

# 하이퍼미디어 메뉴방식과 메타인지가 학습시기에 따른 오류와 성취도에 미치는 효과

김 정 랑<sup>†</sup> · 박 선 주<sup>††</sup> · 김 병 기<sup>†††</sup>

## 요 약

본 논문의 목적은 메뉴 방식과 메타인지에 따라 학습한 학습자의 오류 및 오류감지, 메뉴탐색 시간과 학업 성취도에 대한 상호작용의 효과와 메뉴방식과 학습시기(초 중 말기)가 기능관련 오류에 상호작용의 효과가 있는가를 검증해봄으로써 학습자 특성에 따라 학습효과를 높일 수 있는 메뉴를 선택하도록 하는데 있다.

본 논문에서는 한울 하이퍼미디어 학습 프로그램 학습시 주로 많이 사용되는 4가지 메뉴 방식(아이콘 메뉴, 아이콘텍스트 메뉴, 풀다운 메뉴, 막대 선택 메뉴)과 학습자 특성의 메타인지가 학습과정상 발생하는 오류, 메뉴탐색 시간과 학업 성취도에 어떤 영향을 미치며, 메뉴방식과 학습시기에 따라 기능관련 오류에 어떤 영향을 미치는가를 경험적으로 검증해 보았다.

그 결과 메뉴방식은 하위 메타규제집단에서 영향을 미치게 되므로 아이콘텍스트 메뉴방식을 사용하는 것이 학업성취도를 높여주는 효과가 있다고 나타났다. 상위 메타규제집단에서는 어느 메뉴방식을 사용해도 학업성취도에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 그리고 학습초기에 막대선택과 아이콘 메뉴방식이 상대적으로 기능관련 오류를 더 많이 범한 것으로 나타났다.

## Effects of Hypermedia Menu Types and Metacognition on Errors at Learning stages and Achievement

Jeongrang Kim<sup>†</sup> · Sunju Park<sup>††</sup> · Byungki Kim<sup>†††</sup>

### ABSTRACT

The purpose of this paper is to examine some effects of four menu types: icon menu, icontext menu, pulldown menu, and bar selection menu. In order to find whether there are some effects of menu types or learning stages (the first, intermediate and the last stage) on skill-based errors, each of the menus has been studied in relation to hypermedia instruction, menu search time, scholastic achievements and learners' metacognition on their errors. A further purpose of this paper is to suggest some strategies for enabling learner to select menus more efficiently in order to enhance the learner's own learning effectiveness in hypermedia instruction.

The results of this study are as follows. The menu types had a significant effect on the low metacognition regulation group. The icontext menu types had a significant effect on achievements. In contrast, it was also noticed that the menu types did not have any significant effect on the high metacognition regulation group. The bar-selection menu type and the icon menu type had a relatively significant effect on skill-based errors in the first stage of learning.

† 종신회원:광주교육대학교 전산교육과 부교수

†† 정 회 원:광주교육대학교 전산교육과 전임강사

††† 종신회원:전남대학교 전산학과 교수

논문접수:1996년 6월 17일, 심사완료:1996년 8월 16일

## 1. 연구 배경

하이퍼미디어는 문자, 소리, 그림 및 동화상 등 여러가지 유형의 정보를 사용자 개개인의 인지기구조에 적합하게 구조화하여 제시할 수 있으며, 학습자에게 학습의 통제권을 부여함으로써 학습자가 학습과정에 능동적으로 참여할 수 있도록 구성되어 있다.

하이퍼미디어 학습상황에서 학업성취를 높이기 위한 방안으로 정보를 어떻게 구성하는가의 논의도 중요하지만, 만들어진 정보공간에서 원하는 정보를 빠르고 쉽게 찾아 갈 수 있는 방안도 중요하다. 그러므로 하이퍼미디어를 개발할 때 학습의 효과를 높일 수 있도록 효율적인 사용자 인터페이스를 제공해야 한다. 예를 들어, 사용자가 정보를 편리하게 검색하고 학습도중 방향감각을 상실하는 문제를 감소시키기 위하여 히스토리(History), 서표(Bookmark), 역추적(Backtrack), 홈(Home), 지도(Viewmap), 색인(Indexing) 등과 같은 정향장치, 접근장치, 기록장치의 항해 기능을 제공하고 있다.

하이퍼미디어 학습 프로그램에서 학습자가 학습 방향을 상실하지 않고 인지적 부담을 적극적으로 수정하여 심층적 정보처리를 하기 위한 다양한 항해 기능과 메타인지 규계를 촉진하는 전략 등의 연구는 활발하게 진행되고 있다[2, 3, 7]. 그러나 학습용 소프트웨어를 개발할 때 고심하는 것 중의 하나인 화면에 메뉴를 어떻게 표현하여 사용자가 메뉴를 어떤 방법으로 선택하도록 할 것인가와 같은 메뉴 방식에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 메뉴의 종류에는 사용자가 직접 명령을 입력하는 명령 입력 방식과 마우스로 원하는 아이콘을 누르는 아이콘 방식, 그리고 화면에 나열된 메뉴들을 키를 움직여서 선택할 수 있는 메뉴 방식이 있다.

메뉴와 관련된 연구로서 Egidio와 Patteson의 실험에서는 텍스트 아이콘(labels-only), 그래픽 아이콘(pictures-only), 텍스트와 그래픽 아이콘(labels-plus-pictures)의 세가지 형식으로된 아이콘을 가지고 실험한 결과, 텍스트와 그래픽 아이콘을 사용한 메뉴구조에서 학습자는 가장 최고의 수행능력을 성취했다[5]. 또한, Arend et al. [1]은 메뉴를 찾아서 선택하는 시간을 텍스트 메뉴와 아이콘 메뉴로 비교해보았는데 텍스트로된 메뉴형태보다는 아이콘으로 된 메뉴형태가

선택하는 시간이 훨씬 빠르게 나타났다.

이러한 연구 결과들을 살펴보면 메뉴들 간에는 수행능력과 정확성에 분명한 차이가 있음을 알 수 있다. 메뉴의 적당한 폭과 깊이가 사용자의 수행능력을 향상시켰으며, 문자로만 된 메뉴보다 그림이 첨가된 메뉴 형태가 선택하는 시간과 수행능력이 더 좋은 것으로 나타났다.

