대한간호학회지 제42권 제5호, 2012년 10월
J Korean Acad Nurs Vol.42 No.5, 689-698
http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2012.42.5.689

인지부하이론을 적용한 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션의 개발 및 효과

김명수[1] · 박정하[1] · 박경연[2]

[1]부경대학교 간호학과, [2]신라대학교 간호학과

Development and Effectiveness of a Drug Dosage Calculation Training Program using Cognitive Loading Theory based on Smartphone Application

Kim, Myoung Soo[1] · Park, Jung Ha[1] · Park, Kyung-Yeon[2]

[1]Department of Nursing, Pukyong National University, Busan
[2]Department of Nursing, Silla University, Busan, Korea

Purpose: This study was done to develop and evaluate a drug dosage calculation training program using cognitive loading theory based on a smartphone application. Calculation ability, dosage calculation related self-efficacy and anxiety were measured. **Methods:** A nonequivalent control group design was used. Smartphone application and a handout for self-study were developed and administered to the experimental group and only a handout was provided for control group. Intervention period was 4 weeks. Data were analyzed using descriptive analysis, χ^2-test, t-test, and ANCOVA with the SPSS 18.0. **Results:** The experimental group showed more 'self-efficacy for drug dosage calculation' than the control group (t=3.82, p<.001). Experimental group students had higher ability to perform drug dosage calculations than control group students (t=3.98, p<.001), with regard to 'metric conversion' (t=2.25, p=.027), 'table dosage calculation' (t=2.20, p=.031) and 'drop rate calculation' (t=4.60, p<.001). There was no difference in improvement in 'anxiety for drug dosage calculation'. Mean satisfaction score for the program was 86.1. **Conclusion:** These results indicate that this drug dosage calculation training program using smartphone application is effective in improving dosage calculation related self-efficacy and calculation ability. Further study should be done to develop additional interventions for reducing anxiety.

Key words: Medication, Self-efficacy, Anxiety, Calculation ability, Effectiveness

서 론

1. 연구의 필요성

세계적으로 환자안전의 중요성이 부각됨에 따라 의료기관에서는 빈발하는 환자의 투약안전에 많은 관심을 기울이고 있다. 국내 병원의 환자안전관련 오류에 대한 일 연구에서 투약관련사항이 전체의 59%를 차지하는 것으로 보고되고(Kim & Kim, 2009), 투약오류는 70.6%가 간호사에 의해 발생되어(Hicks, Becker, Krenzischeck, & Beyea, 2004) 투약오류의 예방은 간호사들의 환자안전증진활동의 결정요인이라 해도 과언이 아니다. Institute of Medicine(IOM) 보고서에 의하면 투약오류 중 용량관련 오류가 전체의 40.9%로 가장 높은 비중을 차지하였고(Aspden, Wolcott, Bootman, & Cronenwett, 2007), 세부적인 내용을 살펴보면 '과다용량' 혹은 '과소용량'으로 투약하는 경우가 대부분이었다(Hicks et al.). 이는 계산착오(Aspden et al.), 계산능력부족, 수학적 개념부족(Mayo & Duncan, 2004)을 위

주요어: 투약, 자기효능감, 불안감, 계산능력, 효과
* 이 논문은 2011학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임 (PK-2011-26).
* This work was supported by the Pukyong National University Research Funds in 2011 (PK-2011-26).
Address reprint requests to : Kim, Myoung Soo
Department of Nursing, Pukyong National University, 599-1 Daeyeon 3-dong, Nam-gu, Busan 608-737, Korea
Tel: +82-51-629-5782 Fax: +82-51-629-7906 E-mail: kanosa@pknu.ac.kr
투고일: 2012년 2월 1일 심사의뢰일: 2012년 2월 22일 게재확정일: 2012년 9월 23일

© 2012 Korean Society of Nursing Science

시하여 용량단위에 대한 이해부족, 투약과정 시 소수점 등에 대한 판독의 어려움, 용도에 따른 용법차이에 대한 지식결여 등(Hicks et al.)이 원인으로 제기된다.

임상에서의 용량관련 투약오류는 단순히 계산능력이나 수학적 개념부족 때문만은 아니다. Bliss-Holtz (1994)는 23명의 간호사와 28명의 학생간호사를 대상으로 계산력과 수학적 개념에 대해 조사한 결과 절반이 넘는 28명이 계산력 및 수학적 개념 능력에 문제가 없었다고 보고하여 또 다른 영향 요인이 있음을 추론하게 하였다. 개인이 업무를 수행하는 능력은 자기효능감에 영향을 받으므로, 자신이 성공적으로 할 수 있다는 신념을 가지고 있다면 실제 업무에서 성공을 거둘 수 있을 것이라 지적되어 왔고, 개인의 자기효능감은 지속적으로 변하며 맞닥뜨린 문제의 유형에 따라서도 다르기 때문에 향상의 여지도 함께 존재한다(Bandura, 1978). 이러한 특성을 약물계산에 적용한다면, 수학적 능력은 수학에 대한 자기효능감(McMullan, Jones, & Lea, 2011)이나 수학적 불안감(Hanna, Shevlin, & Dempster, 2008)에 영향을 받으므로 이들 선행요인의 변화는 수학적 능력, 나아가 약물계산역량까지도 변화시킬 것으로 추정된다. 특히, 일 연구에 따르면 간호대학생들의 수학적 불안감의 수준이 높고(Pozehl, 1996) 계산에 대한 자기효능감이 낮으므로, 투약계산능력을 향상시키기 위해서는 지속적인 모니터링과 문제해결능력개발, 실력을 보충할 수 있는 과제를 풀도록 개인적으로 지도하는 것이 좋은 전략이 될 것이라 권고(Brown, 2002)하고 있다.

따라서 학생들로부터 약물계산역량향상을 유도하기 위해서는 수학문제와 같은 복잡한 인지과제를 학습하는데 사용할 수 있는 중요한 교수이론인 인지부하이론(cognitive load theory)을 적용하는 것이 도움이 될 수 있다(Jung, 2010). 인지부하이론이란 정보처리를 위해 인지적 자원을 활용하는 과정에서 인지부하가 발생하여 학습자들은 피로를 느끼게 되므로 인지부하를 줄이고 과제해결능력을 향상시키기 위한 특별한 전략이 필요하다는 이론으로, '스키마 습득'과 '자동화'라는 두 가지의 학습기제로 구성된다. 스키마 습득이란 여러 정보를 하나의 정제된 유형으로 정리하여 그 개념을 파악하는 것이고, 자동화란 스키마 습득 후 수많은 연습과정을 거치게 되면 최소한의 의식적 처리로도 문제를 쉽게 해결하게 되는 원리를 말한다(Sweller, 1994). 이를 약물계산의 인지부하적 훈련에 적용하여, 원리를 습득하게 한 후 자발적으로 반복적인 문제해결연습을 하게 하여 자동화를 이루면 약물계산에 대한 자기효능감과 자기개념이 향상될 것이고, 결국 계산능력의 향상을 가져올 것으로 기대해볼 수 있을 것이다. McMullan 등(2011)은 인지부하이론에 입각하여 인터넷 기반의 상호작용 약물계산 패키지(interactive e-drug calculations package)를 적용한 결과 의미있는 약물계산능력향상과 자신감의 변화를 보여주었다.

