

의료진이 실제로 필요로 하는 의학계산식은 어떤 것인가? : 의학용 계산기 MedCalc 3000[®]의 1년간 사용 기록 분석

박래웅, 김은엽, 황성철

아주대학교 의과대학 의료정보학과

What kind of medical equations and decision trees do physicians want in their daily activities? : Analysis of one-year MedCalc 3000[®] log data

Rae Woong Park, Eun Yeob Kim, Sung Chul Hwang

Dept. of Medical Informatics, School of Medicine, Ajou University, Suwon, Republic of Korea

Abstract

Objective: Medical personnel require many evidence-based medical equations and decision trees for their daily medical practice, medical education and research. Among the hundreds of medical equations, the essential or frequently used equations are not revealed yet. We tried to reveal the most frequently used medical equations and decision trees. **Methods:** A Korean version of medical equation tool was implemented on the Intranet, which provides 288 medical equations and decision trees. One year after implementation of the system, the log file was analyzed for the use status. **Results:** Of the 288 equations and decision trees, 170 items were visited more than once. The creatinine estimation equation was most frequently used (545 times, 18.7%). Body mass index, Apache II score, diabetes screening decision tree, and unit conversion were followed. **Conclusions:** We found the frequently used medical equations and decision trees in practice by analyzing the server log file. The list would be a reference for incorporation of selected equations into a computerized prescriber-order entry system. (*Journal of Korean Society of Medical Informatics 13-1,27-34, 2007*)

Key words: Evidence-based medicine, Medical Equation, Calculator, Decision Tree, Computerized Prescriber-Order Entry System

논문투고일: 2006년 1월 17일, 심사완료일: 2006년 3월 15일

교신저자: 박래웅, 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지 아주대학교 의과대학 의료정보학과(443-721)

전화: 031-219-5342, Fax: 031-219-4472, E-mail: veritas@ajou.ac.kr

*본 연구는 보건복지부 보건의료기술 인프라 개발 사업(과제고유번호: A050571)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

*This work was partly supported by 2006 grant from "Department of Medical Sciences, The Graduate School, Ajou University"

**저자는 Medcalc3000한국어판에 대하여 저자 소속기관내 사용권한을 제공받았으나, 그 외에 해당 회사와 어떠한 이해관계도 가지고 있지 않음.

I. 서 론

의료진들은 진료나 의학교육 및 의학연구를 수행함에 있어서 다양한 의학용 계산식, 예후 측정을 위한 점수시스템, 의사결정을 위한 가이드라인 또는 의사결정나무 등을 사용하고 있다. 이러한 계산식과 가이드라인은 의료진의 개인 경험이 아닌 과학적 근거에 바탕을 두고 있으며, 교과서나 논문 또는 학회의 지침을 통하여 개별 의료진에게 제시된다.

그러나 일상적인 진료현장에서 근거에 입각하여 업무에 필요한 계산식이나 가이드라인을 사용하기에는 많은 어려움이 따른다. 자주 사용하는 계산식의 경우에는 기억하거나 또는 메모장에 기록하여 계산을 수행하지만, 자주 사용하지 않는 계산식의 경우에는 교과서나 논문을 참조하여 필요한 계산식을 찾아야 하며, 더욱이 계산식이 복잡할 경우 계산과정에서 오류가 발생하기도 한다. 이와 같이 계산식을 이용하기가 불편하기 때문에, 꼭 필요한 경우에 한해서 계산을 수행하게 된다¹⁾.

계산식 이용의 어려움을 덜어주기 위하여 다양한 프로그램들이 개발되어¹⁻³⁾ 임상에서 사용되고 있으며, PDA에 탑재되거나 또는 웹 페이지 형태로 제공되고 있다(Table 1). 그러나, 이러한 프로그램이나 웹사이트들은 사용하는 의료진의 개인적인 관심에 따라 이용될 뿐이며, 병원 차원에서 제공되는 경우는 드물다.