그러나 이와 같이 대부분의 연구는 메뉴들 간의 장단점을 비교하거나 속도와 정확성을 측정하는 것들이었다. 또한, 대부분 학습용 소프트웨어를 개발할 때 풀다운 메뉴, 막대선택 메뉴, 그리고 아이콘텍스트 메뉴 등의 어느 소프트웨어에서나 선호하는 메뉴들을 검증없이 사용하고 있는 것이 보편적이다. 그러나 워드 프로세서, 데이터베이스와 같은 소프트웨어 프로그램에서 사용되는 메뉴와는 다르게, 학습용 소프트웨어에서 메뉴 체계는 학습자의 학습 방식에 영향을 미치고 궁극적으로 학습효과에도 영향을 미치게 된다. 즉, 학습자는 원하는 정보를 찾기 위해 메뉴를 선택하게 되는데 메뉴에 대한 해석과 분별력이 상대적으로 낮은 학습자는 메뉴를 선택하는 과정에서 많은 기능적인 오류를 범하게 될 것이다. 또한, 선행연구의 결과처럼 그림에 대한 설명이 주어지지 않은 아이콘 메뉴와 부메뉴를 한 화면에서 볼 수 없는 막대선택 메뉴로 작성된 프로그램에서 학습한 학습자는 메뉴의 특성상 오류율이 증가하여 수행능력이 떨어지게 될 것이다. 그러므로 학습용 소프트웨어에서 메뉴를 사용할 때는 개별적인 학습자 특성을 고려하여 학습 효과를 높일 수 있는 메뉴를 택하여야 한다. 즉, '컴퓨터를 익숙하게 사용하고 메타인지 능력이 뛰어난 학습자는 어떤 메뉴에서 오류를 잘 감지하여 학업 성취도가 높아지는가'와 같은 경험적인 사실을 기반으로 메뉴 설계가 이루어져야 한다.

또한, 기능관련 오류는 메뉴를 선택하는 과정에서 주로 발생할 수 있는데, 아이콘, 막대선택, 풀다운, 아이콘텍스트 메뉴 간에 발생하는 기능관련 오류는 학습시기(초 중 말기)에 따라 상호 의미있게 나타날 것이다. 왜냐하면 학습과제나 학습메뉴에 익숙하지 않은 학습자가 학습초기에 자동적 정보처리과정에서 발생할 수 있는 기능관련오류는 보다 많이 발생하지만, 학습후기에는 관련된 기능이 점차 자동화됨에 따라 오류 발생이 감소될 것으로 보인다. 즉, 본 실험에

서 사용된 학습과제가 사전지식이 없는 저작도구를 학습하는 것이므로, 학습초기에 메뉴에 대한 해석과 분별력이 떨어지게 되어 메뉴방식들간에 기능관련 오류는 차이가 있지만 학습 말기로 갈수록 메뉴방식들간의 기능관련 오류는 차이가 없을 것이다. 또한, 메타인지 규제를 적극적으로 하여 발생하는 오류와 이를 감지할 수 있는 능력에 비하여 메뉴를 선택하는 과정에서 발생하는 학습초기의 기능관련 오류 및 오류감지 빈도가 과연 학업성취에 영향을 미칠 수 있을지는 의문이다.

그러므로 본 논문에서는 하이퍼미디어 학습 프로그램에서 임의의 메뉴 방식을 사용하여 학습한 학습자의 인지오류 및 감지와 학업 성취도간의 관계를 실험적으로 규명해 보고, 메타인지가 높고 낮은 특성에 따라 상호 어떻게 작용하는가를 연구해 볼 필요가 있다.

## 2. 연구방법 및 절차

### 2.1 가설 설정

본 연구는 선행연구에 대한 분석을 토대로 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 1. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 오류에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 2. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 오류감지에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 3. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 메뉴탐색시간에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 4. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 직후기억점사점수에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 5. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 지연기억점사점수에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 6. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 직후기능점사점수에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 7. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 지연기능점사점수에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 8. 메뉴방식과 학습시기(초 중 말기)가 기능관련 오류에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 9. 메뉴방식과 학습시기(초 중 말기)가 기능관련 오류감지에 상호작용의 효과가 있을 것이다.

가설 10. 메뉴방식과 학습시기(초 중 말기)가 규칙관련 오류에 상호작용의 효과가 없을 것이다.

가설 11. 메뉴방식과 학습시기(초 중 말기)가 지식관련 오류에 상호작용의 효과가 없을 것이다.

### 2.2 연구 대상

본 연구의 연구대상은 저작도구 한울을 전혀 알지 못하는 K대학교 학생 100명을 대상으로 하였다. 그러나 실험에 필요한 모든 검사들 중 어느 한 검사라도 누락된 학생들의 자료는 분석에서 제외되어 93명의 결과가 분석되었다.

### 2.3 실험 설계 및 절차

본 연구에서는 100명의 연구 대상자를 네가지의 하이퍼미디어 메뉴방식(아이콘, 아이콘텍스트, 플다운, 막대선택)에 무작위적으로 배치한 동일 집단을 연구 대상으로 한다. 본 연구의 독립변인은 하이퍼미디어의 메뉴방식과 학습자의 메타인지적 지식과 메타인지적 규제이고, 종속변인은 오류, 오류감지, 메뉴탐색시간, 직후 한울기본능력검사(기억검사, 기능검사) 성적과 지연 한울기본능력검사(기억검사, 기능검사) 성적이다. 모든 실험은 개인별로 실시되었다. 제 1단계 사전훈련 단계에서는 실험에 관한 소개, 성인용 메타기억검사와 일반기능검사 그리고 컴퓨터에 관한 사전지식 검사가 실시되었다. 제 2단계로는 연구 대상자들을 네 가지 형태의 하이퍼미디어 메뉴방식에 무작위적으로 배치하였다. 모든 연구 대상자는 개인별로 사고발성법에 관한 연습을 한 후에 생각을 소리내어 말하면서 한울을 학습하였다. 학습의 전 과정은 비디오테잎에 녹화되었다. 제 3단계에서는 한울기본능력검사가 하이퍼미디어 학습 직전과 직후에 실시되었다. 직후 한울기본능력검사가 실시된지 1주일 후에 지연 한울기본능력검사가 실시되었다.

### 2.4 하이퍼미디어 프로그램

본 연구에서는 학습자의 선수지식의 효과를 통제하기 위해서 학습자들이 전혀 경험한 적이 없는 한울이라는 저작체제의 기본 개념과 기능을 학습내용으로 선택하였다.

