다. 1차 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위한 회귀모델에서 VIF를 확인한 결과 1.049-1.422로 다중공선성의 문제는 배제되었다. 오차의 독립성을 검증한 결과 Durbin-Watson 통계량이 2.319로 자기상관 문제는 없었다. 2차 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위한 회귀모델에서 VIF를 확인한 결과 1.028-12.967로 다중공선성에 문제가 있는 것으로 확인되었다. 상관분석을 통하여 2차 측정 시 대상자에 공급된 몸무게 대비 하루 열량과 목표 열량 요구량 대비 실제 공급량이 Pearson 상관계수  $r=.940$ ,  $p<.001$ 로 유의한 상관관계가 나타난 것을 확인하고, 2차 측정 시 대상자에 공급된 몸무게 대비 하루 열량을 변수에서 제외하였다. 다중 선형 회귀분석을 재시행한 결과 VIF는 1.013-1.520으로 다중공선성 문제는 배제되었다. 오차의 독립성을 검증하였고, Durbin-Watson 통계량은 2.106으로 자기상관 문제는 없었다.

1차 측정된 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 탐색하기 위해 나이, BMI, 대상자의 기저 질환 중 뇌혈관 질환 유무, 심박동수, 인공호흡기 분당 환기량의 독립변수를 통제하였을 때 BMI 정상보다 저체중( $\beta=.191$ ,  $p=.020$ )과 과체중( $\beta=-.366$ ,  $p<.001$ )이 휴식 대사량에 유의한 변수로 나타났고, 심박동수가 60회/분 미만( $\beta=-.163$ ,  $p=.023$ )과 100회/분 초과( $\beta=.150$ ,  $p=.037$ )가 유의한 변수로 나타났다. 또한 인공호흡기 분당 환기량( $\beta=.171$ ,  $p=.016$ )이 휴식 대사량에 유의한 변수로 나타났다. 회귀모델은 37.4%의 설명력을 보였고 통계적으로 유의하였다 ( $F=12.499$ ,  $p<.001$ ).

2차 측정된 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해 BMI, 심박동수, 인공호흡기 분당 환기량, 목표 열량 요구량 대비 실제 공급량의 독립변수를 통제하였을 때, BMI 정상보다 저체중( $\beta=.284$ ,  $p=.001$ )과 과체중( $\beta=-.258$ ,  $p=.001$ )이 휴식 대사량에 유의한 변수로 나타났다. 심박동수는 100회/분 초과가 유의한 변수로 나타났고( $\beta=.228$ ,  $p=.001$ ), 인공호흡기 분당 환기량도 휴식 대사량에 유의한 변수로 나타났다( $\beta=.225$ ,  $p=.001$ ). 회귀모델은 40.4%의 설명력을 보였고 통계



적으로 유의하였다( $F=16.264$ ,  $p<.001$ ).

Table 9. Influencing Factors on Resting Energy Expenditure

(N=136)

Variables	B	SE	$\beta$	t	p
<b>1<sup>st</sup> REE</b>					
Age (ref.group: <65)	-1.384	.843	-.119	-1.642	.103
Body mass index (ref.group: 18.5-22.9)					
<18.5	3.453	1.460	.191	2.365	.020
≥23.0	-4.481	0.995	-.366	-4.504	<.001
Cerebrovascular disease HR (ref.group: 60-100)	-1.451	1.557	-.065	-0.932	.353
<60	-2.540	1.105	-.163	-2.300	.023
>100	2.475	1.175	.150	2.106	.037
Minute ventilation	0.511	0.210	.171	2.435	.016
adjusted R <sup>2</sup>			.374		
F (p)			12.499 (<.001)		
<b>2<sup>nd</sup> REE</b>					
Body mass index (ref.group: 18.5-22.9)					
<18.5	5.395	1.558	.284	3.464	.001
≥23.0	-3.319	1.001	-.258	-3.314	.001
HR (ref.group: 60-100)					
<60	-0.671	1.469	-.031	-0.457	.648
>100	3.672	1.115	.228	3.292	.001
Minute ventilation	0.674	0.201	.225	3.362	.001
Calorie intake/target (%)	0.017	0.017	.072	1.014	.313
adjusted R <sup>2</sup>			.404		
F (p)			16.264 (<.001)		

HR=Heart rate; REE=Resting energy expenditure.