현재까지 수행된 국내연구를 살펴보면 투약간호를 중심으로 한 환자안전 프로그램의 효과(Kim et al., 2010)나 투약수행오류 예방을 위한 특정 프로그램 개발과 실무적용 평가(Lee, 2010) 등으로 임상상황에 요구되는 투약오류의 예방에 대한 것이 주류를 이룰 뿐, 교육현장에 적용하거나 약물계산 개념정립을 위한 학습용 프로그램의 개발은 미흡한 수준이었다. 최근의 학습용 자료개발은 유비쿼터스 시대에 발맞춘 새로운 교수-학습연구가 시도되고, 휴대기기의 발달로 일반인을 위한 체중관리나 운동 프로그램 교육용 어플리케이션이 기하급수적으로 늘어나고 있는 추세이나 내용의 타당도나 신뢰도 측면에서 검증된 의료 교육용 스마트폰 어플리케이션은 제한적인 실정이다. 만성질환자를 위한 원격의료 등 의료실무 적용(Heo & Kim, 2011)과 심폐소생술 교육의료교육용 어플리케이션(Low et al., 2011) 등이 개발되어 효과를 검증하고 있는 등 몇몇의 연구가 소개되고 있으나 간호실무 학습을 위한 어플리케이션 활용에 대한 연구는 찾아보기 어려웠다.

이에 본 연구는 시공간의 제약이 없이 개별화된 학습기회를 제공하기 위해 인지부하이론을 적용한 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 개발하고, 개발된 프로그램이 간호대학생들의 약물계산에 대한 자기효능감, 불안감 및 약물계산능력에 미치는 효과를 검증하고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 인지부하이론을 적용한 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 개발하여 간호대학생들에게 적용한 후 약물계산에 대한 자기효능감, 불안감 및 약물계산능력에 미치는 효과를 검증하기 위함이다.

3. 연구 가설

1) 가설 1: 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 적용한 군은 그렇지 않은 군에 비해서 중재 후 약물계산에 대한 자기효능감(수학적 관심과 자신감, 약물계산관련 자신감)에 유의한 차이가 있을 것이다.
2) 가설 2: 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 적용한 군은 그렇지 않은 군에 비해서 중재 후 약물계산에 대한 불안감(도움요청에 대한 두려움, 계산에 대한 자기개념)에 유의한 차이가 있을 것이다.
3) 가설 3: 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 적용한 군은 그렇지 않은 군에 비해 중재 후 약물계산능력(단위변환, 알약계산, 수액용량계산, 주입속도계산)에 유의한 차이가 있을

http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2012.42.5.689

것이다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 투약계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 개발하고 이 어플리케이션의 효과를 비교하기 위한 유사실험연구로 비동등성 대조군 전후설계이다.

2. 연구 대상

본 연구의 계획단계에서 연구자가 속한 기관의 연구윤리위원회(IRB)으로 부터 승인을 얻은 후 연구를 수행하였다(PKS-6). 본 연구 대상자의 선정기준은 1) 연구시작시점에 기본간호학에서 투약계산 내용을 배우지 않은 간호학과 2학년 재학생, 2) 본 연구참여에 동의한 자이며, 대상자 모집을 위해 부산시내 3개의 간호학과를 편의표집하여 담당교수에게 승인을 얻은 후 학생들에게 연구의 목적 및 방법, 연구 대상자의 윤리보호에 대해 설명한 뒤 자발적으로 참여한 학생들을 대상자로 선정하였다. 부산시에 소재하는 3개의 4년제 간호학과 중 1개교는 대조군으로 배정하였고, 2개교의 학생 중 본 연구에서 개발한 앱 구현환경인 안드로이드 기반 스마트폰을 가지고 있는 군을 실험 1군, 스마트폰이 없거나 아이폰 사용으로 접속하지 못한 군을 실험 2군으로 총 세 군으로 할당하였다. 하지만, 연구 도중 대조군에 해당하는 학교에서 결과에 영향을 미칠 수 있는 오염요인이 개입하여 연구에 포함시킬 수 없을 것으로 판단하여 제외시키고, 실험 2군을 대조군으로 새롭게 정하였다. 즉, 스마트폰이 없거나 아이폰을 사용하여 개발된 어플리케이션을 활용할 수 없는 학생 42명을 대조군으로, 안드로이드 기반 스마트폰을 가지고 있는 38명을 실험군으로 설정하였다. 이에, 대조군은 본 프로그램의 존재는 알고 있으나 접근이 불가능한 관계로 유인물로 학습한 군이고, 실험군은 유인물과 스마트폰 어플리케이션 자료로 학습한 군이며 연구도중 각 군의 1명씩 사후 조사내용이 불충분하게 작성되어 최종적으로 78명만을 분석에 포함시켰다. 표본 수는 Low 등(2011)의 연구를 토대로 효과 크기 .65, 유의수준은 $\alpha=.05$, 검정력 .80, 단기 중재의 탈락율 5%로 하여 각 군별 40명으로 산출되었으나 최종 분석에는 실험군에서 37명의 자료가 이용되어 연구의 타당도 검증을 위해 사후 검정력 분석을 실시하였다. 본 연구의 대상자 수가 적절한지를 판단하기 위해 유의했던 변수들 중 최소한의 변화량을 보인 변수와 연구 대상자 수를 근거로 효과크기(γ)를 구한 결과 0.2이었고, 이후 효과크기와 표본의 크기($n=37$)를 고려한 상태의 새로운 지수(δ)를 산출하였다. 이를 통해 양측검정에서 $\alpha=.05$일 때 도출된 검정력(β)이 0.90으로 나타나 본 연구에 포함된 한 집단 내 37명의 대상자는 타당한 검정력을 보이기에 적절한 것으로 평가되었다.

3. 연구 도구

1) 약물계산에 대한 자기 효능감

본 연구의 효과변수인 약물계산에 대한 자기효능감은 약물계산 기술측정도구(Medication Calculation Skill test [MCS test]) 문항 중 '수학적 관심과 자신감' 6문항과 '약물계산관련 자신감' 7문항의 두 가지 범주로 측정된 값을 의미한다. Grandell-Niemi, Hupli, Leino-Kilpi와 Puukka (2003)가 개발한 약물계산에 대한 자기효능감 측정을 위한 원 도구는 네 가지 범주의 27문항으로 구성되며, '수학적 관심과 자신감', '기초수준의 기술', '고급수준의 기술', '약물계산관련 자신감'의 네 가지 요인이었으나 '기초수준의 기술'과 '고급수준의 기술'은 본 연구와 관련성이 부족하여 제외시켰다. 원 도구 개발자에게 허가를 얻은 후 번역-역번역 과정을 거쳐 얻은 문항을 5점 Likert scale로 측정한 결과를 연구에 활용하였다. 각 도구의 점수가 높을수록 '수학적 관심과 자신감'과 '약물계산관련 자신감'이 높은 것으로 해석하였으며, '수학적 관심과 자신감'의 Cronbach's alpha는 .88, '약물계산 자신감은 .91 이었고 '약물계산에 대한 자기효능감'의 전체 신뢰도는 .93이었다.