본 연구에서 사용된 한울 학습 하이퍼미디어 프로그램은 계층적 메뉴방식에서 막대선택 메뉴방식과 플다운 메뉴방식, 그리고 아이콘 메뉴방식에서 텍스트와 그래픽을 갖는 아이콘텍스트 메뉴방식과 그래

픽만을 갖는 아이콘 메뉴방식으로 모두 네 가지 형태로 개발되었다. 선정된 네 가지 메뉴는 특히 학습용 소프트웨어를 개발할 때 학습자 특성을 고려한 메뉴들을 선택하기 위한 실험적인 검증을 하기 위하여 대부분 소프트웨어를 개발할 때 주로 선호하는 메뉴들로 구성되었다.

막대선택 메뉴는 화면 전체에 고정된 서브메뉴를 보여주며 일반적으로 화면 중앙부에 위치하도록 되어 있고 방향키를 사용하여 화면상의 반전된 부분을 원하는 선택 항목으로 옮긴 후 엔터키를 눌러 선택하는 방식이다. 이 때 선택 항목에 막대 모양으로 옆으로 길게 반전되어 나타나는 부분을 메뉴 선택 막대라고 한다. 그리고 풀다운 메뉴는 메뉴들을 종류별로 분류하여 대표적인 항목을 주메뉴로 두고 각각의 주메뉴마다 부메뉴를 두며, 부메뉴는 또 다른 하위 메뉴를 자체적으로 가질 수 있게 된다. 각 메뉴들은 논리적 관련성에 따라 묶여졌다. 막대메뉴와는 달리 풀다운 하위메뉴는 화면의 일부분에 동적으로 보여질 수 있으므로 학습자가 학습 도중에 언제든지 선택할 수 있게 된다. 이러한 특징은 학습 과정 중에 학습자의 방향감 상실 문제를 감소해 줄 수 있다. 그리고 주메뉴 화면을 따로 분리시키지 않아도 메뉴바가 항상 화면상에 나타날 수 있으므로 하위메뉴를 보기 위하여 제어를 이동시키는 요구가 필요하지 않는다. 또한, 아이콘이란 학습 내용이나 데이터의 내용 등을 상징적인 그림을 써서 나타낸 것이다. 마우스나 라이트 펜에 의해서 그림을 선택함으로써 작업이나 데이터를 지시한다. 모든 사람들에게 똑같은 의미를 전달할 수 있도록 아이콘을 표준화함으로써 사용자 오류를 감소시키고 해당 아이콘을 선택하는 속도도 증가하게 된다. 본 논문에서 사용된 아이콘 메뉴 방식으로는 상징적인 그림으로만 메뉴를 나타낸 아이콘 메뉴와 그림에 간단한 설명을 첨가한 아이콘텍스트 메뉴로 구분되었다.

본 프로그램에서 사용되는 항해도구로는 학습자가 보고 있는 현재 화면을 기준으로 항해할 수 있는 경로들을 묘사하고, 한번 거쳐간 노드들의 경로를 표시해 주는 지도(viewmap)를 사용하였다. 또한, 모든 화면에서는 학습자가 원하면 언제든지 메뉴로 갈 수 있으며, 종료할 수 있는 버튼이 포함되었다. 이 프로그램은 93% 정도의 교수목표달성에 적합한 것으로 한

울을 잘 알고 있는 교수전문가들에 의해 평가되었다.

## 2.5 메타인지 측정도구

메타인지 측정은 메타인지적 지식과 메타인지적 규제로 구성되었다.

### (1) 메타인지적 지식

메타인지적 지식은 Dixon과 Hultsch [4]의 성인용 메타인지검사(Metamemory in Adulthood: MIA) 도구를 채택하였다. 본 연구에서는 메타인지적 지식에 대한 조작적 정의에 따라 기억과 상태불안, 기억과 성취동기 유발 및 기억력에 대한 개인적인 통제라는 세 가지 범주는 제외되었다. 따라서 본 연구에서 사용된 성인용 메타기억검사는 4가지 범주(기억전략의 사용, 기억과제와 과정에 대한 지식, 자신의 기억용량에 대한 지식, 기억의 변화에 대한 지식)의 총 68개 문항으로 구성되었다. 각 문항에는 라이커트 척도(Likert scale)가 부착되어 있었다. 이 검사도구의 동시타당도, 예언타당도 및 변별타당도가 양호한 것으로 나타났다. 이 검사도구는 한국어로 번역된 후, 번역의 적절성과 문화적 편파성의 여부가 검토되었고 그 결과는 양호한 것으로 판명되었다. Cronbach의 알파와 표준화된 문항 알파는 모두 .858이었다.

### (2) 메타인지적 규제

메타인지적 규제에 대한 측정은 개인별로 실시되었다. 메타인지적 규제 능력을 측정하기 위해서 하이퍼미디어를 통한 학습이 진행되는 동안 학습자는 떠오르는 모든 생각을 소리내어 말하도록 요구되었다(사고발성법). 하이퍼미디어 학습을 하는 동안에 학습자가 말한 내용과 학습자가 본 컴퓨터 화면이 동시에 비디오테잎에 녹화되었다. 비디오테잎에 녹화된 사고발성 프로토콜은 두 명의 코더(coder)에 의해 사전에 개발된 코딩체제에 따라 코딩되었고, 코더 간의 일치도는 95.8%이었다. 코딩체제는 사고발성 프로토콜로부터 메타인지적 규제를 코딩하기 위한 다섯 가지 범주, 즉 인지의 계획, 인지의 감시, 인지의 통제, 인지의 평가 및 인지의 수정으로 이루어졌다. 각 범주에는 메타인지적 규제의 몇 가지 요소들이 포함되어 있었다.

## 2.6 한글기본능력검사

한을이라는 저작도구의 기본능력검사는 학습목표 중에서 학습과제에 관한 선언적 지식을 측정하기 위한 한을기억검사와 한을의 기능수행을 측정하기 위한 한을기능검사로 구성되어 있다. 이 검사도구에 대한 내용타당도가 검토되었는데 그 결과 .926으로 양호한 것으로 나타났다.