## V. 논의

본 연구는 외과계 중환자실에 입실한 환자를 대상으로 측정된 간접열량계 휴식 대사량과 호흡계수를 파악하고, 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 규명하여 휴식 대사량의 임상적 의미와 활용을 고찰하기 위해 수행된 서술적 조사연구였다. 이 연구를 통해 외과계 중환자실 환자에게 효과적인 영양치료를 하기 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

본 연구결과 1차 측정된 휴식 대사량은 65세 이상인 대상자가 65세 미만인 대상자보다 통계적으로 유의하게 낮았다. 중환자실 환자를 대상으로 한 선행연구가 없어 직접적인 비교에 제한점이 있지만 나이와 휴식 대사량이 밀접한 관련이 있었던 메타분석 연구와(Mtaweh et al., 2019), 나이가 증가함에 따라 휴식 대사량이 낮았던 선행연구와 유사한 결과로 볼 수 있다(Cheng et al., 2016). 또 성별과 연령에 따라 휴식 대사량에 차이가 있었던 결과와도 유사하다(Geisler et al., 2016). 그러나 55세 이상의 건강한 성인과 기저 질환이 있는 성인을 대상으로 시행된 연구들을 분석한 체계적 문헌고찰에서 성별은 휴식 대사량을 결정하는 요인이 되지 못하였다(Gaillard et al., 2007). 본 연구에서 2차 측정된 휴식 대사량의 평균값은 65세 이상이 65세 미만보다 낮게 나타났지만 둘 사이의 유의한 차이는 없었다. 또 1차, 2차 측정 시 성별에 따른 휴식 대사량의 차이도 통계적으로 유의하지 않았다. 연구 대상의 특성에 따라 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인이 달라진다고 추정할 수 있다.

본 연구에서 휴식 대사량은 BMI에 따라 유의한 차이가 있었다. 1차 측정 시 휴식 대사량은 BMI가 과체중인 대상자가 저체중이거나 정상인 대상자에 비하여 유의하게 낮았다. 2차 측정 시의 휴식 대사량은 저체중인 대상자가 가장 높았고, 과체중인 대상자가 가장 낮은 것을 알 수 있었다. 또 1차, 2차 측정 시 모두 BMI가 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인으로 나타났으며, 두 번의 측정 시점 모두 공통적으로 저체중일수록 휴식 대사량이 증가하고, 과체중일수록 휴식 대사량이 감소하는 것을 알 수 있었다. McClave 등(2013)은 BMI가  $20\text{kg}/\text{m}^2$  미만이거나  $25\text{kg}/\text{m}^2$  이상인 환자에서 영양실조의 위험이 높다고 보고하였고, 비만 중환자를 대상으로 했던 한 연구에서 BMI가 증가할수록 휴식 대사량이 감소하였

다(Fabiano et al., 2020). 또 성별에 따른 체중의 차이가 없고 체중의 평균값을 사용한 연구를 대상으로 한 체계적 문헌고찰에서, BMI의 감소에 따라 휴식 대사량이 증가하였다(Gaillard et al., 2007). 본 연구결과는 앞서 선행연구 결과를 지지한다. 그러나 본 연구에서 BMI는 성별 등 각 대상자의 특성에 따른 체중의 차이를 고려하지 않은 값으로, 보다 정확한 결과를 위하여 선행 연구와 같이 다른 변수의 개입을 통제된, 조정된 체중을 사용한 대상자의 휴식 대사량을 비교해 보는 것이 필요할 것이라 생각된다.

급성기 중환자에 사용되는 열량 계산 공식으로 설정한 25kcal/kg/day의 목표 열량 요구량과 1차, 2차 측정된 휴식 대사량은 본 연구에서 유의하게 상관관계가 있는 것이 확인되었다. 이는 중환자를 대상으로 입실 초기 2주간 간접열량계로 휴식 대사량을 측정했던 Singer 등(2011)의 연구에서 목표 열량 요구량과 휴식 대사량이 유사하였다는 결과를 지지한다. 그러나 선행연구에서 초기 10일간 지속적으로 측정했던 휴식 대사량이 유의하게 달랐던 것에 반해 본 연구는 1차, 2차 휴식 대사량이 유의한 관계가 있는 것으로 확인되었다. 측정 간격에 따라 상이한 결과값이 도출된 것으로 생각되며 반복 연구를 통한 확인이 필요하겠다.

