

# 집중치료실의 측정체계인 SAPS 3

윤소희, 박종국

제주대학교 의학전문대학원

(Received December 10, 2014; Revised December 17, 2014; Accepted December 24, 2014)

## Abstract

### ICU scoring system, SAPS 3

So Hui Yun, Jong Cook Park

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Jeju National University Hospital

The scoring systems used widely in the field of intensive care are prognostic models that estimate the in hospital mortality rate. Many clinicians utilize these systems to measure the severity of illness, predict patient prognosis, and gather information for clinical research. We introduce the SAPS (Simplified Acute Physiology Score) 3 system that one of these scoring system. (J Med Life Sci 2014;11(2):192-196)

**Key Words** : scoring system, SAPS 3, predictive mortality

### Scoring Systems

측정체계는 중환자실에 있는 환자들의 중증도를 평가하기 위하여 개발되었다. 좋은 측정체계는 간단하고 신뢰할 수 있으며 사용자와 무관하게 구현이 쉽고 광범위한 환자에서 적용 가능하여야 한다. 또한 치료에 비의존적이며 결과(outcome)를 향상시키는 데에 기여할 수 있어야 한다. 이러한 측정체계의 개발은 전세계적으로 환자에 따른 임상 결정을 내리는 가이드 라인을 발전시키고 사망률을 예측해 볼 수 있다. 따라서 중환자 관련 분야 뿐만 아니라 여러 분야에서 다양한 측정체계가 개발되어져 왔다 (Table 1).

1981년 APACHE (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation) 측정체계가 개발된 이후<sup>1)</sup>, 1984년에는 SAPS (Simplified Acute Physiology Score)<sup>2)</sup>, 1985년 사망 확률 모델 (Mortality Probability Model)과 같은 다양한 측정체계가 도입되었다<sup>3)</sup>. 시간이 지남에 따라 이러한 모델들은 보정 (calibration)과 경신(update)을 반복하고 있다. 그 결과 가장 최근에 발표된 모델은 2005년 출판된 SAPS 3와 2006년 출판된 APACHE IV 모델이다<sup>4-6)</sup>.

Table 1. Classifying scoring systems.

General Scores	Specialised & Surgical Intensive Care Preop evaluation	Trauma Scores	Therapeutic Intervention Nursing Scores
-SAPS II expanded & predicted mortality	-Lung resection score -EUROSCORE	-ISS -RTS	-TISS -TISS
-APACHE II & predicted mortality	-ONTARIO -Parsonnet score	-TRISS -ASCOT	-28
-SOFA	-System 97 score	-24h - ICU	
-MODS	-QMMI score	Trauma Score	
-ODIN	-POSSUM		
-MPM	-IRISS score		
-LODS	-GCS		
-TRIOS			

SAPS : Simplified Acute Physiology Score

APACHE : Acute Physiology and Chronic Health Evaluation

SOFA : Sequential Organ Failure Assessment

MODS : Multiple Organ Dysfunction Score

ODIN : Organ Dysfunction and/or Infection

MPM : Mortality Probability Model

LODS : Logistic Organ Dysfunction System

TRIOS : Three days recalibrated ICU Outcome Score

POSSUM : Physiologic & Operative Severity Score for the enumeration of Mortality & morbidity

ISS : Injury Severity Score

RTS : Revised Trauma Score

Correspondence to : Jong Cook Park

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Jeju National University School of Medicine, Aran 13gil 15, Jeju-si, Jeju Special Self-governing Province, Republic of Korea, 690-767

E-mail : pjcook@jejunu.ac.kr

**APACHE II**

얼마 전까지만 하더라도 집중치료실에서는 이들 측정체계 중 APACHE II를 사용하여 환자의 사망률을 예측하고 질환의 중증도를 측정하는 지표로 널리 사용하여 왔다. 이 모델은 약 20년 전 발표된 모델이지만 간단하고 사용하기에 접근성이 좋기 때문에 여전히 많이 사용되고 있다<sup>7)</sup>. 본 제주대학교병원에서도 2014년 8월까지의 이러한 APACHE II 모델로 집중치료실 환자들의 예후를 측정해 왔다.

