[UCI]I804:24011-200000256789

2012년 2월
박사학위논문

순차적 반응시간 과제 학습 시 발생하는 절차적 기억과 서술적 기억의 상호작용에 관한 연구

조선대학교 대학원
체 육 학 과
김 안 나

2012년2월
박사학위논문
순차적 반응시간 과제학습시 발생하는 절차적기억과 서술적기억의 상호작용에 관한 연구
김 안 나

순차적 반응시간 과제 학습 시 발생하는 절차적 기억과 서술적 기억의 상호작용에 관한 연구

Interaction Between Procedural and Declarative Memories During the Sequence Learning Task

2012년 2월 24일

조선대학교 대학원

체 육 학 과

김 안 나

순차적 반응시간 과제 학습 시 발생하는 절차적 기억과 서술적 기억의 상호작용에 관한 연구

지도교수 조 동 진

이 논문을 이학 박사학위신청 논문으로 제출함

2011년 10월

조선대학교 대학원

체 육 학 과

김 안 나

김안나의 박사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교	교 수	윤 오 남 (인)
위 원	전남대학교	교 수	백 종 수 (인)
위 원	성균관대학교	교 수	이 지 항 (인)
위 원	조선대학교	교 수	서 영 환 (인)
위 원	조선대학교	교 수	조 동 진 (인)

2011년 12월

조선대학교 대학원

목 차

Abstract

제1장 서론

제1절 연구의 필요성 1

제2절 연구 목적 4

제3절 연구 문제 5

제4절 용어 정의 6

제2장 이론적 배경

제1절 기억의 특성 9

1. 기억과 뇌의 역할에 관한 실험적 접근 10

2. 기억의 분리 11

3. 기억의 공고화 13

제2절 기억과 수면 14

1. 수면과 비수면시 구별되는 뇌 활성화 경로의 작용 15

2. 공고화에서 연습의 효과 17

3. 기억시스템의 상호작용과 offline 과정 18

4. 수면 상태에서의 메모리 시스템 분리 19

제3절 순차적 반응시간 과제

(Serial Reaction Time Task; SRTT) 22

1. 기술 학습의 측정 23
2. 암묵적 학습 측정의 의미 24
3. 운동학습 평가와 SRTT 25

제3장 연구방법
제1절 연구대상 26
제2절 실험절차 26
제3절 실험도구 27
제4절 자료분석 29

제4장 연구결과
제1절 연습 중 집단 간, 과제 내 특성 간 반응시간 비교 30
제2절 2차과제의 학습효과 검증 32
제3절 파지검사 중 집단 간, 구간 간 반응시간 비교 34
제4절 실험집단과 통제집단의 연습과 파지검사 간의 자유회상 차이 분석 36

제5장 논의 38

제6장 결론 41

참고문헌 43

표 목 차

표 1. 연습 중 각 집단과 Sequence 과제 수행 구간, Random 과제 수행 구간의 반응시간 ····· 31
표 2. 반응시간에 대한 집단 간(실험, 통제)과 구간 간(Sequence, Random)차이 ····· 32
표 3. 2차과제의 Sequence 구간과 Random 구간의 반응시간 차이 ····· 33
표 4. 파지검사 중 각 집단과 Sequence 구간, Random 구간의 반응시간 ····· 34
표 5. 파지검사 중 반응시간에 대한 집단 간과 구간 간(Sequence, Random)차이 ····· 35
표 6. 각 집단의 연습과 파지검사 간의 자유회상 차이 분석 ····· 36
표 7. 자유회상에 대한 집단 간, 평가시점 간 차이 ····· 37

그 림 목 차

그림 1. 기억체계의 분류 ····· 12
그림 2. 실험 절차 도식 ····· 27
그림 3. 연습구간, 2차 과제구간, 파지검사 구간의 수행변화 ····· 30
그림 4. 연습 중 각 집단, 과제특성(Sequence, Random)에 따른 수행변화 ····· 31
그림 5. 2차 과제 내의 과제특성에 따른 수행 변화 ····· 33
그림 6. 파지검사 시 수행의 변화 ····· 35

ABSTRACT

Interaction Between Procedural and Declarative Memories During the Serial Sequence Learning

Kim An Na
Advisor : Prof. Cho Dong-jin, Ph. D.
Department of Physical Education,
Graduate School of Chosun University

Understanding the underlying mechanism of motor skill memory formation and storage is a critical factor for completing the overall theory of human movement learning. Long-term memory for motor skill can be divided into declarative memory and procedural memory. Previous studies have suggested that the memory consolidation takes place as a result of the interaction between these two memory systems while based on the limited amount of overall memory storage. In this study, we've investigated the characteristics of changes in learning when the initially acquired procedural memory is exposed to the secondary procedural-only memory formation process. 30 healthy college students were recruited as subjects and divided into 2 groups (Control and Experimental). SRTT tasks with 12 sequence were used for the experiement. During the secondary procedural only learning task, additional tone counting task was given. Acquisition of the initial and the secondary motor skill took place in the morning and, 12 hours later, retention and transfer tests were

given. At the end of each practice and test, free recall tests were given as well. Subjects who did not show the skill improvement during the secondary learning were excluded for further analyses. So data from the total of 14 subjects were used for the 2-way ANOVA. The results showed, first, there was no different learning pattern between control and experimental group in the initial task practice condition which was designed to serve as baselines for the later retention tests. Next, the secondary learning task that was designed to prohibit the acquisition of declarative memory of the skill was introduced to the experimental group while the control group practiced in the random sequence condition. When compared to the control group, participants in the experimental group showed significant procedural learning while not forming any declarative memory confirming the intended of the secondary task practice. Finally, the retention test results of the declarative and procedural memory formation was analyzed as main dependent variables for this study. While the amount of procedural memory of the participants who had experienced the changes in the procedural learning (Experimental group) showed no changes, they had significantly low level of declarative memory of the initially practiced skill. when compared to the control group. The results from the current study shows that the interaction between declarative and procedural memory processes aren't as simple as previous literatures have hypothesized. Strong resonance of the initially practiced skill(procedural) memory might have facilitated the cognitive binding. Therefore, this binding even survived the strong influence of the secondary procedural memory formation process. As a result, remaining storage of the overall memory experiences the shortage resulting the less opportunity for the consolidation of the declarative memory. Such interpretation does not discard the idea of interaction between two memory systems. Rather, these results bring up the importance of considering the characteristical difference of each memory formation when interaction is taking place. When the nature of

the task to be learned is movement oriented, procedural memory such as motor skill memory would develop strong preference. On the other hand, when the purpose of the task is to understand and acquire the knowledge about the task, goal oriented declarative memory formation process would be more likely take place.

제1장 서 론

제1절 연구의 필요성

스포츠 혹은 일상생활에서 요구되는 모든 숙련된 움직임을 우리는 기술(技術, Skill)이라고 정의한다. 이러한 기술들은 상황이 요구할 때마다 의식적으로 혹은 무의식적으로 수행되고, 그렇기 때문에 우리는 일반적으로 기술을 '가지고 있다'는 표현을 쓴다. 본 연구의 근본적인 관심은 우리가 가지고 있다고 여겨지는 운동기술(Motor Skill)이 과연 어떠한 과정을 거쳐, 어떤 형태로 우리 안에 존재하는가에 관한 궁금증에서 시작된다.

운동기술을 수행한다는 것은 결국 해당 기술이 어떠한 형태로든 우리 신체 내에 존재하고 우리는 이것을 필요에 따라 가져다 사용할 수 있어야 만 한다. 운동기술의 존재에 대한 직관적인 느낌을 일반적으로 '몸에 배어있다'라고 종종 언급 하지만 실제로 그 기술이 우리 신체 내에 어떤 형태로 존재하고 인출되는가에 관한 자세한 고민은 1968년 Keele(1968)에 의해 주장된 운동프로그램(Motor Program)의 개념에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 특정 부류의 움직임(예를 들면 글쓰기 혹은 던지기와 같은)이 신체 내에 존재하며, 적절한 자극에 따라 이 같은 프로그램이 불려와 사용된다는 Keele의 주장은 이 후 Schmidt(1975)의 도식이론(Schema Theory)의 운동도식(Motor Schema)의 개념까지 이어지며 우리 몸에 '배어 있는' 운동기술의 존재에 관해 설명하고자 했다.

운동행동(Motor Behavior) 관련 연구자들이 제시하는 운동 프로그램 혹은 운동도식과 같은 개념이 주로 운동기술이 어떤 과정을 통해 발현되는가에 집중한 반면, 운동기술이 어떻게 우리의 몸에 '배이게' 되는가에 관한 연구는 주로 전통적인 심리학 분야에서 바라본 기억과 학습의 이론에 의지하고 있다. 실제로 대부분의 운동학습 관련 저술에서 운동기술의 '저장'의 경우 심리학에서 언급되는 '기억(Memory)'의 3단계를 차용하여 설명하고 있다(Schmidt & Wrisberg, 2008; Magill, 2011). 문제는 심리학에서 정리된 작업기억(Working memory)과 장기기억(Long-term memory) 같은 모델이 개발 되고 검증되는 과정에서 운동기술의 기억

이 포함된 것은 사실이지만 이들이 언급하는 운동기술 관련 기억이 운동행동 관련 분야에서 제시된 바 있는 운동 프로그램 혹은 운동도식의 기억과는 그 궤를 달리하고 있다는 점이다.

심리학 분야에서 운동기술에 대한 (장기)기억은 크게 두 가지 기억 시스템으로 나누어 설명된다. 우리가 테니스 포핸드 스트로크를 배우고 난후를 예를 들어 보자. 코치가 설명해준 스윙의 순서 (백스윙-스윙-임팩트-팔로우드루) 등을 우리는 기억하여 말로써 표현 할 수 있을 것이다. 반면 반복적인 스윙 훈련을 통해 손에 느껴지는 미세한 감각이나 스윙 시 각 분절의 연속적인 움직임들을 말로써 표현하는 것은 상당히 어렵다. 전자의 경우 기억 속에 있는 정보가 언어적으로 서술 될 수 있다는 점에서 외현적기억(explicit memory)이라고 표현되며 언어적 표현 가능성 때문에 서술기억(declarative memory)으로 불리기도 한다(Anderson, 1976; Cohen & Squire, 1980; Squire, Knowlton, & Musen, 1993). 후자는 과거 학습에 대한 의식적 참조나 자각이 요구되지 않는 특성에 의해 암묵기억(implicit memory)이라 지칭한다. 암묵기억은 비 서술기억(Non-declarative memory)이라고도 분류되며 운동기술에 관한 것일 경우 대표적으로 절차기억(procedural memory)으로 주로 언급된다(Squire & Knowlton, 1995).