1차, 2차 휴식 대사량은 심박동수가 100회/분을 초과하는 대상자와 100회/분 이하인 대상자에서 통계적으로 유의하게 차이가 있었고, 심박동수는 1차, 2차 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 이는 선행연구에서 심박동수의 증가할수록 휴식 대사량도 증가한다는 결과를 지지한다(De Waele et al., 2021). 다른 연구에서 임신부의 심박동수 증가는 휴식 대사량과 유의한 상관관계가 있었고(Blackburn & Calloway, 1985), 운동 중에 측정한 심박동수에 관한 연구에서 예측 방정식을 통해 산출된 휴식 대사량과 심박동수를 이용하여 추정된 휴식 대사량은 높은 상관성을 가진 것으로 나타났다(Rennie et al., 2001). 심박동수의 상승은 신체 대사활동의 증가를 의미하며, 이에 따라 측정되는 휴식 대사량도 함께 증가한 것으로 설명될 수 있다. 선행연구들의 결과는 본 연구와 직접적인 비교는 어렵지만, 심박동수가 휴식 대사량과 상관성이 있다는 내용을 뒷받침한다. 또, 본 연구에서 1차 측정 시 심박동수는 60회/분 미만과 100회/분 초과가 모두 휴식 대사량의 영향요인이었지만, 2차 측정 시에는 100 회/분을 넘을 때 휴식 대사량에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 결과는 시시각각 변화하는 중환자의 특성을 고려하여 해석되어야 할 것이며, 측정 시 대상자의 진정 정도 등을 비교하는 추

가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다.

인공호흡기 분당 환기량은 1차, 2차 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인으로 확인되었다. 인공호흡기를 24시간 이상 적용하고 있는 환자를 대상으로 한 연구에서 인공호흡기 분당 환기량은 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인이었고(Faisy et al., 2003), 메타분석 연구에서 인공호흡기 분당 환기량이 0.5L/min 증가할 때마다 휴식 대사량이 12kcal/day 증가하였다(Mtaweh et al., 2019). De waele 등(2021)의 연구에서 인공호흡기 분당 환기량의 증가는 휴식 대사량을 증가시키는 영향 요인이었다. 본 연구 결과는 이와 같은 선행연구 결과를 지지한다.

본 연구에서 혈압 상승제 사용, WBC, CRP, 재활 여부, CRRT 적용 여부 등은 휴식 대사량에 영향을 미치지 않았다. 만성 신질환 환자에서 휴식 대사량과 CRP 사이에 유의한 관계가 있다는 연구(Avesani et al., 2004)나 만성 폐쇄성 폐질환 환자에서 CRP와 휴식 대사량 간에 유의한 관계가 있다는 연구(Broekhuizen et al., 2006), 재활, CRRT, 혈압 상승제의 사용이 휴식 대사량을 증가시킨다(De Waele et al., 2021)는 등의 선행연구와 상이한 결과이다. 본 연구의 대상자는 중환자실 입실 2주 이내의 환자로, 간접열량계 2차 측정 시까지 재활을 시작한 대상자가 많지 않았다. 또한 입실 이후부터 고용량의 혈압 상승제를 지속적으로 사용하는 대상자가 많았고, CRRT 적용 대상자도 1차와 2차 측정 시 차이가 거의 없었다. CRP도 정상 범위에서 크게 벗어나는 대상자가 많았기에 선행연구와 대상자 군의 특성이 달랐을 것으로 예상되며, 비슷한 중증도의 대상자들을 통한 추가 연구를 통해 대상자의 임상적 특성과 휴식 대사량의 관계를 명확하게 밝히는 것이 필요할 것이라 생각된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 일개 병원의 외과계 중환자실 환자를 대상으로 한 후향적 연구로 간접열량계 측정 당시 대상자의 임상적 변화를 모두 담아내지 못했을 가능성이 있으며, 다양한 질환을 가진 대상자로의 확대 연구가 필요하다. 또 간접열량계 측정은 대상자 상태가 변할 때마다 필요하지만(Achamrah et al., 2021), 본 연구는 일주일 간격으로 측정된 자료를 사용하였기 때문에 변화되는 임상 상태에 따른 간접열량계 반복 측정 및 연구가 필요하다. 둘째, 간접열량계 측정의 제한 사항으로 인해 제외된 대상자가 많았다. 또한 본 연구는 중환자실 입실 후 2주 이내의 대상자만을 대상으로 한 연구로 중환자의 대사적 변화에 따른 비교가 필요하다. 차후 반복 연구를 통해 좀 더 많은