2) 약물계산에 대한 불안감

약물계산에 대한 불안감이란 계산이나 수학적 문제에 직면하였을 때 개인이 느끼는 특별한 감정으로(Hanna et al., 2008) 본 연구에서는 문제를 해결하기 위해 도움을 요청할 때 느끼는 불안과 계산 문제를 앞두었을 때의 자기개념으로 정의될 수 있다. 약물계산에 대한 불안감을 측정하기 위해서는 Hanna 등이 타당성을 검증한 '통계학에 대한 불안감 측정도구(Statistical anxiety rating scale [STARS])'를 선택하였으며 원 도구는 '통계학의 가치', '해석에 대한 불안', '시험과 수업에 대한 불안', '계산에 대한 자기개념', '도움요청에 대한 두려움', '통계학 교수에 대한 두려움' 6개의 하위영역 40문항으로 구성된다. 이 중 본 연구에 적합하다고 판단되는 '도움요청에 대한 두려움' 4문항과 '계산에 대한 자기개념' 7문항만을 본 연구에 적합한 형태로 수정하여 5점 Likert scale로 측정하였다. 각 문항이 '나는 계산문제를 푸는데 있어 정말 느리다'와 같이 부정형으로 묻고 있으므로 항목의 점수가 높을수록 약물계산에 대한 불안감이 높은 것으로 해석하였다. 본 연구에서의 신뢰도는 Cronbach's alpha로 살펴보았고, '도움요청에 대한 두려움'이 .72, '계산에 대한 자기개념' 영역은 .89 로, 약물계산에 대한 불안감의 전체 신뢰도는 .83이었다.

3) 약물계산능력

대상자들의 약물계산능력을 측정하기 위한 도구는 문헌고찰을 통해 얻은 유형을 토대로 본 연구자들이 개발하고, 병원 간호부 소속 교육담당 수간호사이자 박사과정을 수료한 1인에 의해 내용타당도(Content Validity Index [CVI])를 검증받은 후 80%의 타당성을 인정받은 문항들을 사용하였다. 어플리케이션에서 사용되었던 범주인 단위변환, 알약계산, 수액용량계산, 주입속도계산의 총 네 가지 영역에 대한 문항을 각 3개씩, 총 12문항들을 제시하고 답은 4개의 보기 중 하나를 고르도록 객관식으로 작성하였다. 이에 맞으면 1점, 틀리면 0점을 부여하여 점수가 높을수록 약물계산능력이 높은 것으로 해석하였다. 실험 전、후의 문항은 숫자가 다르나 유형은 같은 문항으로 구성하였고, 이들 각 문항들의 네 가지 영역별 사전, 사후의 Cronbach's alpha는 .71에서 .75사이였다.

4) 실험군의 약물계산 어플리케이션 만족도와 활용빈도

실험군의 만족도를 조사하기 위해서 Nguyen, Attkison과 Stegner (1983)가 개발한 프로그램 만족도 측정척도인 Client Satisfaction Questionnaire-8 (CSQ-8) 중 본 연구에 적합한 3개의 문항을 이용하였다. 각 문항에 대해 5점 Likert scale로 측정하여 점수가 높을수록 만족도가 높음을 의미하며 도구의 신뢰도 Cronbach's alpha는 .86이었다. 활용빈도는 웹상의 관리자 화면에 기록된 학습영역과 게임영역에의 접속횟수, 접속시간을 토대로 주당 평균을 구하였다.

4. 자료 수집 방법

본 연구를 시행하기 전 각 대학의 기본간호학을 담당하는 교수로부터 연구에 대한 승인을 얻은 후 연구에 대해 대상자들에게 설명하고 개별적 동의서를 받았다. 실험군과 대조군의 사전 조사는 2011년 11월 8일부터 10일사이의 짧은 시간 안에 이루어졌으며, 총 측정시간은 10분으로 제한하였다. 대조군 학생들에게는 어플리케이션 속에 들어가는 문항들을 편집하여 유인물 형태의 자료로 만든 뒤 학습게시판에 탑재하여 자발적으로 학습하도록 하였고, 실험군 학생들에게는 유인물 학습자료 뿐만 아니라 스마트폰 마켓에서 본 프로그램을 다운로드 받도록 하였다. 총 중재기간은 4주로 첫 2주간은 자발적으로 활용하게 하였고, 그 후 '앱에의 접속기록'과 '게임성적'을 기반으로 활발한 사용자에 대해서는 종료시점에 포상계획을 밝혀 남은 2주간의 활용을 독려하였다. 실험중재는 11월 10일부터 12월 8일까지 4주간이었고 사후 조사는 중재가 끝난 다음날부터 2일간 이루어졌다. 연구가 종료된 후 사후 조사 시점에 실험군과 대조군에 속한 학생들 모두에게 5천원권의 문화상품권을 지급하여 참여에 대한 대가를 지급하였고, 실험군 대상자 중 각 학교별 우수 참여자 20%에게 1만원권의 문화상품권을 추가로 수여함으로서 우수참여에 대한 포상을 실시하였다.

5. 자료 분석 방법

수집된 자료는 SPSS WIN (ver 18.0) 을 이용하여 유의수준(α) 0.05에서 양측검정 하였다.

첫째, 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 이용하여 나타내고, 두 집단 간 일반적 특성 및 연구변수들의 사전동질성을 확인하기 위해 χ^2-검정, Fisher's exact test 또는 t-검정을 실시하였으며, 연구변수들의 경우 평균평점을 활용하여 비교하였다.

둘째, 중재 전 두 집단 간 동질하였던 변수인 약물계산에 대한 자기효능감과 약물계산능력의 차이는 t-검정을 통해, 동질하지 않았던 변수인 약물계산에 대한 불안감은 공변량 분산분석(ANCOVA)을 이용하여 중재 후 두 집단을 비교하였다.

연구 결과

1. 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션 개발

본 프로그램의 개발은 분석, 설계, 개발, 평가의 4단계에 따라 이루어졌고, 설계단계에서는 학습동기를 자극하고 유지하기 위한 환경제공을 위한 Keller (1983)의 Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction (ARCS) 동기전략 개발모형을 활용하였다(Figure 1).