이 같은 기억시스템 분리의 개념은 신경학적 환자들을 통해 그 존재가 뒷받침되었다. 완전 기억상실증 환자에게 특정 운동기술을 연습 시킨 결과 서술기억은 심하게 손상되었으나, 절차기억은 상대적으로 정상인과 큰 차이를 보이지 않았다(Cohen & Squire, 1980; Milner, 1962; Nissen & Bullemer, 1987). 또한 운동피질(primary motor cortex)에 외부적 요인으로 손상을 받은 환자를 대상으로 한 연구에서는 기술학습 문제점이 나타났지만 서술기억에는 큰 영향을 미치지 않았다(Gabrieli et al., 1997; Heindel et al., 1988; Willingham, 1997). 이 같은 결과들은 제시된 기억 시스템의 분리가 단지 개념적인 것이 아닌 신경생리학적인 구조에 기인됨을 보여주고 있는 것이다.

중요한 점은 심리학에서 언급되는 운동기술과 관련된 이러한 상이한 성격의 기억들이 저장되는 기전 및 저장 장소 역시 각각 다르지만(Aglioti, Cesari, Romani & Urgesi, 2008), 운동행동 분야에서 언급되는 운동프로그램이란 개념에서는 이 같은 분화(分化)를 수용하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 현재 운동기술의 습득(Motor skill acquisition)을 논의하는 경우 운동행동(Motor Behavior) 분야에서는 주로 절차적기억의 습득과정만을 한정적으로 적용하지만 실제의 논의는 절차적기

억과 서술적기억의 습득이 동시에 이뤄지는 이론적 오류가 종종 범해지고 있는 실정이다. 따라서 이 같은 이론적인 오류를 보완하여 운동기술 습득의 과정에 관련된 절차적기억과 서술적기억의 형성 및 그 상호작용을 종합적으로 고찰해보고자 하는 것이 본 연구의 배경이다.

주로 인지심리학 분야에서 수행되는 대부분의 실험연구에서는 이 같은 기억의 메커니즘을 밝히기 위해서 절차기억과 서술기억을 분리해서 연구를 진행해왔으며 그 대표적인 실험방법으로는 순차적 반응시간과제(Serial Reaction Time Task; SRTT)를 들 수 있다. 이 과제는 모니터 상에 일련의 사각형 네 개가 일정한 순서에 의해 각 사각형의 색이 순서대로 변하게 되며, 피험자는 해당 사각형에 색이 변함과 동시에 최대한 정확하고 빠르게 연관된 버튼을 누르는 과제이다. 절차기억의 평가는 색의 변화가 일정한 순서(sequence)를 따라 발생하는 대에 따른 반응시간의 측정에 의해 이루어지며, 서술기억은 일정한 순서를 피험자가 기억하는 개수를 평가하는 자유회상(free recall) 측정을 통해 평가된다. 따라서 SRTT에서는 반복된 연습을 통해 순서에 따라 자연스럽게 손가락이 움직일 수 있는 절차적기억에 관련된 기술(skill)과 동시에 일련의 숫자 조합의 순서에 대한 서술기억 또한 함께 획득된다.

최근 SRTT를 이용한 일부 연구에서 절차기억과 서술기억의 상호작용에 대한 주장이 제기되고 있다(Robertson, 2004). 이는 과거 각각의 기억 시스템이 분리되어서 운영된다고 여겨진 관점에서 벗어나 절차기억과 서술기억의 상호작용을 강조하는 것으로 기억의 이해에 새로운 관점을 제시한 것이라 여겨진다(Walker & Stickgold, 2002; Spencer & Ivry, 2006). 두 기억의 상호작용을 알아보기 위한 Brashers-Krug(1996)과 Walker(2003)등의 연구에서는 특정 기술의 연습을 통해 기억의 획득 후 곧바로 이전 시행된 과제와 구별되는 이차과제를 제시하게 되면 연습을 통해 획득된 선행과제의 학습을 방해한다고 보고하고 있다. Brown과 Robertson(2007a)의 연구 결과 또한 서술기억을 유도하는 일차과제를 실시한 이후 절차기억을 생성하는 이차과제를 실시할 경우에도 역시 이차과제가 선행 과제의 공고화에 부정적 영향을 미치며, 절차기억 학습을 먼저 실시하고 서술기억 학습을 실시하여도 같은 결과를 보인다고 하였다. 또한 위의 실험 결과와 같은 절차기억과 서술기억의 상호 억제 기전을 이용하여 Brown과 Robertson(2007b)의 연구에서는 기억 간 상호작용에 대한 흥미로운 결과를 발견했다. 서술기억과 절차기억을 함께 동반하는 SRTT를 수행한 이후, 수행된 SRTT 내의 서술기억을 방해하기 위해 또

다른 서술기억으로 구성된 2차 과제를 곧 바로 제시하게 되면 시간이 경과한 후에 초기의 SRTT에 대한 절차기억의 유의한 향상을 나타낸다고 보고하였다. 이러한 결과는 인간의 기억체계 안에는 서술적기억과 절차적기억이 일정 비율을 차지하며 생성되지만, 2차 과제에서 야기된 서술기억이 선행된 SRTT 내의 서술기억을 억제하여 결과적으로 기억체계 내에서 서술기억의 형성에 관련된 '자원(resource)'에 여유가 생기게 했으며, 이때 남은 자원이 절차기억의 공고화를 촉진 또는 유발하였다고 해석 할 수 있다. 또한 SRTT에 포함된 서술기억을 직접적으로 억제하기 위하여 Galea(2009)는 서술기억을 담당하는 중요한 대뇌영역으로 알려진 DLPFC(dorsolateral prefrontal cortex)를 경두개자기자극(TMS)을 이용하여 해당 영역의 기능을 일시적으로 억제한 결과 Brown과 Robertson(2007)의 연구결과와 유사한 절차적기억의 향상을 보고했다.

본 연구에서는 Brown과 Robertson(2007), 그리고 Galea(2010)가 제시한 서술적기억의 억제를 통한 절차적기억의 향상이라는 연구 패러다임을 반대의 입장에서 적용해보고자 한다. 즉, 절차기억으로만 구성된 2차 과제를 통해 SRTT에 포함된 절차기억을 억제하여 서술기억의 변화를 관찰함으로써 기억의 상호작용을 보다 명확하게 살펴보고자 하는 것이다. 만일 본 연구의 결과가 선행연구의 결과들과 반대되는 학습-기억 양상을 보인다면 이는 앞서 제시된 기억 형성과정 중 절차적 그리고 서술적기억의 형성이 상대적인 비중에 따른 것임을 재 증명 하는 것이 될 것이며, 그렇지 않다면 이는 기억의 형성에 있어 단순한 상대적 비중에 의한 상호작용 이외에 기전이 존재함을 제기하는 증거가 될 것이다. 따라서 이 같은 연구적 노력은 운동기술이 습득되어 기억에 자리 잡기까지의 과정에 있어 과거에는 집중적으로 논의되지 못했던 서술적 그리고 절차적기억의 상호 역학 관계를 규명하고 이를 통해 실제 운동 기술지도 시 고려되어야 할 교습법의 개발에 필수적인 기초자료를 제시할 수 있을 것이다.

제2절 연구목적

움직임은 인간이 외부 환경과 상호작용을 할 수 있게 해주는 유일한 수단이며 인간의 생존 및 발전에 필수 불가결한 요소이다. 아무리 훌륭한 사고를 하고 있다고 하더라도 그것을 표현하는 것에는 반드시 움직임이 수반되어야 하므로 인간의

존재가치를 좌우하는 요소라 할 수 있겠다. 따라서 인간이 이러한 의미 있는 움직임(action), 즉 운동기술(motor skill)을 어떻게 획득하는가에 관한 문제 역시 인간 생존 및 개체발전에 필수적인 명제이다. 운동기술을 학습하는 것은 관련기술을 기억에 저장하기 위한 노력으로 볼 수 있으며, 운동기술은 서술기억(declarative memory)과 절차기억(procedural memory)으로 구분 할 수 있다. 그러나 지금까지 대부분의 운동기술 관련 연구에서는 서술기억과 절차기억의 메커니즘이 불완전하거나 분리되어 언급되어왔다. 그러나 실제 일상생활과 운동 상황에서 획득되는 기술에 관한 기억이 독립된 한 가지 종류의 기억으로 이루어지는 경우는 상당히 드물다. 따라서 최근 기술획득의 과정을 보다 명확히 설명하기 위해 서술기억과 절차기억 모두를 고려한 연구의 필요성이 부각 되고 있으며 일부 연구에서는 두 기억의 상호작용에 대한 연구가 보고되고 있다.

Brown과 Robertson(2007)의 연구결과에서 제기된 바와 같이 운동기술에 포함된 절차기억의 억제를 통해 서술기억의 공고화 현상이 발생한 점은 절차기억과 서술기억 간의 상호작용이 존재한다는 가설을 성립 시킬 수 있다. 그러나 그 상호작용이 과연 어떤 특징을 가지고 있는지에 대해서는 아직 부분적인 이해만이 가능할 뿐이다. 따라서 본 연구에서 SRTT를 이용해 운동기술 학습 시 서술기억(declarative memory)과 절차기억(procedural memory)의 상호작용 메커니즘을 분석하여 전체 운동기술 학습 메커니즘을 이해하고, 운동기술 학습에 따른 기초자료를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

제3절 연구문제

서술기억(declarative memory)과 절차기억(procedural memory)의 상호작용 메커니즘을 분석하기 위해 설정한 본 연구의 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 순차적 반응시간과제(SRTT) 학습 후 2차적으로 제시된 절차지식 구성 과제는 일차적 SRTT에 대한 절차기억 형성에 영향을 미치는가?

둘째, 순차적 반응시간과제(SRTT) 학습 후 2차적으로 제시된 절차지식 구성 과제는 일차적 SRTT에 대한 서술기억 형성에 영향을 미치는가?

제4절 용어설명

운동도식(Motor Schema)

움직임을 수행하기 전 신경계에서 구성되는 계획(plan) 혹은 표상(representation).

운동행동 (Motor Behavior)

목적이 있는 움직임 (goal oriented movement).