한편, 이러한 자동화된 계산식이 환자의 안전에 도움이 되는 것으로 보고되고 있다. Chan 등은¹⁾ 중환자실에서 gentamicin을 사용할 때, 환자의 신사구체여과율을 이용한 gentamicin 제거율 계산식을 처방전달시스템 내에 장착하여 사용한 결과 부적절한 처방이 두 배 이상 줄어들었음을 보고하였다. 이처럼 일부 병원에서는 몇 가지 계산식에 한하여 병원정보시스템에 내에 계산식을 내장하여 의료진에게 서비스하고 있다¹⁾. 그러나, 수백 가지 계산식 중에서 어떤 계산식이 의사에게 필요한 것인지 개발자입장에서 알 수 없기 때문에, 관심 있는 의사들의 요청에 의해서 간헐적으로 몇 개의 계산식을 제공하는 경우가 대부분이다. 또한 그렇게 제공한 계산식이 실제로 많이 쓰이는지에 대한 조사는 전무한 실정이다.

연구자는 기존에 제공되는 의학계산용 프로그램 중에서 가장 광범위한 계산식을 제공하는 MedCalc 3000®을 한국어로 번역하여 1080병상 규모의 대학병원 내에 서비스하였다. 이후 1년간 사용한 로그파일을 분석하여 어떤 계산식 또는 의사결정나무를 의료진들이 가장 많이 사용하는지 알고자 하였다. 이렇게 얻어진 사용빈도 분석자료는 향후 병원정보시스템을 개선하거나 새로 구축할 때 병원정보시스템이 의료진에게 제공하여야 할 의학용 계산식 및 의사결정지원시스템의 참고목적이 될 수 있을 것으로 기대한다.

Table 1. Medical calculator programs available for handheld computers

Name	Functions	Price	Website
ABG Pro	Blood gas analysis	Free	www.stacworks.com
Archimedes	Multiple calculator	Free	www.skyscape.com
Due Date Calc	Due date calculator	\$9.95	www.pocketgear.com
HanDBase	Multiple calculator with DB	\$29.99	www.handbase.com
Inforetriever	Multiple calculator + drug dosing + references	\$249	www.infopoems.com
Medcalc	Multiple calculator	Free	www.palmgear.com
MedCalc 3000	Multiple calculator	\$29.95	Medcalc3000.com
MedRules	Multiple calculator	Free	Pbrain.hypermart.net
OBGynPocketPro	Multiple obstetric calculation	\$24.95	www.pocketgear.com
Ranson's Criteria	Mortality rate prediction for complications of pancreatitis	Free	www.palmgear.com
Stat Cardiac Clearance	Cardiac risk for surgery	Free	www.statcoder.com
Stat Cholesterol	Cholesterol and risk factor	Free	www.statcoder.com
PregCalc Pro	Multiple obstetric calculation	\$24.95	www.medicaltoolbox.com
Pregtrak	Multiple obstetric calculation	\$15.00	www.stacworks.com

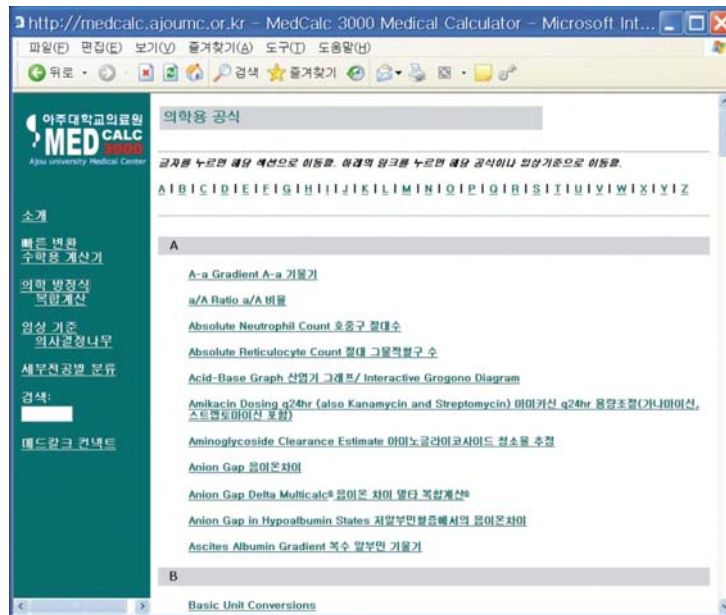


Figure 1. The MedCalc 3000 Korean edition, had been used for the subject hospital. The system contains 157 medical equations, and 131 clinical criteria and decision trees