1) 분석단계

약물계산훈련용 어플리케이션을 개발하기 위해 우선 학습자분석 및 환경분석을 실시하였다. 학습자분석을 위해서는 2007년부터 2009년 동안 연구자가 가르친 3, 4년제 간호학과 학생들의 약물계산능력평가 자료를 분석하여 특성을 도출해냈다. 환경분석을 위해서는 임상간호사들의 약물계산능력 및 현존하는 약물계산학습용 교재와 자료를 파악하였다. 우선 자주 약물을 계산하는 15개 병원의 병동간호사 227명을 대상으로 계산역량을 조사하였고, 현재 활용되고 있는 교재 5종(정담 1종, 수문사 2종, 현문사 1종, 정문각 1종의 기본간호학 교재), 문제집 2종(대한간호협회 국가고시 문제집, 현문사 요약 문제집)에 대한 문헌고찰을 실시하여 문항의 유형 및 난이도 등을 파악하였다. 그 후 지금까지 개발된 국내외 약물계산을 위한 웹 사이트 혹은 스마트폰 유형에 따른 마켓을 방문하여 어플리케이션 실태를 조사하였다. 이러한 과정을 통해 약물계산학습용 스마트폰 어플리케이션에 필수적으로 포함되어야 할 내용과 구성에 대한 계획을 수립하였다.

http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2012.42.5.689

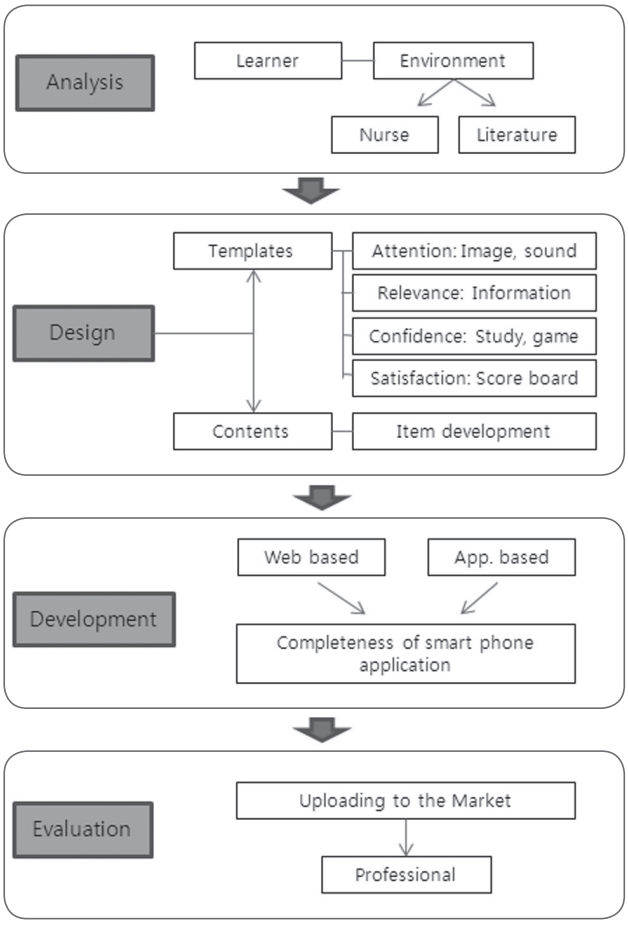

Figure 1. Program development procedure.

2) 설계단계

설계는 크게 두 단계로 구성되며, 첫 번째 단계에서는 본 연구자들이 어플리케이션의 전체적인 구성과 각 영역별 장면전환의 template을 고안하였다. Keller (1983)의 동기화 모델을 적용하여 화면에 나오는 인물, 학습과정, 내용 등을 가급적 이미지화하고자 화면의 전환 및 배치에 대한 전반적인 사항을 A4에 작성하였고, 각 단계에서 청각적 자극을 배치하여 대상자들이 주의를 기울인 상태에서 참여할 수 있는 환경을 기획하였다. 이를 인지부하이론의 여덟 가지 교수설계(Jung, 2010)에 접목시켰다. 우선, 학습영역과 게임영역으로 나눈 후 학습자들이 스스로 선택할 수 있도록 구성하여 학습목표를 직접 설정하지 않음으로써 거부감 없이 프로그램을 사용하도록 하는 목표부재효과(goal-free effect)를 기대하였다. 그 중 인지부하이론에서 말하는 개념정립과정인 '스키마 습득'을 위해 마련한 학습영역에서는 예문보기라는 탭을 삽입하여 완성된 예제를 제공함으로서 풀이된 예제효과(worked example effect)를 가져오고, 문항에 대해서 팁을 제공하면서도 스스로 수행하여 답을 적도록 함으로서 완성형 문제효과(completion problem effect)를 나타내도록 하였으며, 텍스트를 한 화면 내에 배열함으로서 잘려진 화면을 보기 위해 스크롤하는 과정에서 발생할 수 있는 주의분산효과(split attention effect)를 줄일 수 있도록 구성하였다. 다음으로 인지부하이론의 두 번째 구조인 개념학습 후 숙달되는 과정인 '자동화'를 꾀하기 위해서 구축한 게임영역은 학습자로 하여금 다양한 연습기회를 제공함으로서 다양한 문제들 사이의 유사한 특징과 무관한 특징을 구별할 수 있도록 하여 인지부하를 낮추고자 하였고(다양한 연습효과: variability practice effect), 전반적인 구성에 있어서는 오답과 정답 시 화면상의 변화와 청각적 자극을 함께 줌으로써 서로 다른 처리기제로 부하를 분산시키고(감각양식효과: modality effect), 같은 내용을 묻는 문항이라면 표현을 정해진 틀에 맞추어 물음으로서 다양한 정보소스가 주는 잉여정보로 인한 인지부하(잉여정보효과: redundancy effect)를 감소시키고자 하였다. 마지막으로 다양한 그래프나 삽화, 챠트 등을 활용하여 원리의 적용을 설명하지 못하였기에 멀티미디어효과(multi-media effect)를 유도하였다(Table 1).

이후 두 번째 단계에서 학습과 게임영역에 삽입될 문항들을 구성하는 등 컨텐츠를 개발하였다. 학습영역에는 '단위변환', '알약계산', '수액용량계산', '수액주입속도계산'의 네 가지 영역을 만들어 각각 30문항씩을 탑재하였다. 게임영역은 학습한 네 가지 영역의 문제들을 모두 섞은 후 난이도 별로 'basic', 'intermediate', 'advanced'의 세 가지 방으로 구성하여 각 방에서 6분 동안 15개의 문제들을 풀도록 하였다. 이때 문항은 문제은행에서 무작위로 15개씩 뽑아져 나오도록 하여 단계별로 문항당 5점, 10점, 15점을 부여하여 합산한 점수가 게임 1회당 획득할 수 있는 점수가 되도록 하였다. 반복적인 참여를 유도하기 위해 게임점수는 누적되도록 하여 100등까지 참여자의 순위가 노출되도록 하였다. 총 설계에 소요된 기간은 8주간이었다.