작업기억(Working memory)

기억체계를 시간적으로 구분했을 경우, 정보가 장기적 기억에 저장되기 이전 단계인 '단기 기억'에서 발전된 개념. 과제 수행을 위해 일시적으로 정보를 취득하거나 기억에서 불러와 사용하는 기능을 수행.

장기기억(Long-term memory)

단기기억이 반복을 통해 기억체계에 거의 영구적으로 자리 잡은 상태. 이 상태에서는 단순히 시간이 흐름으로 인한 망각이 거의 발생하지 않으며 주로 비슷한 정보가 추가로 기억되는 과정에서 정보의 손실을 경험.

외현적기억(explicit memory)

장기기억에 대한 구분으로서 학습 여부를 스스로 인식하고 표현할 수 있을 경우를 의미하며 서술기억(declarative memory)이란 용어로 쓰이기도 함.

암묵기억(implicit memory)

외현적기억에 반대되는 개념으로서 분명 장기기억 체계에 존재하고 있지만 그 보유 여부나 발현이 의식적이지 못한 경우를 의미하며 비 서술기억(Non-declarative memory)이라고 표현되기도 함.

절차기억(procedural memory)

장기기억 체계의 암묵(비서술적)기억의 한 종류로서 습득된 움직임 기술의 수행에 관련된 기억. 전통적인 심리학적 관점에서 대부분의 운동기술에 관한 기억을 이 범주에 포함시켜왔음.

운동기술의 습득(Motor skill acquisition)

반복된 연습, 지도, 훈련에 의한 움직임 관련 기술이 장기기억체계에 자리 잡는 과정을 의미함. 따라서 한번 습득된 운동기술은 비교적 영속적으로 기억체계에 존재하게 되며 비교적 일시적 변화를 의미하는 학습 중 수행 변화와는 구별되어 짐.

자유회상(free recall)

SRTT 과제 등을 이용 학습이 이루어진 후 그 과제의 서술기억 습득 정도를 측정하기 위해서 기억할 수 있는 학습 내용을 회상하여 보고하게 하는 측정 방법.

DLPFC(dorsolateral prefrontal cortex)

대뇌피질에서 전전두엽의 영역으로서 브로드만 영역 9와 46에 해당한다. 움직임의 조직, 계획 등에 연관되며 단기기억과도 연관이 있다. 서술적 기억의 형성과도 직접적인 관련이 있음이 보고되고 있다.

경두개자기자극(Transcranial Magnetic Stimulation)

강력하고 일시적인 자기장을 두뇌 피질 표면에 전달함으로써 해당 두뇌영역의 기능을 순간적으로 마비(inhibition)시키거나 항진(excitation) 시키는 기법.

순행성 기억상실증(anterograde amnesia)

기억상실증의 한 가지 유형으로서 과거의 기억은 보존되어있지만 특정 시점 이후에 새로운 기억을 축적하지 못하는 증상. 반대되는 개념으로는 새로운 기억을 저장할 수는 있지만 특정 시점 이전의 기억이 손상된 역행성 기억상실증(retrograde amnesia)이 있음.

공고화이론(consolidation theory)

특정 정보가 학습 시기에 일차적으로 신경계에 받아들여지지만 이 같은 정보는 일시적인 기억(단기기억)체계에서 장기기억체계로 변환되는 과정에 있을 뿐이 장기

기억에 확실히 저장되기 위해서는 일정한 시간 및 휴식 과정이 요구된다. 이 같은 과정을 공고화라 일컬음.

기능적 자기공명영상 (functional Magnetic Resonance Imaging)

두뇌의 특정 영역이 활성화 될 때 발생하는 해당 영역의 혈류량 증가를 측정함으로서 과제 수행 시 두뇌 영역 별 활성화 패턴을 측정하는 기법.

주운동피질(Primary motor cortex; M1)

대뇌피질의 중앙주름(Central Sulcus) 바로 앞의 부위로서 대뇌피질의 움직임 생성 가장 마지막 단계를 담당한다. 움직임과 관련된 근육의 수축 및 움직임의 방향성에 관련되어 있음.

후두정엽(posterior parietal cortex)

두정엽 뒷부분을 의미하며 여러 감각을 연합하는 연합영역으로서의 기능, 움직임의 계획, 그리고 감각과 운동의 변환 등에 관여하는 것으로 알려져 있음.

NREM(Non-rapid eye movement)

수면 중 급속한 안구의 움직임이 없는 단계를 의미. 다소 논란은 있지만 이 단계에서는 주로 깊은 잠이 이루어지지 않으며 기억 형성 혹은 공고화도 발생하지 않는 것으로 알려짐.

제2장 이론적 배경

제1절 기억의 특성

학습은 지식 또는 기술의 획득을 의미하며 기억은 그것을 다시 인출 할 수 있는 능력을 말한다. 그러나 이러한 학습과 기억의 개념은 불가분의 관계를 형성하고 있다. 이 같은 학습과 기억의 밀접한 연관성은 역사 시간에 왕의 이름을 외우는 과정이 있었어야만 그 왕들의 이름을 기억해 낼 수 있는 것처럼 학습이 선행된 후에야 기억을 할 수 있다. 이렇듯 학습과 기억은 동전의 양면과 같다고 할 수 있다.

그렇다면 기억이란 무엇일까? Gordon(1989)은 기억은 내부의 기록이나 이전의 사건이나 경험 등의 표현이라고 하였으며, 김선진(2002)은 기억은 시간의 흐름 속에서 획득한 정보를 지속적으로 보유하여 활용할 수 있는 역량이라고 정의 하였다. 우리는 삶을 영위하기 위해서 많은 것을 기억하고 있다. 만약 누군가 나의 전화번호를 물을 때, 또는 내가 아침에 무엇을 먹었는지를 물을 때, 나의 주소를 물을 때, 나는 모든 대답을 해 줄 수 있다. 인간은 생을 걸쳐 가족 또는 친구, 주위의 사람들에 의해 수많은 경험들을 하고 이러한 것은 뇌에 기록된다. 이러한 경험뿐만 아니라 우리가 알고 있는 모든 단어, 심지어 자전거를 어떻게 타야하는지에 대한 운동기억 또한 우리는 저장하고 있다. 그렇다면 이렇게 방대한 양의 기억들의 정보를 우리는 어떻게 효과적으로 회상 할 수 있을까?

기억의 중요성은 여러 가지 원인에 의해 기억이 손상 되었을 때 더욱 알 수 있다. 우리의 부모님들은 종종 자신의 안경을 어디다 두었는지 우리에게 물어 보시기도 하고, 외출하기 전에 켜둔 가스불은 어떻게 했는지 되물을 때도 있다. 이러한 현상들은 나이를 먹음에 따라 기억의 기능이 감소되었기 때문이다. 비슷한 현상은 수술이나 병에 의해 뇌의 손상이 발생 하였을 경우에도 나타나게 된다. Baddeley(1996)는 Clive Wearing 이라는 환자의 연구를 통해 이러한 결과를 논하였다. Clive는 뇌염에 의한 뇌 조직의 손상이 발생한 환자였다. 그는 새로운 기억의 형성에 장애를 보였다. 그의 부인이 병문안을 왔을 때 그는 상당히 기뻐하였지만 그녀가 잠시 화장실을 다녀오고 난 후에 그는 그녀를 마치 몇 달 만에 처음 보는

것처럼 또다시 기뻐하였다. 그의 기억은 몇 달 전에 있었던 질병 발생 이후의 일들을 기억해 내지 못하게 된 것이다. 그는 지금 순간만을 잠깐 동안 인식 할 수 있었으나, 몇 분 후 그 기억들은 사라지고 말았다. 연구자들은 Clive의 연구를 통해 그의 기억이 저장되어 지지 못한다면, 과연 잠깐(몇 분) 동안은 어떻게 기억을 유지할 수 있을까라는 의문점을 제시하게 되었다. 위와 같은 뇌 손상 환자의 연구를 통해 기억과 뇌의 역할에 대한 관계를 연구하는 패러다임은 현재 기억 연구의 비약적인 발전을 가져오게 되었다.

1. 기억과 뇌의 역할에 관한 실험적 접근

쥐나 원숭이 등의 동물 실험을 통해 학습과 기억의 생물학적 기초 자료의 획득은 신경과학 분야의 발전에 크게 이바지해 왔다. 그러나 동물을 통한 연구의 한계는 분명히 존재하며, 인간의 뇌에 대한 연구의 필요성은 필수 불가결한 것으로 여겨지고 있다. 그러나 인간의 뇌를 직접적으로 연구한다는 것은 극히 제한적일 수밖에 없다. 동물실험에서와 같이 인간의 뇌에 약물을 투약한다던지, 뇌의 일부 영역의 기능을 상실하게 하는 등의 실험은 절대 시행 될 수가 없는 것이다. 따라서 인간의 뇌 연구의 기본은 위에서 소개된 Clive의 경우와 같이 자연적 손상을 입은 환자를 대상으로 뇌의 기능을 파악하는 실험이 대부분이 될 수밖에 없다. 그러나 이러한 연구의 한계점 또한 분명하게 존재한다. 특정 영역의 뇌 손상은 신경 가소성 원리에 의해 뇌 기능의 부분적인 이동이 발생 할 가능성을 배제할 수 없기 때문이다. 또한 뇌의 기능은 한 영역이 하나의 기억 또는 행동을 담당 하는 것이라고 보기에는 너무 복잡한 구조를 가지고 있다. 따라서 특정 영역이 손상된 환자가 특정 행동에 문제가 유발 되었다고 해서 단지 그 뇌 부분이 해당 기능을 담당한다고 말하기는 어렵다. 사고 혹은 질병의 영향이 우리가 관찰하지 못하는 작은 부위에 있을 수도 있기 때문이다. 이런 문제점을 한마디로 요약하면, 뇌의 특정 부위의 손상으로 인해 특정 행동 또는 기능에 장애가 온다고 하더라도 그 뇌 부위가 곧 특정 기능을 담당한다고 결론내리는 것은 심각한 연구적 오류를 발생 할 수 있다는 것이다.

