

공대 물리학 교육에서 학습장애자에 대한 직접교수법의 효과

Impact of Direct Structured Instruction for Students with Learning Disabilities on Engineering Physics Concepts

황운학*

한국기술교육대학교 교양학부

Un-Hak Hwang*

School of Arts, KOREATECH, Cheonan 31253, Korea

[요약]

공대생을 위한 물리학 교육은 주요 공학 용어들의 소개와 개념 정립을 위한 실험과 더불어 각종 실용 공학 장비에 적용되는 법칙과 그들의 기술적 운용이 수반되므로 다수의 교육 장애 학생이 발생된다. 교육이 진행됨에 따라서 자기주도학습이 습관화된 학생들은 비교적 잘 적응하지만 극단적 교육장애자들은 교육자가 수업 방향을 분명히 잡고 강력하게 이끄는 이른바 직접교수법이 효과적인 교육 방법론이다. 임의의 두 학급의 학생 90명에 대해 문제해결에 대한 이해력, 추리력, 기억력, 문제해결속도를 측정하여 18명 (20%) 학생이 기초공학장애자로 나타났다. 한편, 직접교육법에 의한 교육을 통해 표본그룹(90명)의 중간고사와 기말고사에서 전체 평균성적이 각각 51.7점(100점 만점)과 58.0점의 성적을 거두어서 6.3점 증가를 보여주었으나 성적 50점 이하인 하위 그룹은 그룹 평균성적이 각각 26.7점과 24.5점을 거두어 오히려 감소하였다. 그러나 특별히 중간고사에서 성적 최하위 20점(100점 만점) 이하인 자 5명의 학생을 학습장애자로 선정하여 방과후에 직접교수법을 수행하였고 이들은 중간고사는 평균 17.9점 이었던데 반해 동일 수준의 기말고사는 평균 26.5점으로써 8.6점의 증가를 보여주어 학습장애자들에 대한 직접교수법이 실효가 있음을 보여주었다.

[Abstract]

This study examined the impact of direct structured approach of students who demonstrate little or no sense of basic engineer concepts in physics courses. This direct structured instruction is one of the methodologies that focuses on explicit and systematic practices in which an instructor set clear learning outcomes and clarifies the direction of the instruction. 90 participants were randomly selected and tested on the areas of problem-solving skills, reasoning, working memory, and processing speed. 20% of the participants were found to be students with basic engineering disabilities. On the other hand, in the direct structured group, 51.7% and 58.0% of the sample group (90 students) showed a 6.3% increase from the mid-term to final examinations, respectively. The subgroups with 50% or lower grades were decreased from 26.7% to 24.5%. However, five students with the lowest grade of 20% were selected as students with learning disabilities in the study and the average scores of mid-term and final exams were increased by 8.6%, which was 17.9% and 26.5%, respectively at the end of the study. As a result, it showed that direct structured approach for students with learning disabilities in the engineer concepts was effective.

Key Words: Direct structured instruction, Explicit and systematic practices, Learning disabilities

<http://dx.doi.org/10.14702/JPEE.2022.019>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 30 March 2022; Revised 15 April 2022