APACHE II 점수는 세가지 요소로 구성되는데 첫째가 급성 생리 점수 (Acute physiology score, APS)이다. 이 항목의 APACHE II 점수의 가장 많은 부분을 차지하는 구성 요소로 집중치료실에 내원 후 24시간 이내에 측정된 12가지 임상 측정치들로 이루어져 있다. 점수를 산정할 때는 시간 내의 가장 비정상

치를 수집한다. 구성 요소 중 둘째는 나이를 보정(age adjustment)하는 것으로 44세 이상의 환자에게 1-6점을 더한다. 마지막으로 만성 건강 평가(chronic health evaluation)로 심장, 폐, 신장, 간 및 면역체계에 만성 중증 기능 장애가 있는 환자의 경우에는 추가적인 보정을 한다(Table 2, 3). APACHE II에서 점수 평가를 위하여 사용하는 로짓(logit)은 다음과 같다.

$$\text{logit for APACHE II} = -3.517 + (\text{APACHE II score}) \times 0.146$$

그러나 이러한 점수체계는 몇 가지 제한점이 있다. 급성 생리 점수는 심혈관계 약물, 기계호흡 및 해열 치료 사용 여부에 관계 없이 측정된 값이며 또한 고령에 대해서는 과도한 가중치를 부과하였다. 만성적 건강 상태 평가에서 영양불량이나 악액질(cachexia)에 대해 고려된 바도 없다<sup>8)</sup>.

Table 2. Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) II scoring system.

Physiologic Variable	High Abnormal Range					Low Abnormal Range					Points
	+4	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	+4		
Temperature - rectal (°C)	≥41°	39 to 40.9°		38.5 to 38.9°	36 to 38.4°	34 to 35.9°	32 to 33.9°	30 to 31.9°	≤29.9°		
Mean Arterial Pressure - mm Hg	≥160	130 to 159	110 to 129		70 to 109		50 to 69		≤49		
Heart Rate (ventricular response)	≥180	140 to 179	110 to 139		70 to 109		55 to 69	40 to 54	≤39		
Respiratory Rate (non-ventilated or ventilated)	≥50	35 to 49		25 to 34	12 to 24	10 to 11	6 to 9		≤5		
Oxygenation: A-aDO <sub>2</sub> or PaO <sub>2</sub> (mm Hg) a. FIO <sub>2</sub> ≥0.5 record A-aDO <sub>2</sub> b. FIO <sub>2</sub> <0.5 record PaO <sub>2</sub>	≥500	350 to 499	200 to 349		<200  PO <sub>2</sub> >70			PO <sub>2</sub> 61 to 70	PO <sub>2</sub> 55 to 60	PO <sub>2</sub> <55	
Arterial pH (preferred)	≥7.7	7.6 to 7.69		7.5 to 7.59	7.33 to 7.49		7.25 to 7.32	7.15 to 7.24	<7.15		
Serum HCO <sub>3</sub> (venous mEq/l) (not preferred, but may use if no ABGs)	≥52	41 to 51.9		32 to 40.9	22 to 31.9		18 to 21.9	15 to 17.9	<15		
Serum Sodium (mEq/l)	≥180	160 to 179	155 to 159	150 to 154	130 to 149		120 to 129	111 to 119	≤110		
Serum Potassium (mEq/l)	≥7	6 to 6.9		5.5 to 5.9	3.5 to 5.4	3 to 3.4	2.5 to 2.9		<2.5		
Serum Creatinine (mg/dl) Double point score for acute renal failure	≥3.5	2 to 3.4	1.5 to 1.9		0.6 to 1.4		<0.6				
Hematocrit (%)	≥60		50 to 59.9	46 to 49.9	30 to 45.9		20 to 29.9		<20		
White Blood Count (total/mm <sup>3</sup> ) (in 1000s)	≥40		20 to 39.9	15 to 19.9	3 to 14.9		1 to 2.9		<1		
Glasgow Coma Score (GCS) Score = 15 minus actual GCS											
A. Total Acute Physiology Score (sum of 12 above points)											
B. Age points (years) ≤44=0; 45 to 54=2; 55 to 64=3; 65 to 74=5; ≥75=6											
C. Chronic Health Points (see below)											
Total APACHE II Score (add together the points from A+B+C)											

Table 3. Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) II score estimation.