2. 기억의 분리

HM은 심리학 역사상 가장 유명한 환자라고 해도 과언이 아닐 것이다. 그는 심각한 간질 환자였으며, 약물치료로는 그 발작을 멈추게 하는 것이 어려운 상황이었다. 따라서 의사의 권유에 의해 뇌 절재수술을 시행하게 되었다. HM은 측두엽의 내측 영역이 제거되었으며, 사후의 연구자들의 관찰에 의하면 구체적으로는 해마의 2/3정도, 편도체의 대부분 그리고 그 주변 피질들을 포함한 영역이었다고 보고되었다(Corkin, Amaral, Gonzalez, Jphnson, & Hyman, 1997). HM에게 실행된 수술(lobotomy)은 간질발작의 빈도를 급격히 감소하는 등 의학적으로 성공적인 수술이었다고 평가된다. 그러나 거기에는 앞서 언급된 Clive와 같은 순행성 기억상실증(anterograde amnesia)이라는 새로운 일화적 기억과 의미적 기억을 형성 할 수 없는 대가가 따랐다.

따라서 기억이 다른 인지기능과 밀접하게 상호 연관되어 있다는 점을 상기해본다면, 뇌의 특정부위의 손상으로 인해 오로지 기억장애만 초래된 HM의 사례는 기억이 다른 인지기능과 분리 될 수 있는 독자적인 대뇌의 기능이라는 사실을 보여주는 중요한 증거라고 할 수 있다(Morgan & Squire, 1993). HM과 같이 뇌손상으로 인하여 성격이나 일반지능, 지각, 언어 등의 다른 능력에는 변화가 거의 없으면서 기억만이 선택적으로 결손을 나타내는 경우를 기억상실 증후군(amnesic syndrome)이라 칭한다.

가. 단기기억과 장기기억

기억이 하나의 단일한 체계가 아니라 분리 가능한 하위체계들로 구성되어 있다는 관점에서 본격적으로 연구되기 시작한 것은 Hebb(1949)이 장기기억과 단기기억의 구분을 제안하고 나서 부터이다(Baddeley, 1995, 재인용). 단기기억은 이후 작업기억(working memory)이라는 개념으로도 발전하게 되는데 정보를 단기간 저장하여 이것을 이용하여 다음의 일을 수행 할 수 있는 과정을 말한다. 인간의 단기기억 저장의 용량은 Digit Span(숫자 개수 기억하기)과 같은 실험적 방법을 통해 설명가능 해 졌다. 인간은 보통 8개 정도의 연속적인 숫자를 기억 할 수 있는 능력이 있다고 보고된다.

장기기억은 보통 일상생활에서 '어떤 것을 기억할 수 있다 혹은 내 기억은 어떠하다'라고 설명할 때의 기억이라고 볼 수 있다. 연구들에 의하여 장기기억은 하나의 체계가 아니라 몇 가지의 하위체계로 나뉠 수 있다는 것이 밝혀졌다. 장기기억의 분류는 학자마다 다르다. 그러나 대체로 가장 많이 받아들여지는 스콰이어(Squire, 1987)의 분류는 장기기억을 서술기억(declarative memory), 비서술기억(non-declarative memory)로 크게 구분하고 있다. 서술기억은 세상에 관한 지식으로 의식적으로 접근하고 인출하여 구두로 표현할 수 있는 기억이고, 비서술기억은 절차기억, 서술학습, 지각적 점화, 조건화, 습관화나 민감화 같은 단순 학습행동들을 포함하는 기억으로 의식적 접근이 되지 않는 기억을 말한다.

또 다른 분류로서 Schacter와 Tulving(1994)은 그림 1에서와 같이 기억을 일차기억(primary memory), 일화기억(episodic memory), 의미기억(semantic memory), 절차기억(procedural memory), 지각표상체계(perceptual representation system)의 5가지체계로 나누었다.

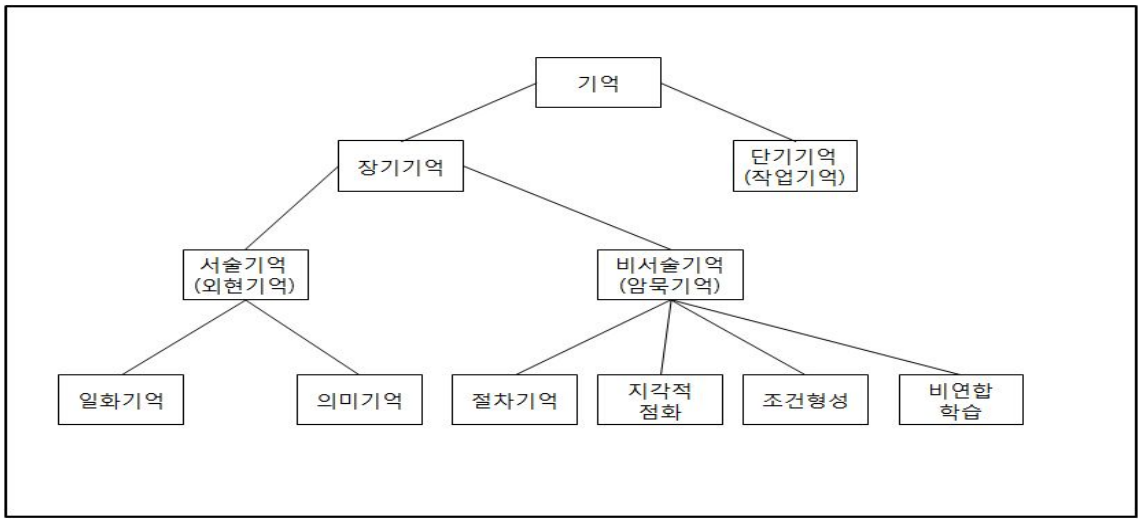

그림 1. 기억체계의 분류

나. 암묵기억(implicit memory)과 외현기억(explicit memory)

장기기억이 서술기억과 비서술적 기억으로 나눠지는 것에서 볼 수 있는 것처럼 기억은 의식적 활동을 수반할 수도 있고 의식적 활동 없이 인출되기도 한다. 이러

한 의식의 개입 문제를 강조하여 두 가지 형태로 기억을 나눈 개념이 암묵기억과 외현기억의 구분이다(박희경, 1999; 박태진, 2002).

많은 실험적 연구들은 암묵기억과 외현기억의 인출 유형이 다르다는 것을 통해 기억의 분리를 입증하고 있다. 이러한 기억의 분리는 각각 다른 지각 정보에 의해 유발되는 특성을 통해 분석이 가능하다. 암묵기억은 과제의 수준 변화와는 관련성이 크지 않다. 다시 말하면 암묵적으로 저장된 기억은 상황의 변화에 비교적 영향을 받지 않는다는 것이다. 반면 외현기억의 경우 과제의 부호화 과정의 진행 정도와 관련성이 상당히 있다(Jacoby & Dallas, 1981). 유사한 결과로서 감정과 외현기억의 증가에는 상관관계가 나타났지만, 암묵기억은 감정의 변화에 영향을 받지 않음이 나타났다(Ramponi, Handelsmman & Barnard, 2010; Dillon & et al., 2007).

각각의 기억의 특징을 구체적으로 비교해보면, 암묵기억의 경우 의식이 관여하지 않는 것으로 절차기억이 대표적으로 해당된다. 절차기억은 기술학습(skill learning)이라고 표현될 수 있으며 자전거 타기, 테니스와 같이 감각과 운동이 반복적인 훈련을 통해 관련성이 커지면서 기억으로 남게 되는 것을 말한다. 이와 같은 기억은 외현기억과는 달리 학습이 느리고, 서서히 향상되며, 잘 잊히지 않는다는 특징을 가지고 있다. 또한 일단 습득된 절차기억은 의식적으로 접근하기가 힘들거나 불가능하다. 예를 들면 자전거를 타거나 타이핑 기술을 직접 수행하여 보여주는 것보다 그것을 어떻게 하는지 방법을 설명하는 것이 더 어렵다. 따라서 이러한 절차기억과 외현기억은 반대의 특성을 지닌 기억의 범주라고 할 수 있다.

3. 기억의 공고화

다른 경험적 자극에 의하여 간섭을 받거나 단서나 맥락 의존적인 망각이 아니더라도 망각은 발생할 수 있다. 시간이 경과함에 따라 망각이 진행되는 현상은 간섭이론이나 맥락 의존적 망각 이론으로 충분히 설명하기 힘들다. 따라서 시간의 경과에 따른 망각 현상을 설명하는 이론으로 제시되는 것이 공고화이론(consolidatoin theory)이다(Wixted, 2004).

연습이 새로운 기술의 습득에서 매우 중요하지만 뇌는 연습을 하지 않을 때에도 정보처리를 멈추지 않는다. 또한 연습 후 휴식기에도 학습된 기술의 강화와 수정의 변화가 발생하는데 이러한 변화들을 기술향상과 기술안정화라는 두 가지의

독특한 현상으로 설명하는 것이 공고화이다(Robertson et al., 2004). 기억은 이러한 공고화를 통해 수행능력의 향상과 외부의 방해로부터 안정성을 확보하게 된다.

제2절 기억과 수면

당신이 테니스 게임을 치른 후, 또는 논문을 읽고서 많은 시간이 경과 후에도 뇌의 작용 즉 생각을 통해 계속해서 테니스 게임과 논문을 읽는 과정을 수행 할 수 있다. 이러한 offline 과정은 당신의 테니스 실력의 향상과, 논문의 이해를 증가시킬 수 있으며, 여러 종류의 학습-기억에 적용 될 수 있다. 그러나 인간의 뇌가 어떻게 offline 과정을 조정하는지에 대한 명확한 이해를 위해서는 다양한 기억의 현상을 설명할 수 있는 강력한 이론적 모델은 아직 제시되지 못하고 있으며, 이와 관련된 모순되는 결과를 나타내는 일부 실험적 연구의 이유 역시 밝혀내야만 한다.

지난 20년간 분자생물학적 연구들의 비약적인 발전은 우리의 기억이 어떻게 부호화 되어 저장되는지에 관한 많은 사실들을 밝혀냈다(Cohen et al., 1980; Willingham et al., 1997; Hikosaka et al., 1999; Habib R. et al., 2003). 그러나 이러한 생물학적 연구들의 한계는 인간의 기억을 세포 수준에서 순간적인 시점을 기준으로 설명하고 있다는 것이다. 그러나 사건의 회상 능력은 사건이 선행되고 난 후 기억의 부호화가 이루어지는 과정을 통해 발현 될 수 있다. 사건 발생 후 수반되는 기억 부호화 과정의 중요한 역할은 이어서 발생하는 회상의 수준을 결정하는 것으로 지난 100년 동안 여겨져 왔으나(McGaugh, 2000) 아직까지도 이와 같은 offline 과정이 공고화과정을 통해 양적 또는 질적인 기억의 변화를 야기하는 기전에 관해서는 명확히 설명하지 못하고 있다.