대상자의 휴식 대사량 및 호흡계수를 측정하여 일반화를 위한 비교도 필요하겠다. 셋째, 비교 가능한 선행연구가 많지 않고 선행연구의 일관성이 명확하지 않아 연구의 타당성 입증을 위한 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구는 외과계 중환자실 환자를 대상으로 측정된 간접열량계 휴식 대사량과 호흡계수를 분석하고 휴식 대사량의 영향 요인을 확인하는 연구로, 임상에서 영양치료를 위해 활용할 수 있는 자료라는 것에 의의가 있다. 중환자의 효과적인 영양치료를 위해서는 대상자의 상태 변화에 따른 반복적인 간접열량계의 측정이 필요하며, 환자의 임상 상황을 고려하여 휴식 대사량 및 호흡계수를 알맞게 활용하는 방안에 대한 심도 깊은 논의가 필요할 것으로 판단된다.

## VI. 결론 및 제언

### 1. 결론

본 연구는 외과계 중환자실에 입실한 환자를 대상으로 측정된 간접열량계 휴식 대사량과 호흡계수를 확인하고, 휴식 대사량에 영향을 미치는 요인을 규명하여 임상 상황에서 효과적인 영양치료를 위한 기초자료를 만들기 위해 수행되었다. 연구 결과 1차 측정된 휴식 대사량은 나이, BMI, 뇌혈관 질환 과거력 유무, 심박동수에 따라 유의한 차이가 있었고 2차 측정된 휴식 대사량은 BMI, 심박동수에 따라 유의한 차이가 있었다. 목표 열량 요구량과 인공호흡기 분당 환기량은 1차, 2차 휴식 대사량과 유의한 상관관계가 있었고, 2차 측정된 휴식 대사량은 영양 공급량 정도와 유의한 상관관계가 있었다. 1차 측정 시 휴식 대사량의 영향 요인은 나이, BMI, 심박동수, 인공호흡기 분당 환기량이었고, 2차 측정 시의 영향 요인은 BMI, 심박동수, 인공호흡기 분당 환기량이었다. 이러한 결과는 임상에서 중환자의 영양 상태를 증진시키기 위한 치료 계획을 세우는 데 있어서, 측정된 휴식 대사량을 효과적으로 반영하기 위한 참고 자료가 될 수 있으리라 생각된다. 본 연구의 대상자는 대사적 요구도가 높은 중환자실 입실 초기의 환자들로, 적절한 영양치료 방법에 대해서는 아직까지도 논의가 이어지고 있는 실정이다. 연구 결과를 바탕으로 급성기 중환자에 효과적인 영양치료를 할 수 있는 전략을 마련하는 것이 필요하겠다.

### 2. 제언

이상의 결과를 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 연구 결과의 일반화를 위해 다양한 질환을 가진 중환자로의 확대 연구를 제언한다.

둘째, 간접열량계 반복 측정을 통해 중환자의 대사적 변화에 대한 분석을 제언한다.

셋째, 휴식 대사량 및 호흡계수에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위한 반복 연구를 제안한다.



## 참고문헌

- Achamrah, N., Delsoglio, M., De Waele, E., Berger, M. M., & Pichard, C. (2021). Indirect calorimetry: The 6 main issues. *Clinical Nutrition*, 40(1), 4-14.  
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.06.024>
- Ahn, S., Na, S. H., Chang, C. H., Lim, H., Lee, D. C., & Shin, C. S. (2012). Effects of APACHE II score and initial nutritional status on prognosis of the critically ill patients. *Korean Journal of Critical Care Medicine*, 27(2), 102-107.  
<https://doi.org/10.4266/kjccm.2012.27.2.102>
- Arabi, Y. M., Haddad, S. H., Tamim, H. M., Rishu, A. H., Sakkijha, M. H., Kahoul, S. H., et al. (2010). Near target caloric intake in critically ill medical surgical patients is associated with adverse outcomes. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 34(3), 280-288.  
<https://doi.org/10.1177/0148607109353439>
- Arabi, Y. M., Aldawood, A. S., Haddad, S. H., Al-Dorzi, H. M., Tamim, H. M., Jones, G., et al. (2015). Permissive underfeeding or standard enteral feeding in critically ill adults. *New England Journal of Medicine*, 372(25), 2398-2408.  
<http://doi.org/10.1056/NEJMoa1502826>
- ASPEN Board of Directors and The Clinical Guidelines, Task Force. (2002). Guidelines for the use of parenteral and enteral nutrition in adult and pediatric patients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 26(1).
- Avesani, C. M., Draibe, S. A., Kamimura, M. A., Colugnati, F. A. B., & Cuppari, L. (2004). Resting energy expenditure of chronic kidney disease patients: influence of renal function and subclinical inflammation. *American Journal of Kidney Diseases*, 44(6),