Interpretation of Score:	
Score	Death Rate (%)
0-4	4
5-9	8
10-14	15
15-19	25
20-24	40
25-29	55
30-34	75

**SAPS 3**

2014년 9월부터 12월까지 집중치료실 운영에 대한 평가 기간에 속하게 된다. 이번 평가 항목 중 예측 사망률을 측정하는 기준을 SAPS 3로 권고하고 있다. 이에 따라 본원 집중치료실에서는 SAPS 3를 이용한 평가가 원활하게 이루어 질 수 있도록 병원내 전산망에서 검사 결과 및 입원 자료를 연동하여 점수체계를 입력하고 사망률을 예측할 수 있도록 프로그램을 구현하여 현재 사용 중이다.

SAPS 측정체계는 2005년 가장 최신 버전인 SAPS 3가 발표되었다<sup>4)</sup>. 특히 SAPS 3 모델의 이점 중 하나는 데이터의 수집 창이 짧다는(1시간) 것으로 이는 자료 추출 시간을 절약할 수 있고, 선별에 유용한 것으로 알려진 바 있다. 전세계적으로 중환자실에서 이 모델을 사용한 결과 연구된 바로는 판별력(discrimination)은 좋으나 보정력(calibration)이 떨어지는 것으로 발표되고 있다<sup>9-13)</sup>.

SAPS 3에서는 전체 309개의 집중치료실 환자 22,791명을 대상으로 하여 중복 입원환자 1,455명을 제외하고 16세 미만의 환자 628명, 집중치료실 입·퇴원 데이터가 명확하지 않은 환자 1,074명과 결과가 기록되지 않은 환자 57명을 제외하여 기본

SAPS 3 코호트 연구에 307개의 집중치료실 총 19,577명의 환자를 포함시켰다. 여기에 퇴원 시 활력징후가 누락된 2,540명과 기간 내 여전히 입원 중인 환자 253명을 제외하여 결국 303개의 집중치료실 환자 총 16,784명을 포함시켰다. 참여 지역도 유럽 내로만 국한 시키지 않고 온라인을 통한 데이터 수집 체계를 구축하여 호주, 중남미, 북미, 지중해 국가 등이 코호트 환자군에 포함되었다(Table 4).

개념적으로 SAPS 3 입원 점수(admission score)는 다음과 같은 부분을 포함하여 세 영역의 점수를 산술 합으로 표현한다 (Table 5).

**Table 4.** Most common internationally recognized risk adjusted models for mortality prediction in intensive care unit.

Severity of illness model	Year	Timing of score	Cohort size	ICU units	ICU countries
SAPS	1984	1 <sup>st</sup> 24h	679	8	France
SAPS 2	1993	1 <sup>st</sup> 24h	13,152	137	Europe/USA
SAPS 3	2005	Admission	16,784	303	Europe, Australia, South and Central America
MPM I	1987	Admission	1,997	1	USA
MPM II <sup>o</sup>	1993	Admission	19,124		USA/Europe
APACHE I	1981	1 <sup>st</sup> 24h	805	2	USA
APACHE II	1985	1 <sup>st</sup> 24h	5,815	13	USA
APACHE III	1991	1 <sup>st</sup> 24h	17,440	40	USA
APACHE IV	2006	1 <sup>st</sup> 24h	110,558	104	USA

**Table 5.** Simplified Acute Physiology Score (SAPS) 3 admission score.

Patient characteristics before admission	Circumstances surrounding admission	Acute physiological changes within 1 hours before or after admission
Age	Planned or unplanned	GCS
Length of stay before ICU admission	Reason for admission (diagnostic group)	Total bilirubin
Intra-hospital location before admission	Surgical status at ICU admission	Body temperature
Comorbidities	Anatomical site of surgery	Creatinine
Use of therapeutic options before ICU adm.	Acute infection at ICU admission	Heart rate
		Leukocytes
		pH
		Platelets
		Systolic blood pressure
		Oxygenation

1. 집중치료실 입원 전 알고 있었던 환자의 특성  
: 나이, 이전 건강상태, 동반질환, 집중치료실 입원 전의 환자 위치(응급실, 수술실, 병동, 다른 집중치료실 등), 병원 체류 기간 및 주로 사용한 치료 내용
2. 집중치료실 입원 당시의 상황  
: 사유, 수술 부위의 해부학적 위치(해당하는 경우), 입원의 계획성 여부 및 감염과 수술 상태
3. 집중치료실 입원 당시(입원 1시간 전·후) 생리적 장애의 존재 및 그 정도