2.7 오류 및 오류감지 측정

하이퍼미디어 학습과정을 비디오로 녹화하고 비디오 테잎에 녹화된 사고발생 프로토콜은 두 명의 코더(coders)에 의해 오류 및 오류감지 코딩체제에 따라 코딩되었고, 코더 간의 일치도는 87.35%이었다. 오류 및 오류감지 코딩체제는 Norman[8]과 Reason[9]의 코딩체제를 채택 수정하여 사용하였다.

2.8 메뉴탐색 시간 측정

메뉴탐색 시간은 메뉴화면이 제시되면서부터 원하는 메뉴를 선택할 때까지의 시간을 컴퓨터 프로그램으로 측정하였으며, 메뉴를 잘못 선택하여 원하지 않는 학습화면으로간 경우는 처음에 메뉴가 제시된 시간부터 다시 메뉴에서 원하는 학습화면을 선택할 때까지의 시간을 측정하였다.

3. 실험 결과 및 해석

자료분석을 위한 통계적 방법으로 동변량성, 정상분포 및 동간척도를 가정할 수 있는 변인들의 효과를 분석하기 위해서 Pearson의 상관과 변량분석과 회귀분석의 모수적 통계방법을 사용했고, 척도의 동간성과 정상분포를 가정할 수 없는 변인들의 효과를 분석하기 위해서 Spearman의 순위상관과 Kruskal-Wallis의 일원변량분석 등의 비모수적 통계방법을 사용했다. 모수적 통계방법의 기본가정 위반여부를 검토하기 위해서 종속변인에 대한 잔량의 산포도를 분석하였는데, 그 결과는 기본가정을 위반하지 않는 것으로 나타났다. 모든 자료는 SAS 프로그램을 이용하여 분석하였고, 모든 가설에 대한 통계적 검증은 .05의 알파수준에서 수행되었다.

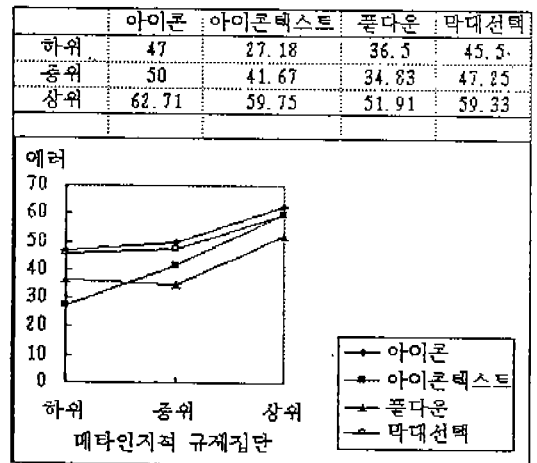
3.1 가설 검증

(1) 메타인지적 규제와 메뉴방식이 오류에 미치는

상호작용의 효과

가설 1의 메타인지적 규제와 메뉴방식이 오류에 미치는 상호작용의 효과를 알아보기 전에 먼저 메타인지적 규제는 순위를 주어서 상 중 하 세 집단으로 나누었으며, 메타인지적 규제와 오류에 의미있는 상관이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 상관이 있는 것으로 나타났다( $\rho = .565, p < .05$ ).

가설 1을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지 규제와 메뉴방식이 오류에 미치는 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다( $F = 2.37, P < .05$ ). 각 메타인지 규제의 집단에 따른 메뉴방식별 오류의 평균을 살펴보면 <그림 1>과 같다.



(그림 1) 메뉴방식과 메타인지 규제가 오류에 미치는 상호작용의 효과

(Fig. 1) Effects of menu types and metacognitive regulation on errors

<그림 1>에 나타난 상 중 하 메타인지적 규제 집단 각각에서 메뉴방식간에 오류의 평균이 차이가 있는지 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis의 일원변량분석을 해보았다. 그 결과 상 중 하 메타인지적 규제 집단 각각에서 모두 메뉴방식간에 오류의 평균이 차이가 있는 것으로 나타났다(하  $F = 8.30, P < .05$ ; 중  $F = 6.14, P < .05$ ; 상  $F = 3.07, P < .05$ ). 그리고 Duncan's 검사 결과 중 하위 집단에서는 아이콘과 막대선택 메뉴방식이 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타났

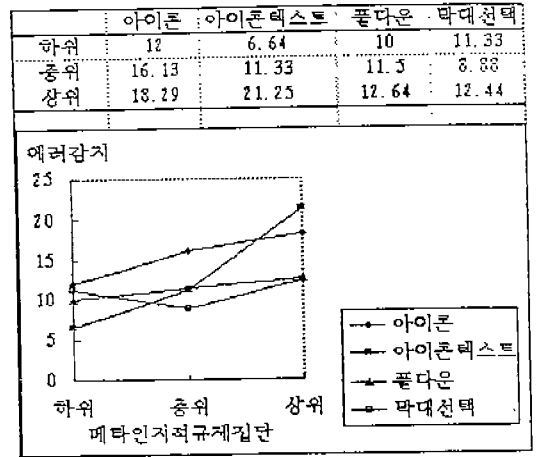
고 아이콘텍스트와 풀다운 메뉴방식이 동일한 집단으로 나타나서 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 상위 집단에서는 아이콘과 막대선택 그리고 아이콘텍스트 메뉴방식이 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타나서 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 그러므로 메타인지적 규제가 낮은 집단일수록 메뉴방식간의 오류의 평균의 차이가 크며, 이러한 오류의 평균들은 전체적으로 메타인지적 규제가 높은 집단에 비해 낮았다. 반면 메타인지적 규제가 높은 집단일수록 메뉴방식간의 오류의 평균의 차이가 적으며, 이러한 오류의 평균들은 전체적으로 메타인지적 규제가 낮은 집단에 비해 높았다. 이러한 각 메타인지 규제의 집단에 따른 메뉴탐색방식별 오류의 평균을 고려해 볼 때, 메타인지적 규제가 높은 집단에 비해 메타인지적 규제가 낮은 집단일수록 메뉴탐색방식이 오류에 영향을 더 많이 미치며, 아이콘텍스트 메뉴탐색방식과 풀다운 메뉴탐색방식에서보다 아이콘 메뉴탐색방식과 막대선택 메뉴탐색방식에서 오류를 더 많이 범한다고 할 수 있다. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 오류를 설명하는 변량은 .642이었다. 따라서 가설 1은 증명되었다.