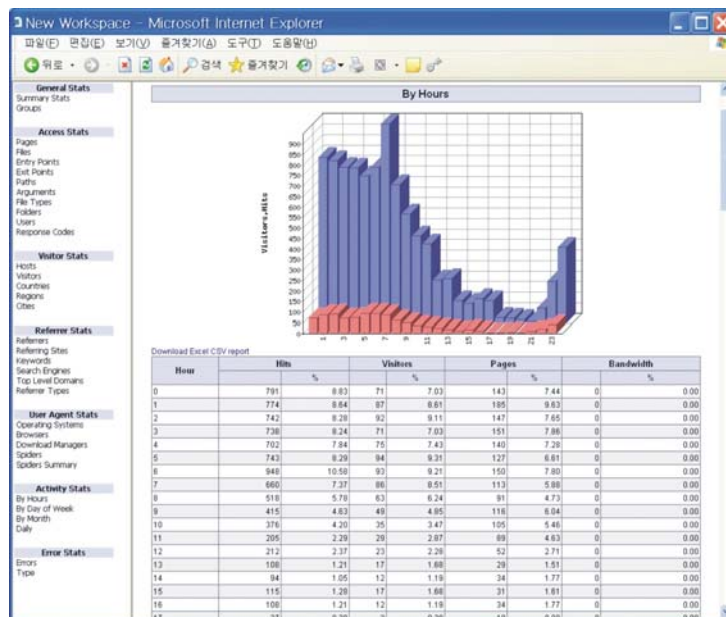


Figure 2. The log analyzer result view

II. 재료 및 방법

MedCalc 3000®(Foundation Internet Service, PA, USA)은 의료진들이 매일 사용하는 광범위한 종류의 의학계산식 157개와 임상기준 및 의사결정나무

131개를 총망라하는 근거의학중심의 프로그램으로서 웹 페이지뿐 아니라 PDA에서도 사용할 수 있다 (Fig 1).

저자 중 1인이(Park) 281개 전 항목에 대하여 한글번역을 실시하였다. 일부 한국 실정에 맞지 않는

Table 2. The summary of server log analysis

Date	Periods	02/Sep/2005 - 01/Sep/2006
	Total number of days	
Hits	Total hits	30,783
	Hits per day	84.3
Pages	Page views	2,917
	Pages per day	8.0
Visitors	Total visitors	958
	Visitors per day	2.6
	Unique users (IP)	288

각종 계산식과 진단기준은 한국인에 적합한 형태로 수정하였다. 예를 들면 ‘Mini-Mental Status Examination’의 경우에 질문항목 중에서 “I’d like you to repeat a phrase after me - say no ifs ands or buts.”와 같은 경우는 간이 정신상태검사(한국판)를 적용하여 “저를 따라 해 보세요 -간장 공장 공장장”과 같이 번역하였다. 번역한 전체 의학계산식은 157개였으며, 임상기준 및 의사결정나무는 131개로서 모두 288개 항목이었다(Fig. 1).

번역한 한국판 MedCalc 3000은 Windows 2000 Professional(Microsoft, USA)을 운영체제로 하는 서버(Xeon 2.7 MP, 2G RAM, 144G HDD)에 탑재하여, 운영체제에 내장된 Internet Information Server version 5.0을 이용하여 병원 인트라넷을 통하여 병원

내부에 공개하였다. 사용자들은 병원 내 인트라넷에 접속된 처방용 컴퓨터에서 프로그램을 바로 실행할 수 있었다. 의료진들에게 병원소식지 및 전자메일 등 다양한 방법으로 서비스 개시를 안내하였다.

서비스 시작 후 1년이 지난 후에, 지난 1년간의 서버 로그파일을 접속통계분석기를 이용하여 분석하였다. 관리자 및 연구자의 접속기록이 사용자의 기록과 섞이지 않도록, 분석에 앞서 관리자 및 연구자의 접속 기록을 로그파일에서 모두 삭제하였다. 로그 분석을 위하여 Web Log Suite version 3.1(Exacttrend Software, Kemerovo, Russia)을 사용하였다(Fig. 2).