1008-1016.

<https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2004.08.023>

Bae, E., Kang, S., Kim, M., Jang, J., Lim, H., & Kim, T. (2020). Comparison of energy requirements of patients with brain injury of the intensive care unit: indirect calorimetry vs. predictive equations. *Journal of the Korean Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 12(2), 41-47.

<https://doi.org/10.15747/jcn.2020.12.2.41>

Blackburn, M. W., & Calloway, D. H. (1985). Heart rate and energy expenditure of pregnant and lactating women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 42(6), 1161-1169.

Broekhuizen, R., Wouters, E. F., Creutzberg, E. C., & Schols, A. M. (2006). Raised CRP levels mark metabolic and functional impairment in advanced COPD. *Thorax*, 61(1), 17-22.

<http://dx.doi.org/10.1136/thx.2005.041996>

Choi, Y. J., & Lee, J. M. (2017). Current trend of nutritional support treatment guidelines for critically ill patients. *Journal of the Korean Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 9(2), 38-47.

<https://doi.org/10.15747/jcn.2017.9.2.38>

Choi, H. J. (2018). *Nutritional status change investigation according to NST nutrition intervention of EN and PN patients at intensive care unit*. Ulsan university, Ulsan.

Chow, R., Bruera, E., Chiu, L., Chow, S., Chiu, N., Lam, H., .et al. (2016). Enteral and parenteral nutrition in cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *AME Publishing Company*, 5(1), 30-41.

<http://doi.org/10.3978/j.issn.2224-5820.2016.01.01>

Cheng, Y., Yang, X., Na, L. X., Li, Y., & Sun, C. H. (2016). Gender- and age-specific REE and REE/FFM distributions in healthy Chinese adults. *Nutrients*, 8(9), 536.

<https://doi.org/10.3390/nu8090536>

Chung, C. K., Whitney, R., Thompson, C. M., Pham, T. N., Maier, R. V., &

- O'Keefe, G. E. (2013). Experience with an enteral-based nutritional support regimen in critically ill trauma patients. *Journal of the American College of Surgeons*, 217(6), 1108-1117.  
<https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2013.08.006>
- De Waele, E., Jonckheer, J., & Wischmeyer, P. E. (2021). Indirect calorimetry in critical illness: a new standard of care?. *Current Opinion in Critical Care*, 27(4), 334-343.  
<http://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000844>
- Duan, J. Y., Zheng, W. H., Zhou, H., Xu, Y., & Huang, H. B. (2021). Energy delivery guided by indirect calorimetry in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Critical Care*, 25(1), 1-10.  
<https://doi.org/10.1186/s13054-021-03508-6>
- Elamin, E. M., & Camporesi, E. (2009). Evidence-based nutritional support in the intensive care unit. *International Anesthesiology Clinics*, 47(1), 121-138.  
<http://doi.org/10.1097/AIA.0b013e3181950055>
- Fabiano Alves, V. G., da Rocha, E. E. M., Gonzalez, M. C., Vieira da Fonseca, R. B., & do Nascimento Silva, M. H. (2020). Resting energy expenditure measured by indirect calorimetry in obese patients: variation within different BMI ranges. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 44(1), 129-137.  
<https://doi.org/10.1002/jpen.1589>
- Faisy, C., Guerot, E., Diehl, J. L., Labrousse, J., & Fagon, J. Y. (2003). Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(2), 241-249.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/78.2.241>
- Frankenfield, D. C., Wiles 3rd, C. E., Bagley, S., & Siegel, J. H. (1994). Relationships between resting and total energy expenditure in injured and septic patients. *Critical Care Medicine*, 22(11), 1796-1804.