3) 개발단계

개발은 스마트폰 어플리케이션 개발업체에 의뢰하였으며, 학생들이 많이 소지하는 것으로 나타난 안드로이드 기반의 어플리케이션을 우선적으로 개발하였다. 본 어플리케이션의 이름을 '이 앱으로 약물계산 다(多)'로 정하고 스스로 학습하는 영역인 '약물계산 파헤치기' 영역과 정해진 시간에 정해진 문제를 주고 게임형식으로 풀게 하는 '약물계산 도사되기' 영역으로 구성하였다. '약물계산 파헤치기' 영역은 휴대폰 앱용으로 개발하였고, '약물계산 도사되기' 영역은 ASP 기반의 웹으로 개발하였다. 개발언어는 자바로 툴은 이클립스 기반으로 작성된 후, 앱과 웹의 통신을 위해 웹에서 데이터를 입력하여 앱에서 그 데이터를 받는 형식을 활용하였다. 디자인은 일러스트와 포토샵으로 처리되어, 총 개발기간은 5주가 소요되었다.

Table 1. Principles of the Application Development and Examples of the Questionnaires

Principles of the application development	
Teaching strategies for reducing cognitive loading	Construction strategies for smartphone based application development
Goal-free effect	Construct the learning area and the gaming area. Doesn't display the aim of the lesson in the learning area.
Worked example effect	Insert the example tabs on the introduction page in the learning area, which provide solved examples.
Completion problem effect	Provide the tips, but make participants write the answers themselves.
Split attention effect	Arrange all contents in one page which prevents scrolling to see the cut screen.
Variability practice effect	Construct gaming area in order to help participants solve the questionnaires repeatedly.
Modality effect	Provide the screen changes and auditory stimulations at the period of scoring.
Redundancy effect	Construct the standardized form of questionnaire to prevent cognitive loading resulting from the various information sources.
Multi-media effect	Use visual stimuli and auditorial stimuli with graphs, illustrations and audio clips.
Examples of the questionnaires	
Metric conversion	Convert 1.17 g to mg.
Tablet calculation	62.5 mcg of digoxin is prescribed daily. On hand you have 250 mcg tablets. How many tablets will you give?
Fluid dosage calculation	0.75 g of lincomycin hydrochloride IV 8-12 hourly is prescribed. On hand you have 300 mg in 2 mL. How many mL will you administer?
Drop rate calculation	1 L of Lactated Ringer's solution is prescribed over 10 hours. The drop factor is 15. What is the drip rate (drops/minute) required?

Figure 2. Developed smartphone-based drug dosage calculation application.

4) 평가단계

우선, 개발된 어플리케이션을 평가하기 위해서는 웹 사이트가 가져야 하는 요건(Tsai & Chai, 2005)인 전반적인 느낌, 다운로드와 화면전환속도, 접근성, 편리성, 화면속의 내용에 대해 5문항을 작성하여 2명의 전문가 집단(교육 수간호사 1인, 간호학 교수 1인)으로 하여금 평가하게 하였다. 이는 내용타당도의 검증을 위한 전문가의 수는 2명 이상 20명 이하가 바람직하다고 제안한 연구(Tilden, Nelson, & May, 1990) 참고로 하였다. 각 문항에 대해 5점 Likert 척도에 반응하도록 한 결과 평균 3.87점을 얻어 100점을 기준으로 했을 때 77점 이상의 타당성을 입증받았다.

2. 약물계산학습용 스마트폰 어플리케이션의 효과

1) 연구 대상자의 일반적 특성 및 동질성 검정

본 연구 대상자들의 중재 전 약물계산에 대한 자기효능감, 약물계산에 대한 불안감과 약물계산능력에 대한 동질성 검정은 t-test

http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2012.42.5.689

를 통해 평균을 비교하였다(Table 2). 연구 대상자들의 약물계산에 대한 자기효능감은 실험군 3.13점이고 대조군 2.89점으로 두 군이 동질한 것으로 나타났다(t=1.58, p=.119). 약물계산에 대한 불안감 중 문제해결을 위한 도움요청에 대한 두려움은 유사하나(t=-0.24, p=.812) 계산에 대한 자기개념은 실험군에서 2.11점, 대조군에서 2.60점으로 대조군의 자기개념이 높아(t=-2.66, p=.010) 대조군의 불안이 실험군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다(t=-2.41, p=.018). 약물계산능력의 하위영역인 단위변환(t=1.67, p=.100), 알약계산(t=-1.66, p=.101), 수액용량계산(t=0.71, p=.481), 주입속도계산(t=1.48 p=.144) 영역 모두에서 유의한 차이를 보이지 않아서 두 군은 동질한 군으로 나타났다(t=1.43, p=.156).

3. 가설 검증

본 연구의 가설검정결과는 Table 3과 같다.

1) 가설 1: 중재 후 수학적 관심과 자신감이 실험군에서 3.48점이고 대조군은 3.15점으로 실험군이 유의하게 높았고(t=2.15, p=.035), 약물계산관련 자신감 역시 실험군 3.66점, 대조군 2.95점으로 실험군이 유의하게 높았다(t=4.45, p<.001). 이들을 합산한 약물계산에 대한 자기효능감은 실험군이 3.58점이고 대조

Table 2. Homogeneity Test of Study Variables at the Baseline (*N*=78)

Variables	Categories (Numbers of items)	Exp. (n=37)	Cont. (n=41)	t/χ^2 (p)
		n (%) or M±SD		
Age (year)		20.30±1.51	20.15±1.28	0.48 (.633)
Gender*	Female	36 (97.3)	37 (90.2)	(.362)
	Male	1 (0.7)	4 (9.8)	
Self-efficacy for drug dosage calculation	Confidence for mathematics (6)	3.30±0.66	3.09±0.79	1.23 (.211)
	Confidence for drug dosage calculation (7)	2.98±0.72	2.71±0.75	1.64 (.106)
	Total (13)	3.13±0.62	2.89±0.72	1.58 (.119)
Anxiety for drug dosage calculation	Fear of asking help (4)	2.97±0.52	3.01±0.69	-0.24 (.812)
	Self-concept (7)	2.11±0.67	2.60±0.93	-2.66 (.010)
	Total (11)	2.42±0.50	2.75±0.67	-2.41 (.018)
Calculation ability	Metric conversion (3)	2.27±0.87	1.98±0.69	1.67 (.100)
	Tablet dosage calculation (3)	0.95±0.23	1.07±0.41	-1.66 (.101)
	Fluid amount calculation (3)	2.76±0.72	2.63±0.80	0.71 (.481)
	Drop rate calculation (3)	1.43±1.07	1.10±0.92	1.48 (.144)
	Total (12)	7.40±2.18	6.78±1.59	1.43 (.156)

Exp.=Experimental group; Cont.=Control group.
*Fisher's exact test.