III. 결 과

대상 분석기간 동안(2005. 9. 2 - 2006. 9. 1) 총 30,783번의 접속기록이 발생하였으며 1,371명이 방문하였다. 30,783회의 접속기록 중에서 의학계산식이나 의사결정나무 등이 표시되는 페이지를 방문한 유효 접속건수는 2,917건이었다(Table 2).

288개의 의학계산식이나 의사결정나무 중에서 170개만이 1건 이상의 접속기록을 가지고 있었다(Table 3).

가장 많이 이용한 계산식은 신장기능을 측정하는 사구체 여과율 측정계산식이었다(Fig. 3). 이 계산식

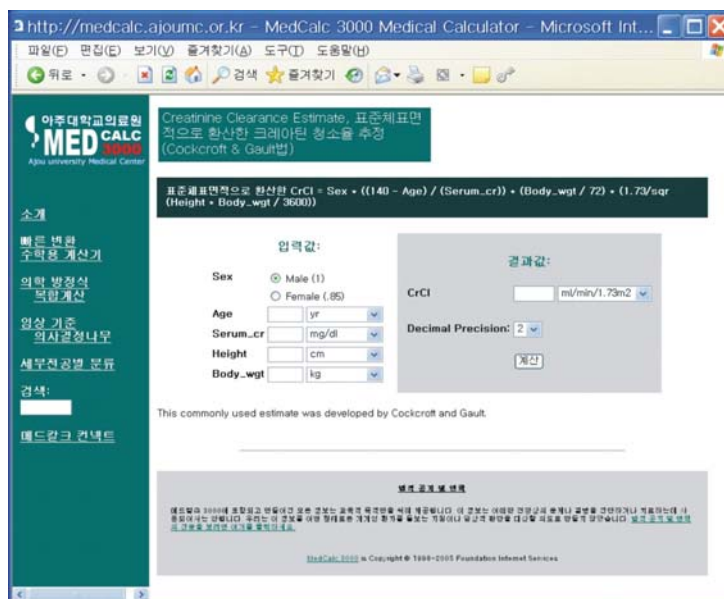


Figure 3. Example of a medical equation. The screen shows a creatinine clearance estimation equation by standard body surface.

Table 3. Top 30 popular medical equations and decision trees

Ranking	Medical equations, criteria or decision trees	Effective Hits	Proportions (%)
1	Creatinine Clearance & GFR Estimation	545	18.7
2	Body Mass Index	191	6.5
3	Apache Score	135	4.6
4	Diabetes Screening Decision Tree	81	2.8
5	Body Fluid Chemistries SI Unit Conversions	79	2.7
6	Cardiac Output	67	2.3
7	Acid Base Graph	61	2.1
8	Pulmonary Embolism Wells Score	55	1.9
9	Cesarean Section Delivery Probability Among Nulliparous Women Decision Tree	54	1.9
10	A-a Gradient	49	1.7
11	Basic Unit Conversions	48	1.6
12	Stage III Pressure Ulcer Decision Tree	43	1.5
13	Amylase to Creatinine Clearance Ratio	42	1.4
14	Framingham Heart Study risk algorithm	41	1.4
15	Arterial Blood Gas Analysis	40	1.4
16	Anion Gap	32	1.1
17	Myocardial Infraction Prediction Decision Tree	32	1.1
18	Carpal Tunnel Syndrome Bivariate Decision Tree	30	1
19	Alcoholic Liver Disease: Criteria for One Year Mortality Prognosis	29	1
20	Corticosteroid Medication Dosing Conversions	29	1
21	Anthrax Screening for Exposed Patients Decision Tree	28	1
22	Warfarin Dosing Decision Tree	28	1
23	Sequential Organ Failure Assessment	27	0.9
24	Ideal Body Weight	26	0.9
25	Pneumonia Risk in Post Operative Period of Non-Cardiac Surgery	26	0.9
26	Child Turcotte Pugh Grading of Liver Disease Severity	24	0.8
27	Multiple Organ Dysfunction Score	24	0.8
28	Community Acquired Pneumonia Severity Scale	23	0.8
29	Burn Injury Fluid Resuscitation	22	0.8
30	GRACE Score for Acute Coronary Syndrome Prognosis	22	0.8