최근 일부 연구결과들은 공고화는 학습 후 수면(sleep)이 동반되어야만 발생한다고 보고하는 반면 어떤 연구 데이터들은 수면과 관계없이 공고화는 학습 후 어느 시점에서나 유발 될 수 있다고 보고하고 있다(Maquet, 2001; Walker et al, 2002). 이에 이러한 갈등을 없애기 위해서는 최초에 기억이 부호화되어 저장되고 난후 생리학적 메커니즘이 기억을 어떻게 처리하는 것인가에 대한 질문이 먼저 대답되어야 한다고 볼 수 있으며, 일관적인 설명력이 있는 새로운 이론의 구축이 필요하다(Robertson, 2009).

1. 수면과 비수면시 구별되는 뇌 활성화 경로의 작용

기억의 offline 과정(연습이 끝난 후 휴식기에 변화하는 기억의 변화 과정)을 이해하기 위한 중요한 단서는 기억이 초기에 뇌에 어떻게 저장되는가에서 찾아 볼 수 있다. 테니스선수의 경우, 운동기술 기억의 완벽한 획득을 통해 그들의 팔과 몸의 움직임은 항상 강력하고 빠르게 볼을 쳐낼 수 있게 된다. 그들의 목표는 항상 볼을 정확하고 강력하게 원하는 지점으로 보내는 단순한 것이다. 그러나 정확하고 강력한 볼 컨트롤은 항상 같은 스윙 또는 메커니즘을 통해서 이루어지는 것은 아니며, 다양한 방법이 존재하게 된다. 이 때 우리의 움직임의 목적은 원하는 목적을 추구하는 목적지향적 과정과 원하는 움직임을 인출하는 행동지향적 과정으로 구분할 수 있으며 이러한 전통적인 구분법인 목적지향적과 행동지향적 과정은 각기 다른 뇌 활성화 경로를 통해 발현된다고 알려지고 있다(Grafton, Hazeltine, & Ivry, 1998). 특히 이러한 각각의 구별된 경로는 수면과 비수면에 따라 다른 영향을 받는다는 점에 주목할 만하다. 목적지향적 기억은 수면과 비수면의 기간이 포함된 예를 들어 일상적인 인간의 하루 주기를 거치고 난 후 행동지향적 기억보다 더 작은 뇌 활성도를 보이고 있다(Braun et al., 1997). 이렇게 서로 다른 뇌 활성화는 수면과 비수면 사이에 서로 다른 운동기술 구성 과정이 존재한다는 것을 반증한다. 유사한 많은 실험 연구에서도 행동지향적 기억과정 만이 비수면시 활성화가 일어나는 것으로 밝혀졌다. 반면 목적지향적 기억은 반드시 수면을 통해서 이러한 활성화를 보인다.

이러한 견해는 최근 fMRI를 이용한 두뇌 활성도 측정과 경두개자기자극(TMS)을 이용한 두뇌 기능 방해 연구에서도 목적지향적 기억과 행동지향적 기억이 구별된 뇌 활성화 경로를 통해 수면여부와 상호작용을 하는 형태를 보인다는 가설을 더욱 확고하게 지지한다(Muellbacher et al., 2002; Baraduc et al., 2004; Hubber et al., 2004). 더욱이 최근 fMRI 이용 연구에서는 주운동피질(Primary motor cortex; M1)은 행동지향적 기억과, 두정엽(parietal cortex)은 목적지향적 기억과 관련되어지고 있다는 결과들을 보이고 있다(Peigneux et al., 2006). 그러나 특정 대뇌의 활동 이후에 수반되는 공고화 과정은 목적지향적인 것인지 아니면 행동지향적인 것인지는 아직 명확하게 구별되지는 못하고 있으며(Cohen & Robertson, 2007) 이는

특정 부분의 대뇌 활동이 독립적으로 공고화를 수행하는 것은 아니기 때문이다. 행동지향적 기억의 공고화는 M1이 많은 기여를 하지만 비수면시 상황에서는 여러 다른 소규모의 뇌의 네트워크가 활성화 되는 현상을 보이고 있다. 반면, 목표지향적 기억의 공고화는 행동지향적 기억의 그것보다는 넓은 범위의 네트워크 환경을 나타내고 있으며, 두정엽과 전전두엽등이 활성화되는 것으로 보고되어지고 있으며, 이러한 목표지향적 기억의 공고화의 대뇌 활성화 특성은 수면 중 눈의 비 활동 수면 시기에 크게 나타난다고 보고되어지고 있다.

학습 후에도 여러 네트워크의 활성화는 각각 일정시간에 나타난다. 그러나 특정 뇌 영역의 활성화 특성은 명확하지 않으며, 단지 하나의 네트워크에 의한 뇌 활성화와 공고화에 영향을 미치는 것만이 증명되고 있다. 따라서 많은 fMRI 연구에서 공고화과정의 신경생리학적 기전에 대해서 많은 관심을 보이고 있다. 이러한 연구는 공고화 전과 후의 뇌활동 비교를 통해 공고화의 영향을 밝히는 것에 초점을 두고 있다(Walker et al., 2005; Fischer et al., 2005; Maquet et al., 2003). 그러나 아직도 이러한 비교연구를 통해 이루어진 활성화정도의 차이에 의해 나타난 뇌 영역이 공고화에 어떻게 관여하는지는 명확하지 않으며, 이는 두뇌의 특성 상 특정영역의 활성화가 일어남으로 인해 다른 영역의 활성화를 유발하게 되는 것과 같은 두뇌 영역 간의 상호작용에 기인된다고 볼 수 있다. 특정 뇌 영역이 공고화에 기여를 하는 기능을 수행한다는 것을 증명하기 위해서는 공고화 과정기간에 그 영역이 활성화 되었다는 것을 증명하는 것이 가장 우선되어야 한다. 이를 위해서, TMS를 통한 이러한 뇌 영역들의 억제연구 또는 특정 부위의 뇌 병변 환자들을 대상으로 한 연구들이 특정부위의 공고화 관련 가능성을 증명하고 있다(Robertson et al, 2003). 따라서 앞으로의 연구는 이러한 뇌 활성화 네트워크가 공고화과정에서 어떤 특성을 가지며 존재하는가를 증명해야할 것이다. 또한 대조적으로 공고화를 통해 이러한 네트워크의 변화를 조사할 필요성도 있을 것이다. 그리고 이러한 연구를 통해 이러한 뇌 영역들이 공고화에 기능적인 기여를 어떻게 일으키는 가를 증명해야 할 것이다.

목적지향적 기억은 전통적인 기억이론의 입장에서 서술적기억으로 분류할 수 있다. 서술적기억(사실과 사건으로 구성된 기억)은 offline 과정에서 그 메카니즘이 기억 내용에 따라 차이가 있다. 예를 들어 단순 단어 기억 과제의 경우 offline 활성화가 수면과 비수면 모두에서 나타난다(Brown et al, 2007). 반면, 단어 조합 단어 기억 과제의 경우 수면 시에만 활성화가 나타난다(Plihal & Born, 1997;

Ellenbogen et al., 2006). 그래서 하나의 메커니즘은 단어 조합 과제와는 관련성이 없는 경우, 즉 비수면시의 상황에서 일어나는 공고화 현상이다. 다른 하나는 서술적 기억과 관련성이 있는 경우 수면을 통해 공고화가 발생하는 것으로 나누어진다. 최근 연구에서는 단순 단어 기억 과제의 경우 수면을 수반하고 난 후 단어 회상에 증가를 보이고 있다고 한다(Lahl et al., 2008). 그러나 회상은 단지 공고화현상 뿐만 아니라 다른 외부 변수에 상당히 많은 영향을 받는다. 따라서 단순 단어 기억 과제의 경우 수면의존 공고화 기전이 명확한지에 대한 연구의 필요성이 대두된다. 또 다른 구성-수면과 비수면시 다르게 발현되고 구별되는 메커니즘은 매우 유동적이다. 그리고 상당히 다양한 상황에서 offline 기전은 발생하게 된다. 따라서 두 가지 모두 포함하는 기전일 경우에 offline 기전은 어느 시점에서나 발현될 수 있다는 결론을 도출할 수 있다. 그러나 하나 또는 다른 반대편 기전의 억제를 유발한다면 수면과 비수면 기전 중 하나는 억제될 것이다(Robertson, 2009). 두 가지 다른 구조의 메커니즘을 설명하기 위하여 여러 다른 상황에서 실험되고 연구되고 있다.

2. 공고화에서 연습의 효과

앞서 언급한 바와 같이 공고화 발생의 높은 유동성은 목적지향적(서술적기억) 혹은 행동지향적(절차기억) 기억 형성으로 구별되는 메커니즘으로 구성되며 각각 독립적으로 조정되는 것으로부터 발생한다. 먼저 과제에 따라 요구되는 기억에 대한 구성의 특성이 비대칭적인 점을 고려해야만 한다. 예를 들어 짧은 구조의 운동 기술은 목적지향적인 기억과정이 행동지향적 기억과정 보다 상당히 우월하게 작용한다. 반대로 긴 구조의 운동 기술의 경우 기억과정의 우선순위도 역전 된다. 이러한 운동기술의 특성에 기인한 기억의 특징적 형성은 offline 과정에서 서로 다른 뇌 영역에 대한 활성화가 일어나는 것과 연관 지어 볼 수 있다. 그리고 이러한 과제에 따른 기억 형태의 구성 특징은 상응하는 기억 정도에 따라 특정 부위의 공고화를 촉진시키기도 하고 제한할 수도 있다(Hikosaka et al., 2002).