- Gaillard, C., Alix, E., Sallé, A., Berrut, G., & Ritz, P. (2007). Energy requirements in frail elderly people: a review of the literature. *Clinical Nutrition, 26*(1), 16-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2006.08.003>
- Geisler, C., Braun, W., Pourhassan, M., Schweitzer, L., Glüer, C. C., Bosy-Westphal, et al. (2016). Gender-specific associations in age-related changes in resting energy expenditure (REE) and MRI measured body composition in healthy Caucasians. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences, 71*(7), 941-946.  
<http://doi.org/10.1093/gerona/glv211>
- Giovannini, I., Boldrini, G., Castagneto, M., Sganga, G., Nanni, G., Pittiruti, M., et al. (1983). Respiratory quotient and patterns of substrate utilization in human sepsis and trauma. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 7*(3), 226-230.  
<https://doi.org/10.1177/0148607183007003226>
- Hong, S. K. (2015). Nutrition therapy in critically ill patients. *The Journal of Korean Diabetes, 16*(1), 11-17.  
<http://dx.doi.org/10.4093/kjd.2015.16.1.11>
- Jeong, H. B., Park, S. H., & Ryu, H. G. (2018). Nutritional support for neurocritically ill patients. *Journal of Neurocritical Care, 11*(2), 71-80.  
<http://doi.org/10.18700/jnc.180070>
- Kim, S. H., Yu, H. C., Cho, B. H., Chae, S. W., Jeong, M. J., Choi, Y. R., et al. (2013). A comparison between measured and predicted resting energy expenditure of pancreaticoduodenectomy patients. *Journal of the Korean Society for Parenteral and Enteral Nutrition, 5*(1), 24-30.  
<https://doi.org/10.15747/jcn.2013.5.1.24>
- Lee, A., Kim, E. M., Park, C., & Rha, M. Y. (2019). Current guidelines on

clinical nutrition in intensive care units based on ESPEN 2018. *Journal of the Korean Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 11(2), 31-37.

<http://doi.org/10.15747/jcn.2019.11.2.31>

Lee, S. J., Lee, H. J., Jung, Y. J., Han, M., Lee, S. G., & Hong, S. K. (2021). Comparison of measured energy expenditure using indirect calorimetry vs predictive equations for liver transplant recipients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 45(4), 761-767.

<https://doi.org/10.1002/jpen.1932>

McClave, S. A., Lowen, C. C., Kleber, M. J., McConnell, J. W., Jung, L. Y., & Goldsmith, L. J. (2003). Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 27(1), 21-26.

<https://doi.org/10.1177/014860710302700121>

McClave, S. A., Martindale, R. G., Vanek, V. W., McCarthy, M., Roberts, P., Taylor, B., et al. (2009). Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN). *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 33(3), 277-316.

<https://doi.org/10.1177/0148607109335234>

McClave, S. A., Martindale, R. G., & Kiraly, L. (2013). The use of indirect calorimetry in the intensive care unit. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 16(2), 202-208.

<https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32835dbc54>

McClave, S. A., Taylor, B. E., Martindale, R. G., Warren, M. M., Johnson, D. R., Braunschweig, C., et al. (2016). Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: society of critical care medicine (SCCM) and american society for parenteral and enteral nutrition (ASPEN). *Journal of*

*Parenteral and Enteral Nutrition*, 40(2), 159–211.

<http://doi.org/10.1177/0148607115621863>

Ministry of Health and Welfare, *Standard for recognizing insurance No.2020-19*. Retrieved January 25, 2022 from

<https://www.hira.or.kr/rd/insuadtcrttr/InsuAdtCrtrPopup.do?mtgHmeDd=20200201&sno=1&mtgMtrRegSno=0002>

Moonen, H. P. F. X., Beckers, K. J. H., & van Zanten, A. R. H. (2021). Energy expenditure and indirect calorimetry in critical illness and convalescence: current evidence and practical considerations. *Journal of Intensive Care*, 9(1), 1–13.

<https://doi.org/10.1186/s40560-021-00524-0>

Mtaweh, H., Agüero, M. J. S., Campbell, M., Allard, J. P., Pencharz, P., Pullenayegum, E., et al. (2019). Systematic review of factors associated with energy expenditure in the critically ill. *Clinical Nutrition ESPEN*, 33, 111–124.