(2) 메타인지 규제와 메뉴방식이 오류감지에 미치는 상호작용의 효과

메타인지적 규제와 오류감지에 의미있는 상관성이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 상관성이 있는 것으로 나타났다( $\rho = .401, p < .05$ ).

가설 2를 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지 규제와 메뉴방식이 오류감지에 미치는 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다( $F = 3.04, P < .05$ ). 각 메타인지 규제의 집단에 따른 메뉴방식별 오류감지의 평균을 살펴보면 (그림 2)와 같다.

(그림 2)에 나타난 상 중 하 메타인지적 규제 집단 각각에서 메뉴방식간에 오류감지의 평균이 차이가 있는지 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis의 일원변량 분석을 해보았다. 그 결과 하위와 상위 메타인지적 규제 집단에서는 메뉴방식간에 오류감지의 평균이 차이가 있는 것으로 나타났다(하  $F = 3.03, P < .05$ ; 상  $F = 4.43, P < .05$ ). 그리고 Duncan's 검사 결과 하위 집단에서는 막대선택과 아이콘 메뉴방식이 오류감지에



(그림 2) 메뉴방식과 메타인지 규제가 오류감지에 미치는 상호작용의 효과

(Fig. 2) Effects of menu types and metacognitive regulation on error detection

대한 효과에 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타났고, 풀다운과 아이콘텍스트 메뉴방식이 동일한 집단으로 나타나서, 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 상위 집단에서는 아이콘과 아이콘텍스트 메뉴방식이 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타났고, 풀다운과 막대선택 메뉴방식이 동일한 집단으로 나타나서, 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 그러나 중위 메타인지적 규제 집단에서는 메뉴방식간에 오류감지의 평균이 차이가 없는 것으로 나타났다( $F = 2.83, P > .05$ ). 즉, 하위 메타인지적 규제 집단은 아이콘 메뉴방식과 막대선택 메뉴방식에서 풀다운 메뉴방식과 아이콘텍스트 메뉴방식보다 오류를 더 많이 감지한 것으로 나타났다. 이는 오류가 더 많이 발생된 메뉴방식에서 오류를 보다 더 많이 감지했다는 것을 의미한다. 상위 메타인지적 규제 집단은 아이콘텍스트 메뉴방식과 아이콘 메뉴방식에서 풀다운 메뉴방식과 막대선택 메뉴방식보다 오류를 더 많이 감지한 것으로 나타났다. 이는 문자로만 표현된 메뉴보다는 그림이 첨가된 메뉴가 발생된 오류를 보다 더 많이 감지할 수 있도록 도와준다는 것을 뜻한다. 그리고 전체적으로 메타인지적 규제가 높을수록 오류를 더 많이 감지하는 것으로 나타났으나, 풀다운 메뉴방식에서는 그렇지

못했다. 그러므로 메타인지적 규제가 하위인 집단과 상위인 집단에서 메뉴방식이 오류감지에 영향을 미친다고 할 수 있으며, 오류를 더 많이 감지하는 메뉴방식은 하위집단과 상위집단이 서로 다르게 나타났다. 이는 하위집단보다 상위집단이 아이콘과 아이콘 텍스트 메뉴방식에서 오류를 더 잘 감지한다고 볼 수 있다. 아이콘과 아이콘텍스트 메뉴방식은 초보자에게 좋은 메뉴방식이지만, 본 실험의 학습내용이 전혀 경험하지 않은 한을 학습이란 점과 한울의 특성상 표준화된 아이콘을 사용하기 힘든 메뉴도 있었다는 점을 감안할 때 메타인지적 규제가 높은 집단에서 아이콘 메뉴방식이 오류를 더 잘 감지할 수 있었던 것 같다. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 오류감지를 설명하는 변량은 .409이었다. 따라서 가설 2는 긍정되었다.

(3) 메타인지 규제와 메뉴방식이 메뉴탐색시간에 미치는 상호작용의 효과

메타인지적 규제와 메뉴탐색시간에 의미있는 상관이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 음의 상관이 있는 것으로 나타났다( $\rho = -.388, p < .05$ ).

가설 3을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지적 규제와 메뉴방식이 메뉴탐색시간에 미치는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났다( $F = 0.58, P > .05$ ). 따라서 가설 3은 부정되었다. 그러나 각 메타인지적 규제의 집단에 따른 메뉴방식별 메뉴탐색시간의 평균을 고려해 볼 때, 메타인지적 규제 상 중 하 집단 모두 풀다운 메뉴방식에서 메뉴탐색시간이 가장 짧게 나타났으며, 메타인지적 규제가 높을수록 메뉴탐색시간이 짧았음을 알 수 있었다.

(4) 메타인지적 규제와 메뉴방식이 한울기본능력 검사 중에서 직후기억검사 점수에 미치는 상호작용의 효과

메타인지적 규제와 직후기억검사 점수에 의미있는 상관이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 상관이 있는 것으로 나타났다( $\rho = .531, p < .05$ ).

가설 4를 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지적 규제와 메뉴방식이 직후기억검사 점수에 미치는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타

났다( $F = 1.02, P > .05$ ). 따라서 가설 4는 부정되었다.

(5) 메타인지적 규제와 메뉴방식이 한울기본능력 검사 중에서 지연기억검사 점수에 미치는 상호작용의 효과

메타인지적 규제와 지연기억검사의 점수에 의미있는 상관이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 상관이 있는 것으로 나타났다( $\rho = .384, p < .05$ ).

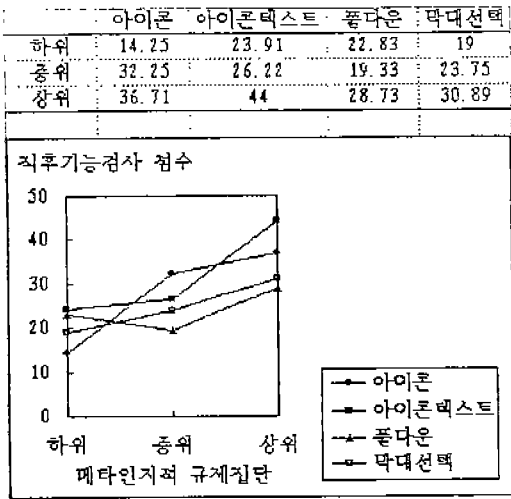
가설 5를 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지적 규제와 메뉴방식이 지연기억검사 점수에 미치는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났다( $F = 0.99, P > .05$ ). 따라서 가설 5는 부정되었다.