Accepted 20 April 2022

*Corresponding Author

E-mail: uhhwang@koreatech.ac.kr

1. 서론

메타버스, 빅 데이터, 혹은 인공지능 등 디지털 시대에서 공학의 기초과목으로써 일반물리학과 그 실험 수업은 전통적 공학 분야뿐 아니라 인지공학이나 인간공학 등 더 다양한 분야로 활용되므로 더욱 폭넓은 교육을 요구한다[1]. 실제로 미국의 Aguilar 등[2]에 따르면 학력, 인종, 빈부, 지역에 따른 연구를 하여 사회심리학적 분석을 할 정도로 사회적 관심을 끄는 것 중 하나가 미국 대학에서 매년 약 30% 학생들이 일반물리학 수업에서 탈락한다는 것이다. 그 이유로 기초가 부족하기 때문이라고 하지만 이미 선행과목이나 수학 과목 등, 준비가 충분이 주어진 상태에서 수강하기 때문에 이 이유는 많은 경우에 맞지 않는다. 한국에서도 필자의 지난 30년의 강의에서도 고교 내신 2~3급 이내의 똑같은 수준의 학생들이 대학에 입학해 일반물리학을 수강했는데 매 학기 약 20~30% 학생들은 공학을 전공하지 못할 C 학점 이하가 주어짐을 알았다. 미국에서는 실패자들이 학교를 떠나가지만 (또는 전혀 다른 전공을 택한다) 한국에서는 여러 가지 이유로 자기가 입학한 공학을 마치고 졸업하는 것이 현실이어서 이들에 대한 특별한 교육이 제공되어야 된다고 생각해 장애 학생들에게 맞는 교수법으로 알려진 직접교육법에 대한 연구를 하게 되었다. 한편, 이 같은 부적응 때문에 미국에서는 공학 기피 현상이 매우 심하게 나타나서 공대가 무너지는데 반해 한국에서는 오히려 전자공학이나 컴퓨터공학 등에 지원이 두드러져 이른바 공학 장애 학생들에 대한 특별교육 방법을 찾을 필요성을 더 느꼈다.

대부분 학생들이 고교에서 자기주도학습에 대한 훈련을 받고 전공관련 지식을 상당히 준비해서 대학에 오지만 미적분 수학2나 물리학 수업을 듣고 입학하는 예는 드물다. 따라서 대학에서 교육자가 수업 방향을 분명히 잡고 강력하게 이끄는 것이 중요한 교육 요소라 할 수 있다. PBL (Problem Based Learning, 문제기반학습)이나 Flipped Learning (역진행 수업) 등은 이미 알려진 문제풀이법을 먼저 제시하고 사전 교육한 다음 본 교육에서 이를 확인하는 방식이므로 창의적 교육과는 거리가 멀다. 이와 같이 자기주도학습보다는 교육

자 개개인이 학생들을 변화시키기 위해 특별히 노력하는 교육방식이 직접교수법이며 이를 통해 공학 장애 학생들의 성공률을 높일 수 있음을 이 논문에서는 보여준다.

물리학 수업 장애학생을 판단하는 기준은 천재 학생을 판단하는 기준과 차이가 없다. 학습에 대한 천재성이나 장애를 판단하는 학습 정도를 측정하는 척도를 정의한 대표적인 연구자들은 Wechsler, Roid, Kaufman 등이고 이들의 장애 여부를 판단하는 잣대를 비교하면 표 1과 같다. 이들 잣대를 종합하면 물리학 장애를 알아보기 위해서 문제해결에 대한 추리력, 기억력, 이해력, 문제해결속도를 측정한다.

그러나 매우 당황스러운 것은 수학이나 언어에서는 장애가 없으나 오로지 기초공학 (특히 물리학)에서만 장애가 나타난다는데 교육적 어려움이 많다. 이와 유사하게 정상적인 인지기능을 가지고 있으나 (심지어 일부는 천재성을 보이지만) 오직 특정분야에만 학습 애로를 나타내는 특정 장애로써 널리 알려진 학습장애는 난독증 (디스렉시아 Dyslexia), 난수증 (디스칼쿠리아 Dyscalculia) 등이 있다. 그리고 이들에 대해서는 많은 지원과 관심뿐 아니라 연구가 많이 진행되었고, 특히 미국에서는 전문가들이 많이 배출되어 일선 학교에서 이들에게 상담과 치료를 하고 있다. 그래서 특정 장애 (천재) 피교육자들을 발견하기 위한 전문가들의 평가가 정기적으로 이루어지고 있고, 그들에 대한 권익을 보장하는 조례가 제정되었으며, 상담이나 치료 후 그 결과에 대한 평가도 잘 이루어지고 있다.