은 연구기간 중 총 545번 사용되었고 전체 유효접속 기록의 18.7%를 차지하였다. 두 번째로 많이 접속한

Table 4. The frequency of use of the medical equation by the user group

Location	Visits(%)
Outpatient	724(24.8%)
Professor Room	505(17.3%)
Ward	413(14.2%)
Resident Room	404(13.8%)
etc.	279(9.6%)
Laboratory	260(8.9%)
Library	195(6.7%)
Conference Room	69(2.4%)
Operation Room	58(2.0%)
Researcher	10(0.3%)
Total	2917(100.0%)

계산식은 체질량지수였다(유효접속 191건, 6.5%). 세 번째로 많이 사용된 계산식은 중환자의 생존을 예측 계산식인 'Apache II score'였다(유효접속 135건, 4.6%). 그 이외에 '당뇨병 선별검사 의사결정나무', 'SI 단위환산', '심박출량 계산', '산염기평형', '폐색전증 Wells 점수', '초산모에서 제왕절개로 출산할 가능성', 'A-a Gradient' 등이 그 뒤를 이었다(Table 3).

접속자의 특성을 파악하기 위하여 로그파일에 나타난 고정 IP 주소를 바탕으로 접속자군을 "외래, 병동, 의국, 검사실, 수술실, 교수연구실, 일반 연구실, 도서관, 회의실, 기타"로 분류하여 각 군별 접속 빈도를 분석하였다. 분석결과 외래에서 접속한 경우가 24.8%로 가장 많았으며 교수연구실 17.3%, 병동 14.2% 그리고 의국 13.8% 순으로 접속빈도가 많았다(Table 4).

IV. 고 찰

연구 결과 의료진들은 신장기능을 나타내는 지표인 크레아티닌 청소율 계산식을 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 신부전은 병원에 입원한 환자들에게 흔히 볼 수 있으며⁴⁻⁷⁾, 신부전환자들은 보통 6가지 이상의 약물을 투여 받는 것으로 알려져 있다^{8,9)}. 많은 약물들이 신장을 통하여 배출되기 때문에 약물투여에 앞서 환자의 신장기능을 측정하는 것은 매우 중요하다. 크레아티닌 청소율 계산식은 혈중 크레아티닌 수치를 이용한 'Modification of Diet in Renal Disease(MDRD) equation'¹⁰⁾과 혈중 크레아티닌 수치 및 체중을 이용하는 Cockcroft - Gault equation¹¹⁾이 많이 이용된다.

1. 표준체표면적으로 환산한 Cockcroft - Gault equation

$$= Sex \times \frac{140 - Age}{Serum Cr} \times \frac{Body Weight(kg)}{72} \times \frac{1.73}{\sqrt{\frac{Height(cm) \times Body Weight(kg)}{3600}}}$$

Sex: Male = 1, Female = 0.85

2. Abbreviated MDRD equation

$$= 186 \times serum Creatinine^{-1.154} \times Age^{-0.203} \times Sex$$

Sex: Male = 1, Female = 0.742

의료진들이 신장기능 계산식을 가장 많이 사용하고 있다는 점과, 신장기능이 저하된 환자의 25%정도가 신독성약물을 과처방 받고 있는 실정¹²⁾을 고려하면 처방단계에서 환자의 신장기능을 바로 계산할 수 있도록 처방전달시스템에 크레아티닌 청소율 계산기능을 구현하는 것이 반드시 필요할 것으로 생각된다.