행위지향적 기억 구성의 영향이 강하게 나타나면 수면을 동반하지 않을 경우에 공고화를 발생시키게 되는 반면 목표지향적인 특징이 주를 이루는 과제의 경우 수면을 동반했을 때에 공고화가 발생하게 된다. 따라서 어떠한 영역이 비율적으로 크게 구성되어져 있다면 그에 상응하는 공고화 기전을 유발한다는 가정을 할 수 있

다(Hauptmann et al., 2005). 그러나 연습을 통해 일정 수준 이상의 목표를 달성한 후에는 공고화는 일어나지 않을 가능성 역시 존재한다. 그래서 연습 시 운동기술 구성요소의 비율의 변경에 따라 공고화가 수면 시 또는 비수면시 나타날 가능성을 조절할 수도 있다. 기술 획득의 비율 역시 운동기술 구성요소의 비율 조절을 통해 바뀔 수 있다. 목표지향적 기억의 빠른 획득에 유리한 조건의 실험 과제의 경우 수면 시 더욱더 공고화가 잘 일어나게 된다(Drosopoulos et al., 2007). 예를 들어 새로운 언어의 발음을 배울 때, 만약 발음과 연합된 특정한 손동작과 함께 교육을 시킨다면 특정 동작은 발음을 익히는 것에 도움이 될 것이다. 발음과 연합된 특정 동작은 운동기술의 한 요소이면서 목표지향적 기억의 범주에 포함된다고 할 것이다. 따라서 이와 같은 운동기술은 수면 시 더욱 우선적으로 뇌의 활성화를 가져오게 될 것이며, 다시 말해 수면 의존 공고화가 발생하는 현상을 보여준다. 그래서 운동기술 학습의 과제특성의 변화 및 확장을 통해 운동기술 구성의 비율 조절을 통해 공고화가 어떤 시점에서 나타나게 되는지 또는 공고화가 수면과 비 수면에 어떤 관련성이 있는지에 연구를 진행 할 수 있을 것이다.

3. 기억시스템의 상호작용과 offline 과정

앞서 언급된 많은 선행 연구는 운동기술과 서술적 기억의 관계에 의해 이루어져왔다. 예를 들어 현금자동입출금기에서 자신의 비밀 번호를 입력하는 경우 자신의 비밀번호에 대한 서술적 기억과 함께 몇 해 동안 반복적으로 순서대로 입력 한 손의 움직임은 운동기술의 하나라고 볼 수 있다(Robertson & Cohen., 2006). 또한 운동기술과 서술적 기억이 함께 획득되는 과제의 경우 이후에 수반되는 공고화를 위한 offline 과정은 앞서 제시된 대로 수면 의존적이다. 반면 운동기술 획득과 함께 서술적기억 획득의 비율이 미약할 경우는 offline 과정이 수면 시 뿐만 아니라 비수면 시에도 나타난다는 연구결과가 존재한다(Lieberman, 2000). 따라서 도출된 가설은 서술적기억을 포함한 운동기술이 획득될 경우 비수면시에 offline 과정이 일어나지 않는 이유는 서술적기억이 offline 과정을 차단한다는 것을 의미한다.

이 가설은 두 가지의 중요한 결과를 예측할 수 있게 한다. 운동기술이 서술적기억이 배제된 상태에서 획득될 경우(암묵적학습이 일어나는 동안) 이후에 수반되는 offline 과정이 추가적인 서술적기억에 의해 차단될 수 있다. 이러한 아이디어는 서

술적기억이 배제된 운동기술을 습득한 피험자에게 서술적기억의 일종인 단어 리스트 과제를 추가적으로 실시하게하고 시간의 경과 후 그들의 운동기술 학습의 평가를 통해 가능해진다. 사전과 사후 비교를 통한 운동기술의 감소 비율은 서술적 기억의 학습량과 밀접한 상관관계를 보이고 있다(Brown & Robertson, 2007a). 정상적인 상태가 유지되거나 증가하는 운동기술의 특성과 비춰볼 때 이러한 실험 조건에서 보이는 운동기술 감소는 offline 메커니즘에 기인한다고 볼 수 있으며, 서술적 기억 학습에 의해 방해의 영향이라고 설명될 수 있다. 따라서 이러한 실험의 결과는 서술적기억이 운동기술의 offline 과정을 방해한다는 가설을 지지하는 결과라 하겠다(Robertson et al., 2004; Walker, 2005).

운동기술이 서술적기억과 함께 획득된 경우 외현적 기억과제(서술적기억)의 의도적인 제거를 통해 offline과정이 발현되며, 운동기술의 평가에서 수행의 향상을 유발하게 된다. 일관적인 견해로서 서술적기억이 먼저 획득되고 난 후에 운동기술의 습득을 유도한 과제의 경우에서도 서술기억의 제거 후에 역시 같은 결과를 보이고 있다. Brown과 Robertson(2007b)의 연구에서 SRTT과제를 실시하고 난후 추가적인 단어기억과제를 실시하여 SRTT의 순서에 대한 서술적 기억의 억제를 유발할 수 있다. 추가적으로 실시된 단어기억과제의 영향에 의해 SRTT 순서에 대한 서술적기억의 평균 점수가 총 12개의 구성 요소 중 평균 7.3±0.9에서 4.0±0.8로 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이렇게 추가적인 과제의 개입을 통해 즉 과제내의 서술기억이 억제되고 운동기술의 향상이 유발 될 수 있음이 밝혀졌다. 반면 서술적기억이 유의하게 억제되지 못했을 경우는 추후의 운동기술의 향상을 보이지 않았다. 따라서 기억 시스템간의 상호작용발현은 해당기술이 획득된 후에 기억의 과정을 조절할 수 있는 중요한 역할을 할 수 있음을 알 수 있다.

4. 수면 상태에서의 메모리 시스템 분리

비수면 시 메모리 시스템 간의 상호작용이 일어난다. 반면 수면 시에는 각 시스템이 독립적으로 운영된다(Brown & Robertson, 2007; Robertson et al., 2004). 예를 들어 서술적기억에 의해 운동기술의 비수면시에 일어나는 공고화는 방해를 받을 수 있다. 반대로 운동기술 기억 또한 서술기억을 비수면시의 공고화를 방해 할 수 있다. 그러나 수면 시에는 이와 같은 현상이 발생하지 않는다. 이와 같은 현상

은 운동기술기억과 서술적기억의 구성 비율에 의해 유발된다(Cohen et al., 2005; Cohen et al., 2007).

전체적으로 볼 때 이러한 앞서 언급된 기억의 구성 종류에 따른 상호작용은 비수면시 일어나며, 수면 시에는 독립적으로 기억 시스템이 작용한다고 정리할 수 있다. 또한 기억이 상호작용하는 상태에서 독립적으로 운영되는 것은 수면을 통해 전환된다는 주장은 다양한 이론으로 설명이 가능하다(Fischer et al., 2006). 수면 시에 가능한 이러한 기억시스템의 상호작용의 분리 현상은 offline 과정의 억제 기전을 유발하는 서술적기억의 제거를 통해 유도 될 수 있으며, 그 결과 기술기억의 공고화를 비수면시에도 발생 시킬 수 있다. 수면 상태에서 일어나는 유리현상은 메모리 시스템 간의 상호작용의 결과 유발되는 방해 기전을 제거하여 기억과정의 계량적 파워를 증가시킬 것이다. 수면 상태에서 두뇌는 특정 정보를 재조직하고 숨겨진 법칙을 발견하게 된다. 또한 숨겨진 법칙의 발견과 같은 뇌의 훌륭한 능력은 우리의 직관에 의한 것이라 할 수 있으며 이러한 풀리지 않은 문제에 대한 해결이 이루어 질 수 있다(Wagner et al., 2004). 예를 들어 수학문제를 풀 경우 대부분 특정 공식의 대입을 통해 순차적으로 문제를 풀어 나가고 해답을 얻는 경우가 있다. 그러나 어떠한 경우 숨겨진 법칙의 발견과 해답의 전단계가 바로 보여지는 경우가 있으며, 중간과정을 거치지 않고 바로 해답으로 접근할 수 있는 길은 종종 수면 후에 일어나기도 한다. 또한 수면을 통해 시간적으로 상당히 떨어져 있는 기억의 통합을 보다 손쉽게 유발할 수 있으며 떨어져 있는 여러 기억 조각들의 올바른 시간적 순서에 따라 배열하게 되고 이러한 것은 각각의 사건 간의 통합을 유발 할 수 있다. 예를 들어 SRTT를 수행한 후 리콜 테스트에서 2-1-2, 2-3, 그리고 3-4 라는 시퀀스를 기억 했을 경우 수면을 취하고 난 이후에 측정경과는 분리된 조각 기억의 통합을 통해 2-1-2-3-4의 시퀀스를 리콜 할 수 있게 된다(Fischer et al., 2006). 보다 복잡한 기억의 통합은 낮 동안에 그 기억이 억제 되며 수면을 통해 재구성되어 진다. 복잡한 구조의 기억 과정은 서술적기억의 상황에서 기억의 리콜의 증가를 가져 올 수 있으며, 절차적 기억의 상황에서는 수행의 향상을 유발 할 수 있다(Fischer et al., 2002; Walker et al., 2002; Kuriyama et al., 2004).

높은 수준의 연합의 유발은 수면의존 과정과 관련이 많은 해마와 연관성이 있다(Curran, 1997; Spencer et al., 2006). 해마가 높은 수준의 통합을 유발하는데 관련이 있다는 사실은 수면하는 동안 일어나는 메모리 시스템의 유리(혹은 분리) 현상에 의한 것으로 생각된다. 그러나 이러한 유리현상이 수면 시의 모든 기억과정을

설명하기에는 한계점이 있다. 비록 이러한 유리현상이 기억 시스템간의 억제 기전을 제거하여 각 기억과정의 향상을 보이고 있기는 하지만, 이러한 독립적 시스템의 운영 원리는, 다시 말해 기억의 연합에 의해 발생하는 어떠한 기억의 과정 또는 특성을 명확히 설명하지 못하는 한계를 가지고 있다(Brown & Robertson, 2007b).

기억의 연합 및 유리는 수면의 특정한 단계에 의해 제한되며 수면의 각 단계에 따라서 뇌의 활성화 부위 역시 차이를 나타낸다. 따라서 연합된 상호작용과 분리된 기억의 과정은 각 기억에 맞는 다양한 과정의 범위를 유발한다. 연합된 상호작용이 우세한 경우에는 공고화의 이점이 하나의 메모리 시스템으로 국한된다. 반면 유리된 상태의 과정이 우월하게 나타날 경우 두 가지 모두의 메모리 시스템의 공고화를 유발할 수 있다(Brown & Robertson, 2007b). 수면 시의 메모리 시스템의 유리는 기능적 연결에 의해 발생한다고 생각된다. 비수면시 해마와 해당하는 대뇌피질의 상호간의 신호전달 메커니즘이 발생하며, NREM(Non-rapid eye movement) 수면 시에는 쌍방향의 신호전달 메커니즘이 아닌 피질로부터 해마로 전달되는 하나의 신호 전달 경로만이 유지된다. 이러한 연결체계의 변화는 해마와 대뇌 피질의 서로간의 신호전달을 억제하게 되어 메모리 시스템의 유리를 유발하게 된다(Isomura et al., 2006; Tononi et al., 2006). 피질과 해마의 신호전달 경로의 변화는 최근 TMS 연구를 통해 밝혀지기도 했다. TMS 자극은 비수면시보다 더 작은 NREM수면동안의 신호전달율을 발생시킨다(Massimini et al., 2005). 그러나 TMS 자극시간은 자극 부위에 따라 달라져야 했다. M1보다 앞쪽의 피질영역에는 짧은 순간적 자극이 필요하며 뒤쪽의 S1과 같은 부위는 보다 긴 시간의 자극이 효과를 보인다(Massimini et al., 2007).