이와 유사하게 이 연구에서도 참여한 학생들은 대부분 내신 등급이 2~3등급인 상위 점수를 얻은 학생들 임에도 불구하고 뜻밖의 공대 물리학의 학습장애가 나타났으며 이 현상을 디스엔지니어 (Dysengineeria)라 부를 수 있고 해당 한글 표현으로 「공학치」가 적당하며, 이것은 「기계치」 또는 「방향치」와 같이, 정상적인 사람인데 (다른 분야에는 천재성도 있는) 오직 공학학습에서만은 다른 사람에 비해 매우 큰 장애를 겪고 있는 사람을 지칭한다. 다만 이 연구에서는 언어 순화를 위해서 「공학치」에 해당하는 학생들을 「공학장애 학생」이라는 용어를 사용하였으나 의미는 조금 다르다고 생각된다.

표 1. 공학장애자를 구분하는 척도를 제시하는 3가지 표준연구

Table 1. Standard researches for determining the engineering-disabled

내용	연구자	Wechsler (2003)	Roid (2003)	Kaufman & Kaufman (2004)
판단 척도		언어 이해력 지각 추리력 작업 기억력 처리 속도	유동체 추리력 지식 정량적 추리력 시각-공간 처리력 작업 기억력	시각적 처리력 유동체 추리력 단기 및 장기 기억력

제II장에서는 직접교수법과 탐구식 교수법에 대한 비교 언급을 하였고 이 직접교수법에 따라 얻어진 실험결과들을 그대로 그려 분석하였으며, 제III장에서는 연구의 결론을 다루었다.

II. 직접교수법과 공학장애자에 대한 실험

A. 직접교수법

직접교수법(Direct Instruction)은[3] 교수-학생이 포함된 패키지 형태의 잘 알려진 교육 프로그램이다. 이 연구에서 공대 물리학 장애 학생들에게 적용하기 위해 직접교수법을 선택한 이유는 학생 변수보다는 교수의 교육방법이나 선정된 교재와 그 연출 방식이 그들에게 가장 큰 교육적 영향을 주기 때문이다. 특히 직접교수법 프로그램은 학습이 부진한 학생들을 대상으로 한 기본 학습 기능, 인지적-개념적 기술, 그리고 정의적 특성(자아개념) 부분에서 탁월한 효과를 보였고. 지금도 특수 학생 교육 분야를 중심으로 가장 효과적인 교육방법 중 하나로 인정받고 있다[4,5].

직접교수법과 반대되는 것은 창의성을 중시하는 탐구식 교수법 (Inquiry-based Instruction)이다. 최첨단 교육매체들의 등장으로 둘 사이의 교차 학습도 늘어나지만 교육목표에 따라서 그 선택을 뚜렷하게 할 필요는 있다. 특히 오늘날의 첨단 공학은 모든 공학분야에 디지털 빅 데이터나 인공지능이 가미되는 하이브리드 장비가 주종을 이루니 창의적 자기주도 학습을 무시할 수가 없다. 그러나 최첨단 장비의 설계나 개발은 극소수의 일이고 대부분의 엔지니어는 현장에서 장비를 운용하거나 무상수리 담당자 또는 프로그램 사용자이기 때문에 모두에게 탐구식 교육을 할 필요는 없다고 사료된다. 오히려 오늘날 일반적으로 대부분 엔지니어는 직접교수법에 의해 교육받고 현장에 진출한다고 봐야 할 것이다. 한편 탐구식 교수법은 철저히 실험에 의존하며, 실험 활동, 강의 수강, 토론, 교재와 같은 교육행위에는 무관하게 학생 스스로 다 알아야 한다는 점에서 교육이 아니라 자기주도 학습에 가깝다. 표 2에 직접교수법과 탐구식 교수법에 대한 비교가 나타나 있다.

어떤 방식이든지 공대 물리학 교육의 궁극적 목표는 (1) 자연계에 대해 알아야 하고 이용할 줄 알아야 하며 (2) 과학적 근거와 설명을 이끌어내고 그들의 가치를 평가할 줄 알아야 하며 (3) 역대 과학 지식에 대한 본성과 발전을 이해해야 하며 (4) 공학적 체험과 토론에 생산적으로 참여하는 것이다[6].