비만도를 측정하는 계산식인 체질량지수가 두 번째로 많이 사용되었으며, Herman 등이¹³⁾ 고안한 당뇨병 선별검사를 위한 설문지법이 네 번째로 많이 사용되었다. 비만과 당뇨병은 성인병의 가장 중요한 요인으로서, 비만과 당불내성을 특징으로 하는 대사

APACHE II Scoring System and Mortality Estimates (Acute Physiology and Chronic Health disease Classification System II) 아파치 II 점수체계와 사망률 예측

체온 (섭씨) 36-38.4 (0 points)

평균동맥압 (mmHg) 70-109 (0 points)

심박수 70-109 (0 points)

호흡수 12-24 (0 points)

A-aPO2(FiO2>50%) or PaO2(FiO2<50%) < 200 or PaO2 > 70 (0 points)

동맥혈 pH or HCO3 7.33-7.49; 32-40.9 (0 points)

혈청 Na+ (meq/l) 130-149 (0 points)

혈청 K+ (meq/l) 3.5-5.4 (0 points)

혈청 Creatinine (ARF means Acute Renal Failure) 0.6-1.4 (0 points)

Hematocrit 30-45.9 (0 points)

WBC Count(10³/microliter) 3-14.9 (0 points)

Glasgow Coma Score 15 Glasgow 점수를 입력하세요

연령 (세) <= 44 (0 points)

만성적인 건강 문제들

1)개라도 있으면: 1) 조적검사로 확진한 간경변 2) New York Heart Association Class IV 3) 심한 COPD --- 고탄산혈증(Hypercapnia), 가 정용 O2 사용, 혹은 폐고혈 4) 정기적인 투석 중 or 5) 면역억제

None (0 points)

Non-Surgical (5 points)

Emergent operation (5 points)

Elective operation (2 points)

Figure 4. APACHE II score calculation. It consists of complex 14 clinical parameters. The resulting score corresponds to mortality rate prediction of the patient

증후군의 경우 한국 성인의 21%가 이환 되어 있는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾. 향후 비만과 당뇨병으로 인한 질병이 더 증가할 것으로 보이므로 체질량지수 계산식과 당뇨병 선별검사법 또한 처방전달시스템에 반드시 포함되어야 할 것으로 보인다.

Apache II 점수는 중환자실에 입원한 성인환자에 대하여 질병의 심각도를 측정하여 환자의 사망률을 확률로 표시하는 점수체계이다¹⁵⁾. Apache II 점수는 단순한 계산식으로 표현되지 않고 체온, 평균동맥압, 심박수 등 14가지 항목에 대하여 각각의 점수를 합산하여 구하게 된다(Fig. 4). 매우 중요한 점수체계임에도 불구하고 입력항목이 많고 복잡하여 자동화된 계산도구의 도움 없이는 측정하기가 번거롭고 힘들다.

공식적으로 모든 의학문헌에서는 SI unit만을 쓰도록 되어 있다. 그러나, 현실적으로는 장비나 교과서에 SI unit가 아닌 전통적으로 쓰던 다양한 단위가 혼재되어 사용되고 있다. 예로써 LDL 콜레스테롤의 경우 흔히 사용되는 단위는 mg/dL이지만 문헌상에서는 mmol/L 단위로 표시되어 있으므로 단위변환이 불가피한 상황이 많이 벌어진다. 연구결과에서도 단위환산이 다섯 번째로 많이 사용되는 것으로 나타났다. 자세한 변환공식은 <http://www.medal.org/>을 통하여 참고할 수 있다.

그 이외에 심박출량 계산식, 산염기평형, 폐색전증 예측점수 등이 많이 사용된 것으로 조사되었다.

접속자군별 접속 빈도를 조사한 결과 외래에서 접속한 경우가 24.8%로 가장 많았으며 교수연구실 17.3%, 병동 14.2% 그리고 의국 13.8% 순이었다. 임상과 직접관련이 있는 외래, 병동, 교수연구실, 병동, 의국, 검사실, 수술방에서의 접속비율이 전체의 81%를 차지하였다. 보다 정확한 사용자 분석을 위해서 웹사이트 접속시에 사용자 등록과 인증과정을 거치도록 한다면 더욱 정확한 자료를 구할 수 있었을 것이다. 그러나, 임상의사들을 대상으로 하는 시스템에서 이러한 인증과정이 임상의사들의 업무를 방해하여 결과적으로 임상의사에게 외면되어 사용되지 않을 것이라는 우려 때문에 본 연구에서는 인증과정을 생략하였다. 이러한 문제는 바쁜 임상의사를 대상으로 하는 정보시스템에 늘 동반되는 고민거리이다. 만일 처방이나 의무기록과 관련된 정보시스템이라면 사용자의 불편함을 감수하고서라도 적절한 인증시스템의 도입은 필수불가결 할 것이다. 다만, 이 시스템은 진료의 보조수단으로서 환자의 신원정보를 필요로 하지 않으므로 인증절차에 대해서 비교적 자유스러울 것으로 생각된다.