NREM수면 시에 발생하는 다양한 상호전달기전의 기능적 변화는 메모리 시스템간의 연결을 감소 시켜 각 시스템의 유리를 유발하여 각각의 메모리 시스템 내의 연결고리들의 활성화를 유발하여 기억의 공고화에 필요한 offline 과정을 유발할 수 있다. 대안적으로, 기능적 연결의 감소는 NREM 수면 시 이루어지는 연합과 유사한 결과를 초래하게 되며 다른 수면의 상태 시에는 특정한 메모리 시스템안의 offline 과정을 유발한다. 이러한 가설은 서술적기억과 절차적기억이 동시에 학습된 상태에서 메모리 시스템이 분리 되어서 작용할 때 공고화는 NREM 수면 시에 일어나게 될 것임을 시사한다(Robetson et al., 2004). 반면, 독립적으로 서술기억과 절차기억이 학습 될 경우 공고화는 NREM 수면과의 상관관계가 낮아지게 된다. 이와 같은 경우 공고화를 위한 기억시스템의 유리가 필요하지 않기 때문이다.

이러한 가설과 일관되게 운동기술의 공고화에 대한 연구에서 운동기술의 서술적기억의 획득 시 운동기술의 공고화는 NREM 수면과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 반면, 같은 운동기술학습 시 서술적기억의 획득이 없었다면 REM수면 상태에서도 공고화가 발생하는 것으로 나타났다. 그래서 수면의 단계는 메모리시스템의 유리 또는 연합에 관여를 하는 것으로 볼 수 있다.

메모리 과정의 수면을 통해 혜택을 볼 수 있다는 이 같은 입장은 비수면 시 서술적기억의 감소와 수면후의 기술의 증가를 통해 나타날 수 있다. 그러나 수면의존 메모리 과정의 이익은 서술적 기억의 영속적인 손실을 야기 시킬 수 있다. 영속적인 억제보다는 수면은 다른 기억시스템과의 시간적 접근성의 감소를 통해 기억의 기능적 손실을 유발 한다(Crick & Mitchison, 1983). 그래서 수면은 하나의 메모리 시스템의 활성화를 위하여 일시적 또는 영속적인 다른 메모리의 망각을 유발한다는 것이다. 이러한 상호작용 또는 독립적으로 발현되는 기억과정은 수면과 비수면 시 모두 관찰된다. 그 이유는 다른 시스템의 비 혜택에 대한 보상적인 측면에서 이루어진다(Brown & Robertson, 2007b). 메모리 시스템간의 상호작용은 하나의 시스템 안에 포함된 지식을 다른 시스템 안의 지식에 성취를 유도한다. 그럼에도 불구하고 기억 시스템 간의 상호보완적 기전에 의해 하나의 시스템의 공고화가 다른 시스템의 공고화에 의해 방해를 받는다고 보기에는 그 증거가 미약하다. 결론적으로 메모리 시스템은 수면하는 동안 독립적으로 활성화되며 두 시스템간의 간섭문제는 경감된다. 그러나 이 같은 독립적인 운영은 메모리 시스템간의 정보의 통합이 이루어 지지 못한다는 문제점을 유발하지만 비수면시 시스템의 상호작용을 통해 그 영향력이 약화된다.

제3절 순차적 반응시간 과제 (Serial Reaction Time Task; SRTT)

컴퓨터 모니터에 수평적으로 나열된 네 개의 목표점 중 시각신호는 어떤 한 곳에서도 나타날 수 있으며 각 목표점은 1-4에 해당하는 버튼이 키보드나 반응패드에 설정 되어있다. 시각신호가 나타나게 되면 각 과제가 시작되게 되며 피험자는 적절한 키보드를 누르게 된다. 해당 과제를 수행하는데 걸린 시간은 피험자의 반응

시간 측정을 의미하며, 실험의 가장 중요한 측정 항목이다. 각 과제가 끝나고 나면 다음 시각신호가 나타나기까지 200-500ms의 짧은 딜레이 타임이 존재하게 된다. 이러한 시각신호는 (2-3-1-4-3-2-4-1-3-4-2-1)과 같이 일련의 반복적인 순서가 존재한다. 반복적인 순서를 가진 과제를 수행한 후에는 반복적인 순서가 존재하지 않는 불규칙적인 시각신호의 조합이 제시된다. 그래서 SRTT는 네 가지의 버튼을 선택하는 비교적 간단한 방법의 실험의 반응시간 측정을 목적으로 하며 피험자는 반복 순서를 연습이 진행됨에 따라 예상 할 수 있게 되며, 학습될 수 있다. 그러나 이러한 SRTT에 대해 잘못된 이해를 하고 있는 사례들이 상당수 있으며, 실험에 대한 의문이 계속적으로 생성되고 있다(Robertson, 2007).

1. 기술 학습의 측정

SRTT에서 기술학습의 측정은 반응시간의 점차적인 감소를 통해 설명하는 사례가 상당히 많이 존재한다. 이것은 피험자의 수행 전문성이 점차적으로 향상되는 것뿐만 아니라 시각신호와 요구되는 반응의 연합이 발생하였다는 것의 의미를 가지고 있기에 이 같은 간단한 방법으로서 반복적인 과제의 반응시간 변화를 통해 피험자의 일반적인 전문성 향상을 평가 할 수 있다. 또한 조금 더 전문적으로 기술학습의 정도를 측정하기 위하여 반복적 과제와 비반복적 과제의 반응시간 차이의 비교를 사용하기도 한다. 이러한 방법은 기술의 세부적인 측정뿐만 아니라 피로나 동기의 영향을 최소화 할 수 있다는 장점도 가지고 있다. 반복적인 과제가 끝나는 시점, 또는 피험자가 기대치 않게 비반복적 과제로 전환되는 시점에서 피험자는 반복적 과제의 계속적인 경험에 의해 부적절한 반응을 할 가능성이 존재하게 된다. 따라서 비반복적 과제의 전체 반응시간을 부풀리는 현상이 발생하게 되며 반복적 과제와 비반복적 과제의 차이도 커지게 마련이다. 각 과제의 차이를 통한 기술의 측정은 피험자가 반복적으로 제시되는 시각신호에 대한 피험자의 예상을 세부적이고 보다 민감하게 살펴볼 수 있다. 그래서 이러한 측정방법은 SRTT에서 기술획득의 전문적이고 정확한 측정을 가능케 해 준다.

2. 암묵적 학습 측정의 의미

SRTT에서 기술학습은 종종 암묵적 학습으로 묘사되곤 한다. 어떠한 경우는 학습을 지각하지 못하는 암묵적 학습(운동기술 기억)이 이루어지기도 한다. 반면 새로운 기술에 대한 학습을 지각하는 외현적학습(서술적 기억)이 이루어지기도 한다. 학습이 지각되었는가를 판단하는 것은 어려운 문제이다.

SRTT의 장점 중 하나는 외현적 학습을 측정 할 수 있는 다양한 방법의 사용이 가능하다는 것이다. 예를 들어 자유회상 시험에서 동작 순서를 제대로 기억하지 못하거나, 인식 검사에서 낮은 수준의 기억을 가지고 있을 경우 암묵적 학습이라고 정의 될 수 있다(Curran, 1997; Willingham & Goedert-Eschmann, 1999). 반면, 또 다른 학자들은 암묵적 학습의 정의를 신경심리학적인 측면에서 찾고자 기억상실증 환자의 자유회상을 통해 암묵적 학습을 설명하고자 했다(Reber & Squire, 1994). 이러한 측정은 지각과 서술적 기억은 비록 분리된 개념이지만 인과관계가 있다고 가정을 할 수 있다. 따라서 지각의 측정을 통해 서술적기억이 측정 될 수 있다는 점은 논리적으로 정당화 될 수 있다. 그러나 일부 학자들은 암묵적 학습의 측정은 결함이 존재한다고 주장하고 있다. 그 이유는 지각 측정의 정확도와 민감도가 많이 부족하기 때문이다(Hannula et al., 2005). 이러한 관점을 가진 학자들은 각 과제가 암묵적으로 학습되다가 외현적 학습으로 전환되는 일정한 시점이 존재하며 그 시점은 측정 가능한 것이라고 주장한다. 또한 외현적 학습은 전환 이후에 계속적으로 학습 과정을 지속한다. 그래서 지각의 시점을 측정하는 것은 상당히 임의적일 수가 있다. 따라서 이러한 문제의 해결을 위한 혁신적인 테크닉이 나타날 필요성이 있다(Persaud et al., 2007). 그러나 아직까지 각 과제의 학습에 대한 지각을 어떻게 측정해야 하는가에 대한 학자들의 의견일치는 이루지 못하고 있는 실정이다. 그렇기는 하지만 학습에서 일정 부분은 암묵적으로 이루어진다고 단언 할 수 있으며, 상호보완적인 여러 테크닉 들을 통해 학습의 지각에 대해 좀 더 심도 있게 분석할 수 있게 되었다.

지각을 측정의 문제점들을 극복하기 위한 특별한 방법으로 지각 정도를 직접적으로 조절하는 방법이 제시되었다. 이러한 방법은 피험자를 반복적 과제와 시각자극의 색깔의 연합을 통해서 가능해 진다. 다른 반복과제의 색을 다르게 조정하여 그 과제의 지각을 방해 할 수 있다. 따라서 피험자는 하나의 반복과제의 학습의 지각은 가능하지만 후자의 과제의 지각은 조절이 불가능하게 통제 할 수 있다(Willingham et al., 2002; Robertson et al., 2004). 암묵적과 외현적 학습의 비교를

통해 우리는 뇌의 활성화 또는 행동적 측면에서 지각의 효과를 이해하는 것에 한 걸음 더 나아갈 수 있다. 그래서 지각의 측정을 통하지 않고서도 지각의 인지와 생리학적 특징을 밝혀 낼 수 있을 것이다.