(6) 메타인지적 규제와 메뉴방식이 한울기본능력 검사 중에서 직후기능검사 점수에 미치는 상호작용의 효과

메타인지적 규제와 직후기능검사 점수에 의미있는 상관이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 상관이 있는 것으로 나타났다( $\rho = .526, p < .05$ ).

가설 6을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지적 규제와 메뉴방식이 직후기능검사 점수에 미치는 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다( $F = 2.64, P < .05$ ). 각 메타인지적 규제의 집단에 따른 메뉴방식별 직후기능검사 점수의 평균을 살펴보면 <그림 3>과 같다.

<그림 3>에 나타난 상·중·하 메타인지적 규제 집단 각각에서 메뉴방식간에 직후기능검사 점수의 평균이 차이가 있는지 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis의 일원변량분석을 실시했다. 그 결과 하위 메타인지적 규제 집단에서는 메뉴방식간에 직후기능검사 점수의 평균이 차이가 있는 것으로 나타났으며( $F = 3.15, P < .05$ ), Duncan's 검사 결과 아이콘텍스트와 풀다운 메뉴방식이 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타났고 막대선택과 아이콘 메뉴방식이 동일한 집단으로 나타나서 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 그러나 중위와 상위 메타인지적 규제 집단에서는 메뉴방식간에 직후기능검사 점수의 평균이 차이가 없는 것으로 나타났다(중  $F = 2.80, P > .05$ ; 상  $F = 1.10, P > .05$ ). 즉, 하위 메타인지적 규제 집단



(그림 3) 메뉴방식과 메타인지적 규제가 직후기능검사 점수에 미치는 상호작용의 효과  
 (Fig. 3) Effects of menu types and metacognitive regulation on immediate skill test scores

은 아이콘텍스트 메뉴방식과 플다운 메뉴방식이 막대선택 메뉴방식과 아이콘 메뉴방식보다 직후기능검사 점수의 평균이 더 높게 나타났다. 그러므로 메타인지적 규제가 낮은 집단일수록 메뉴방식간의 직후기능검사 점수에 영향을 미치며, 이러한 직후기능검사 점수의 평균들은 전체적으로 메타인지적 규제가 높은 집단에 비해 낮았다. 반면 메타인지적 규제가 높은 집단일수록 메뉴방식간의 직후기능검사 점수의 평균의 차이가 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 이러한 직후기능검사 점수의 평균들은 전체적으로 메타인지적 규제가 낮은 집단에 비해 높았다. 이러한 각 메타인지 규제의 집단에 따른 메뉴방식별 직후기능검사 점수의 평균을 고려해 볼 때, 메타인지적 규제가 높은 집단에 비해 메타인지적 규제가 낮은 집단일수록 메뉴방식이 직후기능검사 점수에 영향을 미친다고 할 수 있으며, 아이콘텍스트 메뉴방식과 플다운 메뉴방식이 아이콘 메뉴방식과 막대선택 메뉴방식보다 직후기능검사 점수의 평균이 더 높다고 할 수 있다. 이는 메타인지적 규제가 높으면 오류를 더 많이 범하고 발생한 오류를 잘 감지하며 학업성취도가 높아진다는 김희수[10]의 주장대로 메타인지적 규제가 높을수록, 오류를 많이 범할수록, 오류를 잘 감지

할수록 직후기능검사 성적은 높아졌다. 그러나 여기에 서로 다른 형태의 메뉴를 사용한 집단별로 직후기능검사 성적을 분석해 본 결과 메타규제가 하위인 집단에서 메뉴변인이 의미있게 영향을 미쳤다. 그 중에서도 아이콘텍스트 메뉴방식과 플다운 메뉴방식을 사용한 집단이 성적이 높게 나타났다. 그 이유로는 학습을 적극적으로 하지 않은 학습자에게 아이콘텍스트 메뉴가 흥미를 유발시킬 수 있고, 또한 일반화되지 않은 그림을 통해서 메뉴를 인지할 수 있는 능력이 없는 학습자가 하위메뉴를 곧바로 볼 수 있으며 문자로 요약된 플다운 메뉴가 원하는 정보를 정확하게 찾을 수 있도록 도와주었기 때문인 것 같다. 플다운 메뉴방식에서 메뉴탐색시간이 가장 짧게 나타났다는 가설 3의 결과가 이를 입증해준다고 하겠다. 그리고 아이콘 메뉴방식에서 성적이 가장 낮게 나타났는데 이는 일반화되지 않은 그림에 대한 설명이 없는 아이콘 메뉴는 메타인지적 규제가 낮은 학습자에게 전혀 도움을 주지 못한 것 같다. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 직후기능검사 점수를 설명하는 변량은 .419이었다. 따라서 가설 6은 긍정되었다.

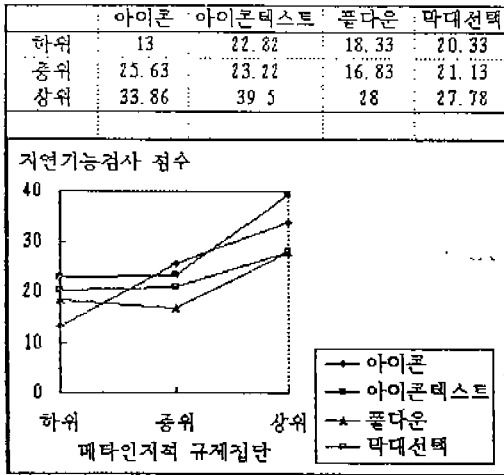
(7) 메타인지적 규제와 메뉴방식이 한울기본능력 검사 중에서 지연기능검사 점수에 미치는 상호작용의 효과

메타인지적 규제와 지연기능검사 점수에 의미있는 상관성이 있는가 검토하기 위해서 Pearson의 상관계수를 알아본 결과 두 변인간에 의미있는 상관성이 있는 것으로 나타났다( $\rho = .557, p < .05$ ).

가설 7을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메타인지적 규제와 메뉴방식이 지연기능검사 점수에 미치는 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다( $F = 2.63, P < .05$ ). 각 메타인지적 규제의 집단에 따른 메뉴방식별 지연기능검사 점수의 평균을 살펴보면 (그림 4)와 같다.