물리학에서 직접교육은 반드시 실험이 동반되기 때문

표 2. 직접교수법과 탐구식 교수법에 대한 비교

Table 2. Comparison between the direct instruction and inquiry instruction

분류	교수법	직접 (Direct)	탐구식 (Inquiry)
인지 및 개념 습득		크다	적다
기본내용 정립 효과		크다	적다
상대적 개념 습득		크다	적다
정량적인 지식 습득		크다	작다
전체의 체계적 설립		크다	작다
학습운동 방식		강의 지향적	실험 지향적
상대적 실험 수행 정도		작다	크다
진행 중 학생 참여 정도		작다	크다
학생 주도적 학습 성향		작다	크다

에 암기식 교육과는 다르다. 통상 실험이 동반되지 않는 공대 물리학 학점은 국제적으로 인정받지 못한다. 직접교육의 방식은 나열식 설명, 암기, 정형화된 실험종목들로 특성 지을 수 있다. 그래서 탐구식 교육을 ‘공학’을 한다’라고 규정짓는다면 직접교육은 ‘공학 교육을 한다’고 말할 수 있겠다. David Klahr는 그의 연구에서[7] 공학적 대발명을 위해 가장 중요한 것은 도전적 예측인데 이것은 깊이 있게, 오랜 기간 동안 지속적으로, 그리고 ‘좀 더 검증된’방법으로 문제를 해결하는 과정으로 접근해야 가능하다 라고 주장하였다. 이 목표를 위해 공대 물리학 교육에서는 직접교육이든 탐구식 교육이든 모두 대발명을 지향하지만 ‘검증된’ 방법을 판단하기 위해서는 직접교수법이 유리하다고 하겠다. 왜냐하면 물리학이 초창기 연역적 방법에 의한 학문에서 오늘날 귀납법적 응용이 활발한 공학이 되었기 때문이다[8,9].

직접교수법의 특징과 원리는 크게 (1) 수업 조직, (2) 프로그램의 교수설계, 그리고 (3) 학생-교사 상호작용 기법 측면에서 찾을 수 있다. 이 연구에서 수업 조직은 대략 2~3등급의 고교 내신을 가진 비슷한 학생 45명을 한 분반으로 조직하였으며 이 프로그램의 교수 설계는 미국물리학회 교육내용과 속도 및 직접교수법을 그대로 따랐고, 학생-교수 상호작용을 위해 일정량의 과제물이 매 주에 부과되었고 수업내용과 과제에 대한 질의 및 응답시간은 한 학기 동안 항상 열려 있도록 하였다. 직접교수법의 효과는 (1) 수업 조직, (2) 교수와 학생 및 학생 상호간의 상호작용, (3) 프로그램 내용설계나 그 교육 행위가 모두 복합적으로 결정하기 때문에 이에 대한 충분한 고려를 하였다.

그림 1에 직접교육의 수업 하에서 얻어진 학생들의 중간고사 및 기말고사 성적 분포에 따른 빈도수 분포가 나타나

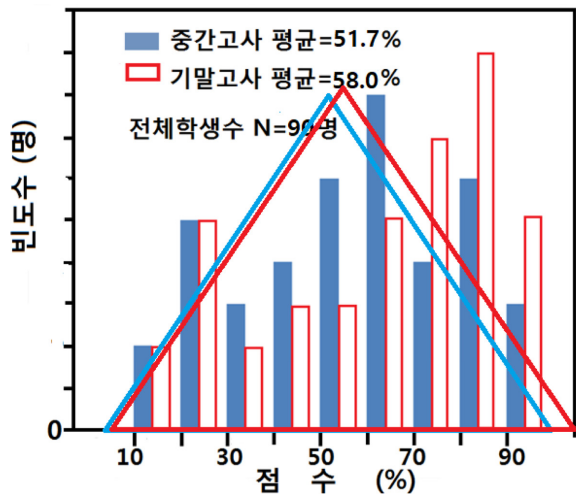


그림 1. 직접교육의 통제 하에서 얻어진 학생들의 중간고사 및 기말고사 성적분포에 따른 빈도수 분포

Fig. 1. Histogram distributions of 90 students' scores for mid-term examination (blue bars) and final examination (red bars).