<https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.06.009>

Oh, S. J. (2021). Perioperative nutritional support. *Journal of the Korean Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 13(1), 7–11.

<https://doi.org/10.15747/jcn.2021.13.1.7>

Oshima, T., Berger, M. M., De Waele, E., Guttormsen, A. B., Heidegger, C. P., Hiesmayr, M., et al. (2017). Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical Nutrition*, 36(3), 651–662.

<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.06.010>

Park, C. M. (2013). Nutritional support in critically ill surgical patients. *Journal of the Korean Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 5(1), 15–19.

<https://doi.org/10.15747/jcn.2013.5.1.15>

Park, J. S., & Yim, J. E. (2018). Comparison of predicted and measured resting energy expenditure in overweight and obese Korean women.

- Korean Journal of Community Nutrition*, 23(5), 424-430.  
<https://doi.org/10.5720/kjcn.2018.23.5.424>
- Patkova, A., Joskova, V., Havel, E., Najpaverova, S., Uramova, D., Kovarik, M., et al. (2018). Prognostic value of respiratory quotients in severe polytrauma patients with nutritional support. *Nutrition*, 49, 90-95.  
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.10.013>
- Poehlman, E. T. (1989). A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5), 515-525.
- Rennie, K. L., Hennings, S. J., Mitchell, J. O., & Wareham, N. J. (2001). Estimating energy expenditure by heart-rate monitoring without individual calibration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 939-945.  
<https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00013>
- Rubinson, L., Diette, G. B., Song, X., Brower, R. G., & Krishnan, J. A. (2004). Low caloric intake is associated with nosocomial bloodstream infections in patients in the medical intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 32(2), 350-357.  
<http://doi.org/10.1097/01.CCM.0000089641.06306.68>
- Singer, P., Anbar, R., Cohen, J., Shapiro, H., Shalita-Chesner, M., Lev, S., et al. (2011). The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Medicine*, 37(4), 601-609.  
<https://doi.org/10.1007/s00134-011-2146-z>
- Singer, P., Blaser, A. R., Berger, M. M., Alhazzani, W., Calder, P. C., Casaer, M. P., et al. (2019). ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical Nutrition*, 38(1), 48-79.  
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.037>
- Tatucu Babet, O. A., Ridley, E. J., & Tierney, A. C. (2016). Prevalence of underprescription or overprescription of energy needs in critically ill

mechanically ventilated adults as determined by indirect calorimetry: a systematic literature review. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 40(2), 212-225.

<https://doi.org/10.1177/0148607114567898>

Tatucu-Babet, O. A., Fetterplace, K., Lambell, K., Miller, E., Deane, A. M., & Ridley, E. J. (2020). Is energy delivery guided by indirect calorimetry associated with improved clinical outcomes in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Nutrition and Metabolic Insights*, 13, 1178638820903295.

<https://doi.org/10.1177/1178638820903295>

Villet, S., Chiolero, R. L., Bollmann, M. D., Revely, J. P., Cayeux, M. C., Delarue, J., et al. (2005). Negative impact of hypocaloric feeding and energy balance on clinical outcome in ICU patients. *Clinical Nutrition*, 24(4), 502-509.

<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.03.006>

Wischmeyer, P. E., Hasselmann, M., Kummerlen, C., Kozar, R., Kutsogiannis, D. J., Karvellas, C. J., et al. (2017). A randomized trial of supplemental parenteral nutrition in underweight and overweight critically ill patients: the TOP-UP pilot trial. *Critical Care*, 21(1), 1-14.

<https://doi.org/10.1186/s13054-017-1736-8>

Yang, S., Jung, S., Lee, J. H., Kwon, J., & Kim, Y. (2022). Association of the initial level of enteral nutrition with clinical outcomes in severe and multiple trauma patients. *Journal of Nutrition and Health*, 55(1), 85-100.

<https://doi.org/10.4163/jnh.2022.55.1.85>

Zusman, O., Kagan, I., Bendavid, I., Theilla, M., Cohen, J., & Singer, P. (2019). Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: a retrospective validation. *Clinical Nutrition*, 38(3), 1206-1210.