Table 3. Group Comparisons of Dependent Variables at the Posttest (*N*=78)

Variables	Categories	Exp. (n=37)	Cont. (n=41)	t or F (p)
		M±SD	M±SD	
Self-efficacy for drug dosage calculation	Confidence for mathematics	3.48±0.60	3.15±0.75	2.15 (.035)
	Confidence for drug dosage calculation	3.66±0.64	2.95±0.77	4.45 (<.001)
	Total	3.58±0.57	3.04±0.67	3.82 (<.001)
Anxiety for drug dosage calculation	Fear of asking help	3.02±0.67	2.90±0.65	0.79 (.433)
	Self-concept*	2.14±0.65	2.51±0.69	0.82 (.684)
	Total*	2.46±0.49	2.65±0.43	0.66 (.862)
Calculation ability	Metric conversion	2.19±0.91	1.78±0.69	2.25 (.027)
	Tablet dosage calculation	2.54±0.77	2.12±0.90	2.20 (.031)
	Fluid amount calculation	2.81±0.57	2.63±0.70	1.23 (.223)
	Drop rate calculation	2.41±0.80	1.41±1.09	4.60 (<.001)
	Total	9.95±2.31	7.95±2.12	3.98 (<.001)
Satisfaction for program	Effective way to learn	4.38±0.72	–	–
	Generally appropriate	4.30±0.57	–	–
	Recommendable	4.24±0.55	–	–
Frequency	Visit to learning area (number/week)	5.45±7.10	–	–
	Visit to game area (number/week)	7.68±10.26	–	–
	Connect hours (min/week)	21.93±26.61	–	–

Exp.=Experimental group; Cont.=Control group.
*ANCOVAs were used to identify group differences at post-test.

군이 3.04점으로 나타나(t=3.82, p<.001) 제 1가설은 채택되었다.

2) 가설2: 중재 후, 도움요청에 대한 두려움은 실험군에서 3.02점이고 대조군이 2.90점으로 두 군간 유의한 차이가 없었고(t=0.79, p=.433), 계산에 대한 자기개념 또한 실험군에서 2.14점이고 대조군은 2.51점으로 사전점수를 공변수로 ANCOVA를 실시한 결과 유의한 차이가 없었다(F=0.82, p=.684). 이에 약물계산관련 불안감 점수를 비교한 결과 실험군이 2.46점이고 대조군이 2.65점으로 두 군간 차이가 없는 것으로 나타나(F=0.66, p=.862) 제2가설은 기각되었다.

3) 가설 3 : 중재 후의 약물계산능력을 분석한 결과, 단위변환에서 실험군이 2.19점이고 대조군이 1.78점으로 실험군이 유의하게 높았으며(t=2.25, p=.027), 알약계산에서는 실험군이 2.54점이고, 대조군이 2.12점으로 마찬가지고 실험군이 유의하게 높았다(t=2.20, p=.031). 수액용량계산의 경우는 실험군이 2.81점이고 대조군이 2.63점으로 두 군은 유의한 차이가 없었으나(t=1.23, p=.223), 주입속도계산에서는 실험군이 2.41점이고 대조군이 1.41점으로 매우 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다(t=4.60, p<.001). 최종 약물계산능력은 실험군이 9.95점이고, 대조군이 7.95점으로 실험군에서 유의하게 높게 나타나(t=3.98, p<.001) 가설 3은 채택되었다.

4. 추가분석 : 실험군의 프로그램 만족도 및 활용빈도

각 문항별 평점을 살펴보면, '이 프로그램은 약물용량 계산문제를 학습하는데 도움이 되었다' 4.38점, '전반적으로 나는 이 프로그램에 만족한다' 4.30점, '이 프로그램은 나의 친구에게 권할만하다'가 4.24점 순으로 만족도 평균은 100점 만점에 평균 86.1점이었다. 활용빈도는 '약물계산 파헤치기'로의 접속횟수는 1주일에 5.45회였고, '약물계산 도사되기'의 접속횟수는 7.68회였다. 평균접속시간은 1주일에 21.93분 접속한 것으로 나타났다(Table 3).

논 의

본 연구에서 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 개발하게 된 목적은, 간호실무현장에서 투약오류의 주된 원인의 하나가 약물계산과 관련된 것이지만(Kim & Kim, 2009) 간호학 교과과정에서 투약학습, 특히 약물계산 관련학습을 위한 수업시간이 한정되어 이들을 위한 새로운 학습자료를 개발하기 위함이다. 본 연구 개발과정 중 첫 단계인 학습자분석과 환경분석을 실시하는 과정에서 간호사들은 본인의 계산능력을 노출하는 것에 대해 불만을 표출하며 낮은 회수율로 거부감을 드러내는 것을 발견하였다. 이는 많은 간호대학생들이 수학이나 수학적 검정에 대해서 두려움을 가지고 있다는 연구와 유사한 결과로 수학적인 연산에 대한 두려움(Pozehl, 1996)이나 수학적 연산의 해결로 인한 인지부하(Jung, 2010)가 발생한 것이라 분석되어, 설계과정에서 인지부하이론에 근거한 교수설계법과 동기화를 촉진하기 위한 ARCS 모델(Keller, 1983)을 조합하여 개발하였다.

본 연구에서 중재 전 동질하였던 두 군의 사후점수를 비교한 결과 프로그램을 적용받은 군에서 유의하게 수학적 관심 및 자신감 영역과 약물계산관련 자신감영역을 포함한 약물계산에 대한 자기효능감은 높게 나타났다. 학생들의 수학적 능력은 그들의 능력에 대한 지각과의 관련성에 의해 결정되고(Røykenes & Larsen, 2010) 임상상황에서 발생하는 약물계산오류의 상당부분이 약물계산문제에 대한 수학적 능력과 관련되므로(Wright, 2008) 실험군에서 수학이나 약물용량계산에서의 자신감이 높았던 결과는 실제 수학적 능력이나 약물계산능력이 향상될 것이라는 기대를 갖게 하였다. 이 결과는 상호작용적 인터넷 기반의 학습자료가 유인물 자료보다 계산역량이나 계산에 대한 자기효능감에 효과가 있었던 연구(McMullan et al., 2011)와 같은 결과로 약물용량계산을 위한 학습자료의 필요성을 나타내주는 결과라 할 수 있다. 특히 본 연구에서 활용한 약물계산학습용 스마트폰 어플리케이션은 기기자체가 가지는 휴대성 및 편이성뿐만 아니라 어플리케이션의 자동 업데이트와 같은 학습내용의 보완기능으로 자가 학습자에게는 언제 어디서나 방대한 수준의 연습문제를 접할 수 있는 매우 효과적인 프로그램이 될 것이라 여겨진다. 즉, 본 프로그램은 개인의 접근 목표가 개념습득이냐 자동화냐를 대상자 스스로 정하고 수준에 맞는 문제를 풀 수 있어 과제의 난이도에서 오는 내재적 부하를 줄일 수 있고, 반복적 학습이 가능하도록 하여 제한된 학습기회에 따른 외재적 인지부하를 줄일 수 있을 뿐 아니라 학습자가 내용을 습득하기에 좋은 접근성으로 인해 의도적 학습이 발생시키는 본유적 인지부하를 줄였던 것으로 평가된다. 이는 정보화를 학습에 적용하는 이유가 인지부하를 낮추기 위함이므로(Hollender, Hofmann, Deneke, & Schmitz, 2010) 충분히 그 목적을 달성했다고 볼 수 있겠다.