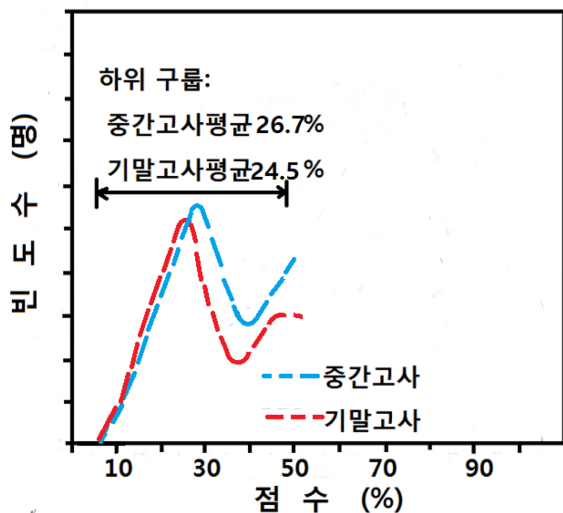


그림 2. 직접교육의 통제 하에서 얻어진 하위 그룹 50%이내 학생들의 중간고사 및 기말고사 성적분포에 따른 빈도수 분포곡선 (효과가 없음)

Fig. 2. Frequencies of students' scores for mid-term examination (the blue line) and final examination (the red line).

있다. 중간고사와 기말고사의 전체 평균점수는 각각 51.7점 (100점 만점)과 58.0점이고 전체 학습 학생수는 90명이다. 중간고사보다 기말고사 때 평균 성적이 6.3점 상승하였고 극히 저조한 학생을 제외한 다른 학생들에서는 기말고사에서 가우스 분포를 갖게 되어 교육의 내용이나 방식이 성공적이었음을 알 수 있다.

그림 2에서는 직접교육의 통제 하에서 얻어진 50% 이하 점수를 얻은 하위 그룹의 학생들의 중간고사 및 기말고사 성적분포에 따른 빈도수 분포이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 전체 평균에서는 기말고사에서 중간고사 때보다 6.3점이 향상되었음에도 불구하고 50점 이하 점수(100점 만점)를 얻은 하위 그룹의 중간고사와 기말고사의 평균점수는 각각 26.7점과 24.5점으로서 오히려 2.2점이 감소하였고 이들에 대한 공학 장애 (공학치) 여부를 가리는 실험이 필요하게 되었다.

B. 공학장애자 선별과 이들에 대한 직접교육 실험

대입 입학성적이 2~3등급으로 입학하였고 국제적으로 체계화된 직접교수법을 적용하여 교육했음에도 전혀 진전을 보이지 못하는 학생들에 대한 장애 정도와 그 이유를 규명하기 위해 새로운 시도를 하였다. 공학장애를 알아보기 위해서는 문제해결에 대한 이해력, 추리력, 기억력, 문제해결속도를 측정하는 것이다(표 1). 「공학치」에 해당하는 장애 정도를 판단하기 위해 표 3에 주어진 퀴즈를 시행하였다. 이 퀴즈는 <일반물리학-I>을 수강하는 2개반의 일반학생을 대상으로 수행했으며 초반, 중반, 후반에 3회 진행되었고 총 90명이 참여했다. 표 3에서 주어진 문제지를 작성하여 수업 직전에 배포하여 50분간 수업이 진행되는 동안 충분히 생각하도록 하고 수업 종료 때 회수했으며 동일한 문제를 3차례에 걸쳐 같은 방법으로 수행하였다. 각 문제의 정답은 모두 (3)번이다. 여기서 [문제1]은 공학교육에서 문제풀이에서 널리 쓰이는 확률론적 추론 명제에 근거한 귀납법적 추론과 확률적 검정을 다룬 문제이고 [문제2]는 공학의 기본이 되는 제로(0)의 개념에 대한 이해를 알아보는 문제이다.