(그림 4)에 나타난 상·중·하 메타인지적 규제 집단 각각에서 메뉴방식간에 지연기능검사의 평균이 차이가 있는지 알아보기 위해서 Kruskal-Wallis의 일원변량분석을 해보았다. 그 결과 하위 메타인지적 규제 집단에서는 메뉴방식간에 지연기능검사 점수의 평균이 차이가 있는 것으로 나타났으며( $F = 4.95, P < .05$ ), Duncan's 검사 결과 아이콘텍스트와 막대선택 그리





(그림 4) 메뉴방식과 메타인지적 규제가 지연기능검사 점수에 미치는 상호작용의 효과

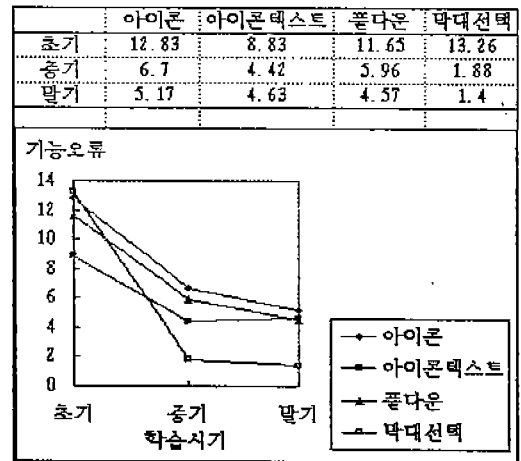
(Fig. 4) Effects of menu types and metacognitive regulation on delayed skill test scores

고 플다운 메뉴방식이 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타나서 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 그러나 중위와 상위 메타인지적 규제 집단에서는 메뉴방식간에 지연기능검사 점수의 평균이 차이가 없는 것으로 나타났다(중  $F=2.13, P>.05$ ; 상  $F=2.00, P>.05$ ). 즉, 하위 메타인지적 규제 집단은 아이콘 메뉴방식에서보다 아이콘텍스트 메뉴방식과 막대선택 메뉴방식 그리고 플다운 메뉴방식에서 지연기능검사 점수의 평균이 더 높게 나타났다. 이는 가설 6의 결과와 거의 유사하게 아이콘텍스트 메뉴방식에서 지연기능검사 점수가 높게 나타났고 아이콘 메뉴방식에서 점수가 가장 낮게 나타났다. 그 이유로는 가설 6과 같이 학습을 적극적으로 하지 않은 학습자에게 아이콘텍스트 메뉴가 흥미를 유발시킨 것 같다. 그리고 일반화되지 않은 그림에 대한 설명이 없는 아이콘 메뉴는 메타인지적 규제가 낮은 학습자에게 전혀 도움을 주지 못한 것 같다. 그러므로 메타인지적 규제가 낮은 집단일수록 메뉴방식이 지연기능검사 점수에 영향을 미치며, 전체적으로 지연기능검사 점수의 평균들은 메타인지적 규제가 높은 집단일수록 더 높게 나타났다. 메타인지적 규제와 메뉴방식이 지연기능검사 점수를 설명하는 변량은 .497이었다. 따라서 가설 7은 긍정되었다.

(8) 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류에 미치는 상호작용의 효과

가설 8의 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류에 미치는 상호작용의 효과를 알아보기 전에 먼저 총 학습시간을 세등분하여 초기, 중기, 말기로 학습시기를 나누었다.

가설 8을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류에 미치는 상호작용의 효과가 있는 것으로 나타났다( $F=3.60, P<.05$ ). 각 학습시기(초·중·말기)에 따른 메뉴방식별 기능관련 오류의 평균을 살펴보면(그림 5)와 같다.



(그림 5) 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류에 미치는 상호작용의 효과

(Fig. 5) Effects of menu types and learning stages(first-intermediate, last) on skill-based errors

(그림 5)에 나타난 학습시기(초·중·말기) 각각에서 메뉴방식간에 기능관련 오류의 평균이 차이가 있는지 알아보기 위해서 일원변량분석을 해보았다. 그 결과 학습 초기와 중기에서는 메뉴방식간에 기능관련 오류의 평균이 차이가 있는 것으로 나타났으며(초  $F=10.04, P<.05$ ; 중  $F=6.75, P<.05$ , Duncan's 검사 결과 막대선택과 아이콘 그리고 플다운 메뉴방식이 통계적으로 차이가 없는 동일한 집단으로 나타나서 전체적으로 두 집단으로 분류되어 차이를 보였다. 그러나 학습 말기에서는 메뉴방식간에 기능관련 오류

의 평균이 차이가 없는 것으로 나타났다( $F=2.01, P>.05$ ). 즉, 학습 말기보다는 학습 초기에 메뉴방식간에 기능관련 오류를 많이 범한다고 볼 수 있다. 그중에서 막대선택( $M=13.261$ ), 아이콘( $M=12.826$ ), 풀다운( $M=11.652$ ), 그리고 아이콘텍스트( $M=8.833$ ) 메뉴 방식 순서대로 기능관련 오류를 많이 범했다. 이는 막대선택 메뉴로 학습한 집단은 한 화면에서 부메뉴를 바로 볼 수 없는 메뉴의 특성상 메뉴의 구조를 파악하기 힘들었기 때문인 것 같다. 그리고 한올에 대한 사전지식이 전혀 없는 학습자들이 그림으로만 상징화된 아이콘 메뉴를 보고 원하는 정보를 찾기 위하여 정확하게 메뉴를 선택하기가 힘들었기 때문인 것 같다.

그러므로 막대선택 메뉴방식과 아이콘 메뉴방식이 상대적으로 기능관련 오류를 더 많이 범한다고 할 수 있다. 이러한 결과는 기존의 메뉴 방식에 대한 연구결과와 방향성이 유사하다고 하겠다. 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류를 설명하는 변량은 .679이었다. 따라서 가설 8은 긍정되었다.

#### (9) 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류감지에 미치는 상호작용의 효과

가설 9를 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 기능관련 오류감지에 미치는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났다( $F=.81, P>.05$ ). 따라서 가설 9는 부정되었다.

#### (10) 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 규칙관련 오류에 미치는 상호작용의 효과

가설 10을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 규칙관련 오류에 미치는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났다( $F=1.17, P>.05$ ). 따라서 가설 10은 긍정되었다.