<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.04.020>

## 부록 1. 증례기록지

1. 일반적 특성					
나이		성별	<input type="checkbox"/> 남 <input type="checkbox"/> 여	키	cm
체중	kg		BMI		
중환자실 입실사유	① GI failure ② Respiratory failure ③ Cardiovascular ④ Liver disease ⑤ Cancer ⑥ Multiple trauma ⑦ Sepsis ⑧ Bleeding ⑨ Others				
기저질환	① 고혈압 ② 당뇨 ③ 심장질환 ④ 신장질환 ⑤ 뇌혈관질환 ⑥ 간질환 ⑦ 기타				
입실경로	<input type="checkbox"/> 응급실 <input type="checkbox"/> 병동 <input type="checkbox"/> 수술장 <input type="checkbox"/> 타 중환자실			APACHE IV score	
중환자실 입실일			중환자실 퇴실일		
수술력			측정 전 수술유무		
인공호흡기 적용일			인공호흡기 제거일		
재활 유무	1차		2차		
CRRT 적용	1차		2차		
체온	1차		2차		
심박동수	1차		2차		
MV	1차		2차		
백혈구 수	1차		2차		
CRP	1차		2차		
혈압상승제 사용유무	1차		2차		
진정제 사용유무	1차		2차		
2. 목표 열량요구량, 간접열량계 측정값, 실제 공급량					
목표열량요구량	구분	휴식 대사량(kcal)	호흡계수	실 공급량(kcal)	
25kcal/kg/day	1차				
	2차				
3. 영양 공급 형태					
1차	① EN    ② PN    ③ EN+PN    ④ 공급 없음				
2차	① EN    ② PN    ③ EN+PN    ④ 공급 없음				

## ABSTRACT

### Clinical Significance and Use of Resting Energy Expenditure measured by Indirect Calorimetry in Nutritional Treatment of Critically Ill Patients

Lee, Su Yeon

Department of Clinical Nursing

The Graduate School of Industry

Directed by Professor

Choi, Hye Ran, RN, MPH

This study was a descriptive research study to determine the resting energy expenditure and respiratory quotient measured by the indirect calorimetry for patients admitted to the surgical intensive care unit and to clarify the clinical meaning and use of the resting energy expenditure. Data collection was conducted from February 1, 2020 to March 20, 2022 on 136 patients admitted to the surgical intensive care unit of a general hospital located in Seoul. The collected data were analyzed through independent t-test, one-way ANOVA, Pearson's correlation coefficient, and multiple linear regression analysis using IBM SPSS/WIN version 27.0 (IBM Corp, NY, USA).

The average value of resting energy expenditure according to the subject's weight was  $23.68 \pm 5.85$  kcal at the first measurement and  $23.75 \pm 6.15$  kcal at the second measurement. Subjects with a respiratory quotient of less than 0.7 were 71 (52.2%) at the first measurement and 38 (27.9%) at the second measurement. The resting energy expenditure had a significant correlation with the target caloric requirement set at 25 kcal/kg/day ( $r = -.557$ ,  $p < .001$  for the first measurement,  $r = -.528$ ,  $p < .001$  for the second measurement). Factors

affecting resting energy expenditure were BMI underweight ( $\beta=.191$ ,  $p=.020$ ), overweight ( $\beta=-.366$ ,  $p<.001$ ), heart rate less than 60 beats/min ( $\beta=-.163$ ,  $p=.023$ ), more than 100 breaths/min ( $\beta=.150$ ,  $p=.037$ ), and ventilation volume per minute of the ventilator ( $\beta=.171$ ,  $p=.016$ ). At the second measurement, BMI underweight ( $\beta=.284$ ,  $p=.001$ ), overweight ( $\beta=-.258$ ,  $p=.001$ ), heart rate more than 100 beats/min ( $\beta=.228$ ,  $p=.001$ ), and the ventilation volume per minute of the ventilator ( $\beta=.225$ ,  $p=.001$ ) were found to be factors affecting resting energy expenditure.

As a result of this study, the factors affecting resting energy expenditure were BMI, heart rate, and ventilation volume per minute of the ventilator. Considering the effect of these characteristics on the resting energy expenditure of the subject during nutritional therapy in clinical practice, it is thought that it will be possible to find a way to effectively improve the nutritional status of critically ill patients.

Key words: Calorimetry, Indirect, Critically illness, Resting energy expenditure, Nutritional status