이 퀴즈 실험의 결과가 그림 3과 그림 4에 나타나 있다. 이것에 따르면 한 학기 수업이 진행되는 동안 지속적으로 표 3의 과정으로 문제풀이를 하였고, 지속적으로 [문제2]의 제로(0) 개념을 문제풀이 수업에서 다루었음에도 불구하고 전체 학생 중 20%는 학기말까지도 인지하지 못했음을 보여주었고 이는 수업 장애를 넘어 「공학치」에 해당된다는 확신을 주었다.

공학장애 학생들에게 직접교육법을 적용하여 그 성과를 알아보기 위해서 「공학치」 수준의 공학장애 학생들을 실험(그림 1, 그림 2)이 진행되는 반에서 5명을 선정하였다. 선정된 공학장애 학생에게 직접교수법의 효과를 알아보기 위해 주당2시간씩 방과 후 수업을 진행했는데 부가된 학습구속들은 다음과 같다. (이 여가 수업은 1학년 전교생에서 선별된 129명 속에 섞여 전담 교수에 의해 교양교육센터의 지원으로 수행되었다. 선발 시 학생들의 인권을 위해 개별 인적사항은 비밀로 했다.)

1) 소속 학급의 정상 수업에 참여하고 학습법에게도 개방되도록 하되 이 수업만은 오직 직접교육에만 몰두하도록 하였고, 중요한 정규 학습 물리학 문제들에 대해 교양교육센터에서 주관한 직접교수법으로 주당 1회의 보충학습(help

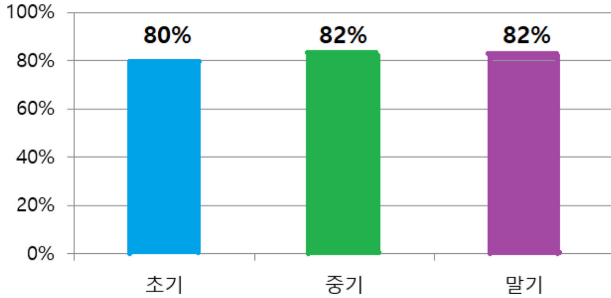


그림 3. 표 1의 [문제1]에 대한 학생들의 성취도 추이(참여 학생수는 90명이다)

Fig. 3. Histograms of achievements for the Question 1 in the Table 1 (Total students attended for this research were 90 each).

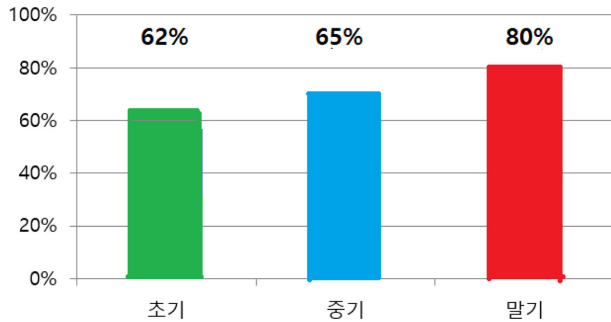


그림 4. 표 1의 [문제2]에 대한 학생들의 성취도 추이(참여 학생수는 90명이다)

Fig. 4. Histograms of achievements for the Question 2 in the Table 1 (Total students attended for this research were 90 each).

표 3. 공학 장애학생을 구별하기 위한 문제의 예시

Table 3. Problem examples for engineering-disabled students

- [문제1] 다음 빈 칸에 적당한 것은 ?
- (1) 중력법칙을 써서 계산해 본다.
 - (2) 전자의 질량을 구해본다.
 - (3) 결과의 실제 타당성을 알아본다.

저항 값이 R인 단순회로에 전압 V가 붙어있다. 전류를 구하기 위해 다음의 제3단계에서 할 일은 무엇인가?
 (단계1) 회로에 관한 문제이므로 오옴의 법칙 ($I=V/R$), 또는 키르히호프 법칙 $V-IR=0$ 을대전제로 쓴다.
 (단계2) 위 방정식에 주어진 값 V와 R을 대입하여 값을 구한다.
 (단계3) _____
 (단계4) 만약 위의 답이 실제 자연계의 값과 크게 틀리다면 다시 첫 단계부터 반복 수행하여 실수를 찾아낸다.