#### (11) 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 지식관련 오류에 미치는 상호작용의 효과

가설 11을 검증하기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 메뉴방식과 학습시기(초·중·말기)가 지식관련 오류에 미치는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타났다( $F=1.72, P>.05$ ). 따라서 가설 11은 긍정되었다.

## 4. 결론 및 논의

본 논문에서는 임의의 메뉴 방식을 사용하여 학습한 학습자의 인지오류 및 감지와 학업 성취도간의 관계를 실험적으로 규명하기 위하여, 하이퍼미디어 학습 프로그램을 바탕으로 주로 많이 사용되는 네가지 메뉴 방식(아이콘 메뉴, 아이콘텍스트 메뉴, 풀다운 메뉴, 막대 선택 메뉴)과 학습자의 메타인지가 학습과정상 발생하는 오류와 메뉴탐색 시간에 어떤 영향을 미치며, 또한, 학업 성취도에 어떠한 영향을 미치는가를 경험적으로 검증하였다.

연구결과를 분석해보면 메타인지규체가 높으면 오류를 많이 범하고 발생한 오류를 잘 감지하며 학업성취도가 높아진다는 김희수[10]의 주장대로, 메타규체가 높을수록 오류를 많이 범할수록, 오류를 잘 감지할수록 기능검사 성적은 높아졌다. 여기에 서로 다른 형태의 메뉴를 사용한 집단별로 여러 변인들을 분석해본 결과, 상위 메타인지 규제집단에서는 메뉴방식이 학업성취도에 영향을 미치지 못했다. 그러나 오류와 오류감지는 아이콘텍스트와 아이콘 메뉴방식에서 의미있게 영향을 미쳤는데, 이는 문자로만 표현된 메뉴보다는 그림이 첨가된 메뉴가 발생한 오류를 보다 더 많이 감지할 수 있도록 도와준 것으로 해석된다. 그리고 하위 메타인지 규제집단에서는 아이콘 메뉴 방식과 막대선택 메뉴방식에서 오류와 오류감지를 더 많이 하였으나, 아이콘텍스트 메뉴에서 기능검사 성적이 높게 나타났다. 이는 가설 8의 결과에 나타난 바와 같이 학습초기에 메뉴에서 주로 발생할 수 있는 기능관련 오류가 막대선택과 아이콘 메뉴방식에서 높게 나타났기 때문인 것 같다.

결과적으로 메뉴방식은 하위 메타규제집단에서 영향을 미치게 되므로 아이콘텍스트 메뉴방식을 사용하는 것이 학업성취도를 높여주는 효과가 있다고 하겠다. 그리고 상위 메타규제집단에서는 어느 메뉴방식을 사용해도 학업성취도에는 차이가 없다고 할 수 있다.

앞으로 연구해야 할 과제로서는 메뉴방식에 따라 메타규제가 높을수록 오류를 많이 범할수록, 오류를 잘 감지할수록 기능검사 성적은 높게 나타났지만, 기억검사에 대해서는 상호작용의 효과가 없는 것으로 나타난 이유를 살펴보기 위하여 좀 더 많은 피험자를

대상으로 경험적인 연구를 추가적으로 실시할 필요가 있다.

본 연구결과는 학습과제에 대한 사전지식이 없는 학습자들을 대상으로 하였기 때문에 학습과제에 대한 사전지식이 없는 실험에 적용할 수 있다. 그리고 대학생을 대상으로 실험되었으므로 초·중등학생에 적용할 때는 메타인지의 정도가 달라지게 된다. 또한, 피험자의 수가 각 메뉴방식별로 25명 정도로 제한되었으므로 본 연구 결과를 일반화시키기에는 다소 제약이 따를 수 있다.

### 참 고 문 헌

[1] Arend, U., Muthig, M., and Manji, K. A., "Pictorial communication with computers", *International Journal of Man Machine Studies*, 27, pp. 315-336, 1987.

[2] Begoray, J. A., "An introduction to hypermedia issues, systems and application areas", *International Journal of Man-Machine Studies*, 33, pp121-147, 1990.

[3] Conklin, J., "Hypertext: An introduction and survey", In greig, I. (Ed.) *Computer-supported Cooperative Work: A Book of Readings*, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1988.

[4] Dixon, R. A., Hultsch, D. F., & Herzog, C., "The metamemory in adulthood(MIA) questionnaire", *Psychopharmacology Bulletin*, 24(4), pp. 671-688, 1988.

[5] Egidio, C., and Patterson, L., "Pictures and category labels as navigational aids for catalog browsing", *Proceedings of the CHI '88 Conference*, pp. 127-132, 1988.

[6] Halasz, F., Conklin, J., "Issues in the design and applications of hypermedia system", *CHI '90 Tutorial Notes #19.*, Apr. 1990.

[7] Jonassen, D. H. & Wang, S. "Acquiring structural knowledge from semantically structural hypertext", *Journal of Computer-Based Instruction*, 20(1), pp. 1-8, 1993.

[8] Norman, D. A., "Categorization of action slips", *Psychological Review*, 88(1), pp. 1-15, 1981.

[9] James Reason, "Human error", Cambridge University Press, 1990.

[10] 김희수, "하이퍼텍스트 학습상황에서 메타인지, 인지도유, 인지오류 감지 및 하이퍼텍스트 구조가 저작체제 학습에 미치는 효과", *교육공학연구* 제11권 제1호.



### 김 정 랑

1982년 2월 전남대학교 계산통계학과(학사)  
 1984년 8월 전남대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)  
 1994년 2월 전남대학교 대학원 계산통계학과 박사과정 수료

1986년~현재 광주교육대학교 전산교육과 부교수  
 관심분야: 하이퍼미디어, 컴퓨터 교육, 멀티미디어



### 박 선 주

1985년 2월 전남대학교 계산통계학과(학사)  
 1987년 2월 전남대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)  
 1995년 8월 전남대학교 대학원 계산통계학과(이학박사)

1996년~현재 광주교육대학교 전산교육과 전임강사  
 관심분야: 하이퍼미디어, 컴퓨터교육, 멀티미디어 데이터베이스, 정보보안



### 김 병 기

1978년 2월 전남대학교 수학교육과(학사)  
 1982년 2월 전남대학교 대학원 수학과(이학석사)  
 1981년~현재 전남대학교 전산학과 교수

관심분야: 소프트웨어 공학, 컴퓨터 교육, 신경망 컴퓨터, 초고속 정보통신 등