이번 연구에서 사용한 프로그램은 처방전달시스템과 연동되지 않았다. 따라서, 계산에 필요한 변수들을 의료진이 직접 계산 창에 입력하여야만 하였다. 실제 임상에서 원활히 사용되기 위해서는 처방전달시스템과의 연동이 필요할 것으로 보인다. 다만, 수 백 가지에 이르는 계산식을 처방전달시스템 내에 모두 구현하는 것은 매우 힘들 것으로 예상되기 때문에, 사용빈도가 높은 일부 계산식에 한해서 처방전달시스템 내에서 직접 작동할 수 있도록 구현할

예정이다.

구체적으로 병원 내에서 흔히 사용되는 계산식은 병원의 규모와 환경에 따라 다를 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구결과를 일반화하여 모든 병원에 그대로 사용할 수는 없겠지만, 처방전달시스템 내에 계산식을 구현하고자 하는 경우에 참고자료로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Chan A, Wang H, Leung H. Incorporation of a gentamicin dosage calculator into a computerized prescriber-order-entry system. *Am J Health Syst Pharm* 2006;63(14):1344-1345.
2. Blackledge CG Jr, Veltri MA, Matlin C, Sparkes W, Lehmann CU. Patient safety in emergency situations: A web-based pediatric arrest medication calculator. *J Healthc Qual* 2006;28(2):27-31.
3. Lloyd P, Freebairn R. Using quantitative acid-base analysis in the ICU. *Crit Care Resusc* 2006;8(1):19-30.
4. Chertow GM, Lee J, Kuperman GJ, Burdick E, Horsky J, Seger DL, et al. Guided medication dosing for inpatients with renal insufficiency. *JAMA* 2001;286(22):2839-2844.
5. Hou SH, Bushinsky DA, Wish JB, Cohen JJ, Harrington JT. Hospital-acquired renal insufficiency: a prospective study. *Am J Med* 1983;74(2):243-248.
6. Levy EM, Viscoli CM, Horwitz RI. The effect of acute renal failure on mortality. A cohort analysis. *JAMA* 1996;275(19):1489-1494.
7. Nolan CR, Anderson RJ. Hospital-acquired acute renal failure. *J Am Soc Nephrol* 1998;9(4):710-718.
8. Lam YW, Banerji S, Hatfield C, Talbert RL. Principles of drug administration in renal insufficiency. *Clin Pharmacokinet* 1997;32(1):30-57.
9. Talbert RL. Drug dosing in renal insufficiency. *J Clin Pharmacol* 1994;34(2):99-110.

10. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med* 1999;130(6):461-470.
11. Cockcroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron* 1976; 16(1):31-41.
12. Choi JE, Lee YH, Kang UG, Cha GU, Seo YU, Lee KY, et al. Evaluation of the Physicians' Nephrotoxic Drugs Overdose Orders: Results of 2-months prescription data analysis. *Journal of Korean Society of Medical Informatics* 2006;12 Suppl 1:1-4.
13. Herman WH, Smith PJ, Thompson TJ, Engulgau MM, Aubert RE. A new and simple questionnaire to identify people at increased risk for undiagnosed diabetes. *Diabetes Care* 1995;18(3):382-387.
14. Park HS, Kim SM, Lee JS, Lee J, Han JH, Yoon DK, et al. Prevalence and trends of metabolic syndrome in Korea: Korean National Health and Nutrition Survey 1998-2001. *Diabetes Obes Metab* 2007;9(1):50-58.
15. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med* 1985;13(10): 818-829.