- [문제2] 다음의 표현법이 잘못된 것은 ?
 (1) $10^5=100,000$ (2) 225.32 ± 0.01 (3) $0.0005 = 10^{-4}$ (4) $0.5 + 0.13 = 0.6$

session)을 지속적으로 수행하였다[1].

2) 탐구식과 구별한다는 명목으로 직접교육 방식으로 같은 내용만을 반복하지 않았고 소속 학급 수업과 동일하게 진도를 맞추어 계속 새로운 진도 내용을 습득하게 하였다. 다만 진행 방식은 센터에서 직접교육 방식으로 계속 진행되었다.

3) 평가를 위한 시험문제는 별도로 하지 않고 전교생 학생들과 같이 시험을 치르게 하여 교육방식에 따른 특혜를 주지 않았다.

4) 탐구식 교육 내용은 거의 다루지 않았고 학생 주도적 학습에 대한 개방적 사고는 보장하지 않았다.

5) 수업 첫 시간에 이 수업이 얼마나 어려울까 와 많게는 30%가 C학점 이하를 취득한다는 사실을 미리 주시시켜 자신의 능력을 극대화할 것을 주문하였다[1].

위와 같은 구속을 가해 수업을 받은 「공학치」 수준의 공학장애 학생들 5명에 대한 실험결과가 그림 5에 나타나 있다. 그들의 중간고사와 기말고사의 그룹 평균점수는 각각 17.9%

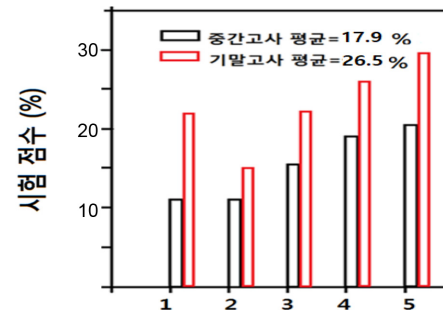


그림 5. 선정된 5명의 공학장애자들에 대한 직접교수법의 수업 하에서 얻어진 중간고사 (검정색 막대) 및 기말고사 (빨간색 막대) 성적 변화.

Fig. 5. Histogram for 8 scores of engineering-disabled for mid-term examination (black bars) and final examination (red bars).

와 26.5%이었고 8.6%의 증가를 보여주었다. 표 3의 퀴즈 내용과 그 결과인 그림 3, 4의 결과를 보면 이들에게 낮은 수준의 과목을 만들어 제공한다 해도 별 의미가 없음을 알 수 있다. 오히려 연구에 따르면 「공학치」 학생들에 대한 적절한 교수법으로서는 학습 수준(standard)을 낮추기보다는 그림, 색깔, 도선, 음향을 보조적으로 사용하고, 가급적 수식이 나 공식보다는 말로 풀어 주지시키며, 문제를 그림을 그려가며 설명하고, 서서히 납득시키고, 무엇보다 그들에 대한 전담 교육 담당자를 두는 것이 더 효과적이라는 것이다[1]. 그리고 「공학치」 수준의 공학장애 학생이 수업시간에 수준에 미달하는 질문이나 코멘트를 한다 하더라도 질문 자체를 고무시키고 또한 과제물을 제출했을 때마다 부족해서 꾸짖기에 앞서 일단 “잘했다, 하지만 조금 더...”라고 말해줌으로서 그들이 스스로 깨질 때까지 참을성 있게 기다릴 필요가 있는데, 이것은 선의적인 직설적 응대의 결과가 많은 학생들에게 의욕이나 성과를 깎아 내려 맞볼 농기와 같다는 최근의 교육 심리학적 연구 때문이다[1].