다음으로, Rainboth와 DeMasi (2006)의 연구에서 대부분의 계산관련 학습중재는 학생들의 불안을 감소시키는데 도움이 되었다고 보고한 것과는 달리 본 연구에서 약물계산에 대한 도움요청 및 불안에 대한 자기개념으로 구성되는 약물계산관련 불안감에는 두 군간 차이가 없었다. 일반적으로 학생들의 수학적 불안은 익숙하지 않은 문제이거나 지나치게 복잡한 문제인 경우 또는 부정적인 위협으로 지각되어진 상황에서 발생하는데(Onwuegbuzie & Wilson, 2003), 불안감에 변화가 없었던 이유는 우선, 4주의 중재기간 동안 여러 문제유형을 충분히 수행하여 익숙해지기에는 기간이 짧았을

 http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2012.42.5.689

수 있다. 대부분의 학습중재가 최소 8주에서 10주 이상으로 적용되나 본 연구는 시범적 성격을 띄었고, 시간적 간격보다는 학생들의 참여가 중요한 요인일 것으로 보고 4주간 적용하였으나 기간이 정서적 측면의 특성을 변화시키기에는 적절하지 않았을 수 있다. 둘째, Walsh (2008)의 연구에서 간호학생들이 약물계산실수는 삶 대 죽음을 의미한다고 표현하였듯이 본 연구에서도 학생들이 약물계산에서의 실수는 단순히 잘못된 계산만으로 끝나는 것이 아니라 환자안전에 심각한 영향을 미칠 수 있다는 것을 인식하고 있었기 때문에 부정적 위협을 경험했을 가능성이 있다. 이에 약물계산에 대한 부담감을 줄이려는 추가적 노력이 촉구되며, 추후 기간을 연장하거나 학생들에게 불안감을 떨칠 수 있는 추가중재를 적용한 반복연구를 통해 검증해보아야 할 것이다.

마지막 가설인 계산능력에 대한 변화에서도 수액계산을 제외한 세 가지 영역에서 모두 대조군과 유의한 차이를 나타내었다. 많은 연구들에서 간호사 혹은 학생들의 약물계산역량은 보통 혹은 그 이하의 수준인 것으로 파악되어(Nasiri, Babatabar, & Mortazavi, 2009), 이들을 대상으로 수학적 계산력에 대한 인증제 도입이 필요하다고 지적될 만큼(Polifroni, Allchin, & McNulty, 2005) 임상에서의 약물계산은 중요하고, 전반적 수준에서 개선되어야 하는 간호사의 역량이라고 볼 수 있다. 따라서 본 프로그램을 적용한 후 두 군간에 유의한 차이를 나타낸 결과는 이 어플리케이션이 실질적인 임상에서의 파급력이 있을 것이라 기대해 볼 수 있는 대목이다. 특히, 간호사들에게는 계산역량을 보유하는 것이 업무에 있어 중요한데(Wright, 2008) 이러한 역량의 지속성 측면에서도 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 파악되었다. 예컨대 특정 병동의 간호사가 부서이동을 한 경우 그동안 활용하지 않아 잊고 있었던 약물계산공식 등을 재학습하는데 매우 도움이 될 것임을 가정해볼 수 있는 것이다. 이러한 점들을 고려할 때 스마트폰 어플리케이션은 초기습득과 재습득 과정 모두에 유용한 학습도구가 될 수 있을 것이라 사료된다.

실험군 대상자들이 이 프로그램을 사용한 후 만족도 문항별 점수를 100분위로 환산해보면 대부분이 84.8%에서 87.6% 사이의 높은 점수를 나타내었다. 이 결과와의 비교를 위해 유사한 국내외연구를 찾아보았으나 스마트폰을 활용한 의료용 어플리케이션은 대부분 대상자의 건강증진을 위한 단순적용 프로그램이거나 학생들을 위한 일반적 정보제공의 경우였을 뿐, 교육 프로그램에 관한 연구는 찾기 힘들어 직접적인 비교는 힘들었다. 다만 의학교육에서 웹 기반의 시뮬레이션을 사용하여 실기를 학습한 군의 만족도와 비교해본 결과 66%에서 80.7% 사이였던 것(Moreno-Ger et al., 2010)과 유사하거나 약간 높은 수준으로 약물계산학습에 있어 학생들의 참여를 이끌어내기에 부족함이 없을 것이라 사료되었다. 이러한 결과는 McMullan 등(2011)의 연구와 유사한 결과로 컴퓨터에 기반한 학습자료는 실험군 대상자들이 언제 어디서든 접근이 가능하고 반복적인 연습문제와 그에 대한 즉각적인 응답으로 인해 이 프로그램에 흥미를 가졌기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구는 다음의 몇 가지 제한점을 가진다. 첫째, 해당 연구기간 동안에는 안드로이드 기반의 어플리케이션만을 적용하였고, 이에 스마트폰을 보유하지 않았거나 아이폰을 소유한 경우 실험군에 포함될 수 없어 같은 어플리케이션을 추후에 제공받는다고 하더라도 학사과정 중 참여가 유발한 성적향상의 효과에 대한 상대적 피해라는 윤리적 문제를 피할 수 없었다. 둘째, 게임영역부분은 웹을 기반으로 제작되어 게임을 하는 장소에 따라 다운로드와 화면전환속도가 달라져 사용자들의 불편감 호소가 잦았다는 점이다. 셋째, 대조군이라고 하더라도 타인의 스마트폰으로 접근이 불가능하도록 하기 위해 개인식별번호와 비밀번호를 설정하도록 하여 오염을 막고자 하였으나 이에 대한 확실한 통제여부를 확인할 수 없었다는 점이다. 이에 기기별 추가 프로그램을 개발하고 보완해 나간다면 더욱 효과적인 보조학습용 프로그램이 될 수 있을 것이다.

결 론

본 연구는 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션을 개발하고 이의 효과를 규명하고자 실시한 비동등성 대조군 전후실험설계로 2개의 대학에서 약물계산교육을 받은 간호대학생 2학년 78명을 대상으로 2011년 11월부터 12월까지 어플리케이션을 적용한 후 약물계산에 대한 자기효능감과 불안감 및 약물계산능력에 미치는 효과를 분석한 연구이다. 수집된 자료는 SPSS WIN 18.0 프로그램을 사용하여 서술적 통계, χ^2-검정, Fisher's exact test, t-검정, ANCOVA로 분석하였다. 연구 결과 간호대학생들의 약물계산에 대한 자기효능감과 계산능력은 향상시켰으나 불안감은 줄이지는 못한 것으로 나타났다. 이를 토대로 결론을 내리자면, 약물계산훈련용 스마트폰 어플리케이션은 비교적 타당성있고 신뢰성을 갖춘 형태로 개발되었으며, 사용자의 약물계산에 대한 자기효능감을 증진시켜 약물계산역량을 향상시킬 수 있는 효과적인 학습전략이지만 불안감을 줄이려는 추가적 노력이 요구되는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과를 토대로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 프로그램을 보다 광범위한 대상자에게 적용한 후 축적된 자료의 분석을 통해 장기적인 효과에 대한 보다 심도깊은 연구가 수행되어야 할 것이다. 둘째, 간호학 전공자 뿐만 아니라 의료인들의 전반에 걸친 약물계산에 대한 기저역량을 파악하고, 각 직종별 역량의 표준을 설정하여 투약안전을 보장하기 위한 기준을 설정해야 할 것이다.