이후 통계 및 분석을 할 때에는 교차검증을 위하여 이전에 제안된 것과 같이 무작위로 데이터베이스로부터 환자의 수에 따라 비슷한 사이즈의 다섯 가지 분야를 추출하고<sup>14)</sup> 모델의 복잡성을 감소시키기 위하여 로지스틱 회귀 분석을 사용하였다<sup>15)</sup>. 원내 사망률을 예측할 때에는 수축 파워 변환을 위하여 로그로 전환하여 사용하였다. SAPS 3 점수 평가를 위해 사용한 로짓과 예측사망률은 다음과 같은 공식을 사용하였다.

$$\text{logit for SAPS 3} = -32.6659 + \log_e(\text{SAPS 3 score} + 20.5958) \times 7.3068$$

$$\text{probability of death} = \frac{e^{\text{logit}}}{1 + e^{\text{logit}}} \times 100$$

SAPS 3는 집중치료실의 평가에서 개별 환자를 평가해낼 수 있다. 그리하여 개별 환자 평가 시스템은 (1) 만성 건강 상태 및 이전 치료 (2) 중환자실 입원 관련 상황 (3) 생리적 기능 저하의 존재와 정도 등과 같이 예후의 상대적 기여도를 분리하여 구축한다. 흥미로운 점은 입원 점수 첫째 항목인 집중치료실 입원 전에 알고 있던 환자의 정보로 전체 모델의 예측력 절반 이상이 달성된다는 점이다. 예후 모델의 생리적 기능은 또한 22.5%는 중환자실 입원 당시의 상황과 관련된 데이터인 둘째 항목을 사용하여, 나머지 27.5%는 생리적 데이터의 복합인 셋째 항목으로 예후 모델을 더욱 향상시킬 수 있다.

이러한 모델의 성능을 평가하기 위해서는 몇 가지 기준을 적용하는데 전체 집중치료실 인구에서 퇴원 시 관찰/예측 사망률뿐만 아니라 다른 환자 유형에 맞는 위험 조정 사망률을 이용한다. SAPS 3의 연구 결과는 세계의 지역에 따라 다른 관찰/예측 사망률을 보였고 이는 다른 생활양식(예를 들어 비만, 술, 담배 등과 같은)이나 인구 구성에 따른 유전적 차이와 같은 지역별 변화사항 또한 급성 의료 구조 및 조직과 관련하여 지속적으로 탐색되어야 한다.

SAPS 3는 데이터 수집을 집중치료실 입원 전·후 1시간으로 제한하여 대부분 입실 첫 24시간을 기준으로 데이터를 수집하는 다른 모델들과 차이가 있다<sup>6-18)</sup>. ROC 곡선의 감소로 영향을 주는 요인을 최소화 하고 집중치료실에서 발생하는 정확한 시간의 민감도는 증가시켜 결과 예측에 따른 생리적 측정치를 더욱 신뢰성 있게 평가할 수 있다. 또한 집중치료실 입실 후 발생하는 개입이 수행되기 전에 사망률을 예측해 볼 수 있다. 이는 보이드 공간효과(Boyd and Grounds effect : 입실 후 24시간 동안 비정상적 생리적 측정치가 더욱 증가하고 이는 질병의 심각도를 증가

시켜 이에 대응하여 예측 사망률도 증가된 것처럼 보일 수 있음)에 의해 영향을 받을 수 있는 이전 SAPS II나 APACHE II, III 같은 이전의 모든 체계와 비교하여 SAPS 3가 갖는 우월성이라 할 수 있다.

### 향후 계획

현재 본원에서 운영 중인 집중치료실은 크게 다섯 가지로 분류해 볼 수 있다. 외과계 집중치료실, 내과계 집중치료실, 신생아 집중치료실, 심혈관계 집중치료실 및 뇌졸중 집중치료실이 운영되고 있다. 각 집중치료실은 입실하는 환자군의 기준뿐만 아니라 질병의 심각도 및 침상 수도 서로 다르며 기대하는 역할도 다양하다. 따라서 전체를 하나로 묶어서 타 병원이나 다른 나라의 평균치와 비교하기에는 한계가 있다. 실제로 SAPS 3 모델 개발 당시 시행한 자료 수집 및 분석 결과에서도 유럽 내에서도 각 세부 지역별로 질병의 심각도는 27~35점까지, 사망률은 거의 2배에 가까운 정도인 10.8~20.6%까지 다양할 정도로 비교가 어려웠다고 발표하였다<sup>5)</sup>.