마지막으로 공학에서의 직접교수법에 대한 연구가 처음 이어서 연구 사례의 빈도수를 높여 결론에 대한 신뢰도를 높일 필요가 있다고 생각된다. 공학을 기피하는 많은 국가 중에 하나가 되기 전에 선제적으로 공학장애 학생 교육에 애착을 가지고 심혈을 기울여야 할 때이다. 더 많은 연구가 수행되고 전문 인력이 양성되어 조기에 공학 장애 학생을 찾아 적절한 교육을 수행해야 한다. 또한 언어학에서의 난독증(dyslexia)처럼 공학교육에서도 「공학치」 수준의 장애학생들에 대한 신체적 연구가 진행되어 올바른 교육이 되도록 할 필요가 있다고 본다.

III. 결론

90명의 학생들이 참여한 공학교육에서 널리 쓰이는 확률론적 추론 명제에 근거한 귀납법적 추론과 변수통제에 대한 학생들의 성취도와 제로 개념에 대한 성취도를 통해 약 20%의 학생은 매우 심각한 공학장애 학생으로 나타났다.

직접교수법의 수업 하에서 얻어진 90명의 학생들의 중간고사 및 기말고사 성적분포에 따른 빈도수 분포. 중간고사와 기말고사의 평균점수는 각각 51.7점(100점 만점)와 58.0점으로 6.3점이 증가했음에도 50점 이하 점수를 얻은 하위 그룹의 중간고사와 기말고사의 평균점수는 각각 26.7점과 24.5점으로 오히려 2.2점 감소를 나타내 하위 그룹에 대한 특별 연구가 필요함을 알았다. 선정된 5명의 공학장애자들에 대한 직접교수법의 보충 수업 하에서 얻어진 중간고사 및 기말고

사 평균점수는 각각 17.9점과 26.5점으로 8.6점이 증가하여 물리학 수업에서 직접교수법을 적용한 결과 실효성이 있음을 입증하였다.

감사의 글

이 연구는 2022년도 한국기술교육대학교의 교수 교육연구지원 사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Website: <https://24htech.asia/facebook-sets-up-new-team-to-work-on-the-metaverse.html>, 2021.
- [2] L. Aguilar, G. Walton, and C. Wieman, “Psychological insights for improved physics teaching,” *Physics Today*, vol. 67, no. 5, pp. 43-49, 2014.
- [3] L. B. Stebbins, R. G. St. Pierre, E. C. Proper, R. B. Anderson, and, T. R. Cerva, “Education as experimentation: A planned variation model,” vol. 4A-D, Cambridge, MA: Abt Associates, 1977.
- [4] G. D. Borman, G. M. Hewes, L. T. Overman, and S. Brown, “Comprehensive school reform and achievement: A meta-analysis,” *Review of Educational Research Summer*, vol. 73, no. 2, pp. 125-230, 2003.
- [5] R. Herman, D. Aladjem, P. McMahon, E. Masem, I. Mulligan, A. S. O’Malley, S. Quinones, A. Reeve, and D. Woodruff, *An Educator’s Guide to School Reform*, Washington, DC Expenditures, 1999.
- [6] B. Alberts, “Redefining science education,” *Science*, vol. 323, no. 5913, p. 437, 2009.
- [7] D. Klahr, “Paths of Learning and Their Consequences: Discovery learning versus direct instruction in elementary school science teaching,” Apr. 10, 2009 [Online] Available: <http://www.lrdc.pitt.edu/supergroup/>.
- [8] U. H. Hwang, “Variable control in inductive inference for engineering education,” *Journal of Practical Engineering Education*, vol. 6, no. 1, pp. 1-7, 2014.
- [9] U. H. Hwang, “Analysis of the deductive inference in engineering education through the experiments of elliptical trainers,” *Journal of Practical Engineering Education*, vol. 5, no. 1, pp. 1-13, 2013.



황운학 (Un Hak Hwang)_정회원

1981년 2월 : 연세대학교 이학사

1985년 12월 : 미국 미주리대학교 물리학 석사

1989년 8월 : 미국 미주리대학교 물리학 Ph.D.

1992년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 교양학부 교수

<관심분야> 플라즈마 물리학, 자유전자레이저, Thin Film Depositions, 핵융합 이론, 공학기초물리학