REFERENCES

Aspden, P., Wolcott, J. A., Bootman, J. L., & Cronenwett, L. R. (2007). *Preventing medication errors: Quality chasm series.* Washington DC: National Academy of Sciences.

Bandura, A. (1978). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Advances in Behaviour Research and Therapy, 1*, 139-161. http://dx.doi.org/10.1016/0146-6402(78)90002-4

Bliss-Holtz, J. (1994). Discriminating types of medication calculation errors in nursing practice. *Nursing Research, 43*, 373-375. http://dx.doi.org/10.1097/00006199-199411000-00010

Brown, D. L. (2002). Does 1 + 1 still equal 2? A study of the mathematic competencies of associate degree nursing students. *Nurse Education, 27*, 132-135.

Grandell-Niemi, H., Hupli, M., Leino-Kilpi, H., & Puukka, P. (2003). Medication calculation skills of nurses in Finland. *Journal of Clinical Nursing, 12*, 519-528. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2702.2003.00742.x

Hanna, D., Shevlin, M., & Dempster, M. (2008). The structure of the statistics anxiety rating scale: A confirmatory factor analysis using UK psychology students. *Personality and Individual Differences, 45*, 68-74. http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2008.02.021

Heo, C. Y., & Kim, J. E. (2011, June). *Developing technology of remote consultation based on mobile and evaluation of the usefulness for chronic wound* (pressure ulcer). Paper presented at the meeting of the Korean Society of Medical Informatics, Seoul.

Hicks, R. W., Becker, S. C., Krenzischeck, D., & Beyea, S. C. (2004). Medication errors in the PACU: A secondary analysis of MEDMARX findings. *Journal of Perianesthesia Nursing, 19*, 18-28. http://dx.doi.org/10.1016/j.jopan.2003.11.007

Hollender, N., Hofmann, C., Deneke, M., & Schmitz, B. (2010). Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction. *Computers in Human Behavior, 26*, 1278-1288. http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.031

Jung, H. J. (2010). *A study on the development of teaching materials based on the cognitive load theory: Focused on the creative engineering design subject.* Unpublished master's thesis, Dankook University, Seoul.

Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kim, C. H., & Kim, M. (2009). Defining reported errors on web-based reporting system using ICPS from nine units in a Korean university hospital. *Asian Nursing Research, 3*, 167-176.

Kim, Y. M., Kim, S. Y., Kim, M. Y., Kim, J. H., Lee, S. K., & Jang, M. K. (2010). Patient safety program and safety culture. *Journal of Korean Academy of Nursing Administration, 16*, 455-465.

Lee, B. Y. (2010). *Development and evaluation of nursing infobuttons on medication to prevent medication administration errors.* Unpublished master's thesis, Inha university, Incheon.

Low, D., Clark, N., Soar, J., Padkin, A., Stoneham, A., Perkins, G. D., et al. (2011). A randomised control trial to determine if use of the iResus© application on a smart phone improves the performance of an advanced life support provider in a simulated medical emergency. *Anaesthesia, 66*, 255-262. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2044.2011.06649.x

Mayo, A. M., & Duncan, D. (2004). Nurse perception of medication errors: What we need to know for patient safety. *Journal of Nurse Care Quality, 19*, 209-217

McMullan, M., Jones, R., & Lea, S. (2011). The effect of an interactive e-drug calculations package on nursing students' drug calculation ability and self-efficacy. *International Journal of Medical Informatics, 80*, 421-430. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2010.10.021

Moreno-Ger, P., Torrente, J., Bustamante, J., Fernández-Galaz, C., Fernández-Manjón, B., & Comas-Rengifo, M. D. (2010). Application of a low-cost web-based simulation to improve students' practical skills in medical education. *International Journal of Medical Informatics, 79*, 459-467. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2010.01.017

Nasiri, E., Babatabar, H. D., & Mortazavi, Y. (2009). Nurses' drug calculation ability in intensive care unit. *Iranian Journal of Critical Care Nursing, 2*, 113-115.

Nguyen, T. D., Attkisson, C. C., & Stegner, B. L. (1983). Assessment of patient satisfaction: Development and refinement of a service evaluation questionnaire. *Evaluation and Program Planning, 6*, 299-313. http://dx.doi.org/10.1016/0149-7189(83)90010-1

Onwuegbuzie, A. J., & Wilson, V. A. (2003). Statistics anxiety: Nature, etiology, antecedents, effects and treatments-A comprehensive review of the literature. *Teaching in Higher Education, 8*, 195-209. http://dx.doi.org/10.1080/1356251032000052447

Polifroni, E. C., Allchin, L., & McNulty, J. J. (2005). Limited math skills: A prescription for change. *Journal for Nurses in Staff Development, 21*, 79-81.

Pozehl, B. J. (1996). Mathematical calculation ability and mathematical anxiety of baccalaureate nursing students. *Journal of Nursing Education, 35*, 37-39.

Rainboth, L., & DeMasi, C. (2006). Nursing students' mathematic calculation skills. *Nurse Education Today, 26*, 655-661. http://dx.doi.org/10.1016/j.nedt.2006.07.022

Røykenes, K., & Larsen, T. (2010). The relationship between nursing students' mathematics ability and their performance in a drug calculation test. *Nurse Education Today, 30*, 697-701. http://dx.doi.org/10.1016/j.nedt.2010.01.009

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instruction design. *Learning and Instruction, 4*, 295-312. http://dx.doi.org/10.1016/ 0959-4752(94)90003-5

Tilden, V. P., Nelson, C. A., & May, B. A. (1990) The IPR inventory: Development and psychometric characteristics. *Nursing Research, 39*, 337-343.

Tsai, S. L., & Chai, S. K. (2005). Developing and validating a nursing website evaluation questionnaire. *Journal of Advanced Nursing, 49*, 406-413. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2648.2004.03304.x

Walsh, K. A. (2008). The relationship among mathematics anxiety, beliefs about mathematics, mathematics self-efficacy, and mathematics performance in associate degree nursing students. *Nursing Education Perspectives, 29*, 226-229.

Wright, K. (2008). Can effective teaching and learning strategies help student nurses to retain drug calculation skills? *Nurse Education Today, 28*, 856-864. http://dx.doi.org/10.1016/j.nedt.2008.01.002