앞으로 우리는 본원의 집중치료실 전체뿐만 아니라 각 세부 집중치료실에 따른 평가의 차이 및 다른 연구기관 등에서 발표한 내용과 비교하여 제주도 내의 환자군이 갖는 특성을 연구할 계획이다. 이와 더불어 입원 당시의 점수체계에서 한발 더 나아가 SAPS 3에서 언급하고 있는 위험 조정 사망률에 영향을 줄 수 있는 집중치료실 입실 후 발생 요인에 대한 연구도 수행할 계획이다.

### 참고문헌

- 1) Knaus WA, Zimmerman JE, Wagner DP, Draper EA, Lawrence DE. APACHE—acute physiology and chronic health evaluation: a physiologically based classification system. *Crit Care Med.* 1981;9(8):591-597.
- 2) Le Gall JR, Loirat P, Alperovitch A, et al. A simplified acute physiology score for ICU patients. *Crit Care Med.* 1984;12(11):975-977.
- 3) Lemeshow S, Teres D, Pastides H, Avrunin JS, Steingrub JS. A method for predicting survival and mortality of ICU patients using objectively derived weights. *Crit Care Med.* 1985;13(7):519-525.
- 4) Moreno RP, Metnitz PG, Almeida E, et al. SAPS 3—From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. *Intensive Care Med.* 2005;31(10):1345-1355.
- 5) Metnitz PG, Moreno RP, Almeida E, et al. SAPS 3—From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 1: Objectives, methods and cohort description. *Intensive Care Med.* 2005;31(10):

- 1336–1344.
- 6) Zimmerman JE, Kramer AA, McNair DS, Malila FM. Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) IV: hospital mortality assessment for today's critically ill patients. *Crit Care Med.* 2006;34(5):1297–1310.
  - 7) Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818–829.
  - 8) Marino PL, ed *The ICU Book*. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins 2007.
  - 9) Costa e Silva VT, de Castro I, Liaño F, Muriel A, Rodríguez-Palomares JR, Yu L. Performance of the third-generation models of severity scoring systems (APACHE IV, SAPS 3 and MPM-III) in acute kidney injury critically ill patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2011;26(12):3894–3901.
  - 10) Soares M, Silva UV, Teles JM, et al. Validation of four prognostic scores in patients with cancer admitted to Brazilian intensive care units: results from a prospective multicenter study. *Intensive Care Med.* 2010;36(7):1188–1195.
  - 11) Khwannimit B, Bhurayanontachai R. The performance and customization of SAPS 3 admission score in a Thai medical intensive care unit. *Intensive Care Med.* 2010;36(2):342–346.
  - 12) Sakr Y, Krauss C, Amaral AC, et al. Comparison of the performance of SAPS II, SAPS 3, APACHE II, and their customized prognostic models in a surgical intensive care unit. *Br J Anaesth.* 2008;101(6):798–803.
  - 13) Lee H, Shon YJ, Kim H, Paik H, Park HP. Validation of the APACHE IV model and its comparison with the APACHE II, SAPS 3, and Korean SAPS 3 models for the prediction of hospital mortality in a Korean surgical intensive care unit. *Korean journal of anesthesiology.* 2014;67(2):115–122.
  - 14) Hastie T TR, Friedman J, ed *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*: Springer, Berlin Heidelberg New York; 2001.
  - 15) Bauder P PB, Hackl P. Model selection by multiple test procedures. *Statistics.* 1988;19:39–44.
  - 16) Bosman RJ, Oudemane van Straaten HM, Zandstra DF. The use of intensive care information systems alters outcome prediction. *Intensive Care Med.* Sep 1998;24(9):953–958.
  - 17) Suistomaa M, Kari A, Ruokonen E, Takala J. Sampling rate causes bias in APACHE II and SAPS II scores. *Intensive Care Med.* Dec 2000;26(12):1773–1778.
  - 18) Boyd O, Grounds M. Can standardized mortality ratio be used to compare quality of intensive care unit performance? *Crit Care Med.* Oct 1994;22(10):1706–1709.