3. 운동학습 평가와 SRTT

종종 SRTT가 운동학습과제로 비춰진다. 그러나 SRTT가 단지 운동피질의 역할에 의해 학습이 발생한다고 하기는 부족하다. 이러한 순차적 규칙은 운동반응의 규칙적 반복을 통해서 많은 부분 암묵적으로 획득되어지기도 하지만, 규칙성은 시각자극 위치의 지각을 통해 결국 학습될 수 있으며 학습자는 각 시각 자극이 제시되는 것을 예측 하게 됨에 따라 더욱 빠른 반응을 보일 수 있을 것이다. 따라서 최근 연구들에서 순차적 과제학습은 지각학습과제로 인식되고 있다. SRTT과제에서 운동을 제거하면 지각학습과제로의 전환이 가능해 진다(Dennis et al., 2006). 운동이 제거된 후에 학습에는 오직 특정 규칙성만이 영향을 미치게 되고 지각에 관여하는 뇌 영역이 활성화된다. 따라서 순차적 과제의 지각을 통해서 학습이 이루어졌다고 말할 수 있다. 반면 지각과 운동기억 형성이 모두 가능할 경우 학습은 더 이상 지각학습이라고 설명하기 힘들며(Willingham, 1999) SRTT가 간단한 운동학습과제라고 말하기는 어렵다. 결론적으로 SRTT는 운동학습과제와 지각학습과제가 포함된 과제이다(Robertson et al., 2001).

SRTT를 수행할 시에 피험자는 과제를 수행하는 기술을 획득함과 동시에 규칙성을 서술적으로 표현할 수 있는 능력 또한 획득하게 된다. 수행된 SRTT에 대한 일부 또는 전체의 규칙성을 피험자는 언어적으로 표현할 수 있다. 기술과 함께 기술에 대한 서술적기억의 획득 현상은 우리의 일상생활에서도 많이 나타난다. 예를 들어 우리는 기술적으로 전화번호를 누를 수 있으며 전화번호 순서에 대한 기억 또한 지니고 있다. 이 같은 이유로 앞서 언급된 것과 같이 SRTT는 명확히 운동기술 학습이라고 단정 짓기 힘들며, 그 안에는 SRTT 내의 규칙성의 일부 또는 전부를 언어적으로 표현할 수 있는 서술적기억의 구성요소가 포함되어있기 때문이다. 과제내의 이러한 서술적기억의 포함에 대한 인식은 단어리스트과제를 통해 SRTT 내의 서술적기억의 억제를 유발하여 서술적 구성요소의 off-line 향상을 일으키는 기전에 대한 설명 역시 가능케 한다(Brown & Robertson, 2007a).

제3장 연구방법

제1절 연구대상

실험에 참여한 대상은 수도권 대학 소속 체육관련 학과에 재학 중인 총 30명의 학생으로서 (평균 나이: 24±6, 남 19, 여 11) 오른손잡이를 대상으로 하였으며, 과거에 신경학적 질환이나 정신질환 등의 특이할 만한 의학적 소견으로 병원 치료를 받지 않은 건강한 피험자를 모집하였다. 모집된 피험자는 무선적 방법으로 실험집단에 15명, 통제집단에 15명을 각각 선정 하여 실험을 실시하였다. 그러나 실험집단에서 1명의 피험자가 첫 free recall 평가에서 12점을 받아 결과 분석에서 제외되었으며 결과분석은 최종적으로 21명(실험 10명, 통제 11명)을 통해 실시하였다.

제2절 실험절차

실험집단과 통제집단의 모든 참여자들은 오전 8시(Session 1)에 특정한 순차적 과제(SRTT)의 연습(practice)및 테스트를 실시하였으며, 12시간이 경과한 후 오후 8시(Session 2)에 파지(retention test)를 실시하였다. 구체적인 실험 절차는 그림 2에서와 같이 3개의 블록으로 나누어지며, 연습 및 테스트-이차과제-파지테스트의 단계로 구성되어진다. 블록 내에는 무선적과제-순차적과제-무선적과제의 순서로 구성하였다. 파지테스트 블록에서의 블록 내의 순차적과제와 무선적과제의 차이를 통해 기술 향상의 정도를 파악하여 절차적 기억의 학습을 평가 했다.

테스트가 끝난 후 참여자들의 순차적 과제에 대한 서술적 기억 능력을 파악하기 위하여 자유회상(free recall) 을 평가했다. free recall은 각 손가락에 해당하는 버튼의 번호를 실험 대상자에게 동일하게 부여해 주고 사전 실험에 일어난 순서에 대한 기억을 평가하는 방법이다.

Free recall 평가가 끝난 후 바로 실험집단과 통제집단에 각각의 총 24회의 반복이 있는 2차 과제를 훈련시킨다. 실험집단은 SRTT 내에 순차적과제와 무선적과

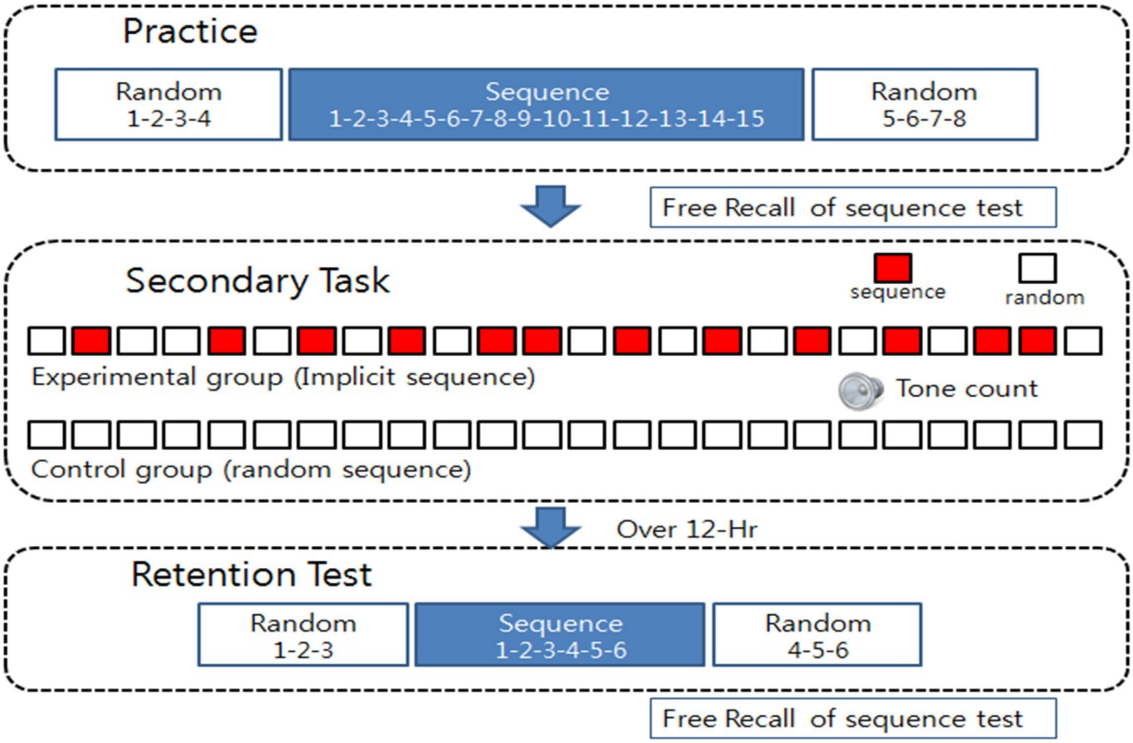

그림 2. 실험 절차 도식

제를 무선적 순서로 배열하여 각 12회의 순서를 반복 훈련하게 되며, 이러한 특징을지닌 과제를 통해 실험집단에는 암묵적 기억은 제공 되지만, 외현적 기억은 제한할 수 있게 되어 이차과제가 절차적 기억을 통한 학습만을 유발 할 수 있다. 반면 통제집단은 SRTT의 과제는 모두 무선적과제로 구성되어져 절차적 기억과 서술적 기억 모두 배제 할 수 있게 된다.

12시간이 경과 후 연습구간의 SRTT 검사와 동일한 sequence로 구성된 테스트 구간을 통해 2차 테스트를 실시하였으며, 곧바로 free recall을 실시하였다.

제3절 실험도구

본 연구의 실험도구는 SRTT를 수행 할 수 있는 Super Lap Pro 프로그램이 인스톨되어 있는 컴퓨터를 사용한다. 실험은 참여자가 컴퓨터 모니터 앞에 앉아 표준

형 키보드의 “V″,″B″,″N″,″M″의 키보드에 오른손 엄지를 제외한 검지부터 키보드에 위치한다. free recall 평가 시 ″V″는 ″1″, ″B″는 ”2“, ”N″은“3”, “M″은”4“의 순서로 실험자에게 인지시키게 된다. 실험 시작과 동시에 모니터에 ‘Press the space bar when ready′라는 준비 화면에서 실험 참여자가 스페이스바를 누르게 되면 모니터에 정사각형의 박스 네 개가 나타나게 된다. 각각의 박스는 한 변의 길이는 2cm, 각 박스의 간격은 10cm로 설정 하였으며, 박스는 모니터의 정 중앙에서 수평으로 나열되어 있다. 800ms 경과 후 네 개의 박스 중 하나의 박스 안에 파란색 원 또는 붉은색 원이 나타나게 되며, 실험 참여자는 원이 나타남과 동시에 최대한 정확하고 빠르게 해당하는 버튼을 누르도록 요구된다.

박스 안에 제시되는 시각적 신호는 12가지의 구성 요소로 이루어져 있으며 순서는 (2-3-1-4-3-2-4-1-3-4-2-1)의 순차적과제가 있으며, 순차적과제는 붉은색 원으로 나타난다. 반면 무선적과제는 각 요소의 반복 또는 일련의 순서(2-1-2-1, 4-3-2-1)의 과제는 무선적 과제에서 의도적으로 제거하여 사용할 것이며, 무선적과제의 시각 신호는 푸른색 원으로 나타난다. 각 요인의 반응 시간에 피험자의 순차적 기억에 의해 예측을 통한 반응 시간 단축을 예방하기 위하여 시각 신호에 대한 반응이 일어난 후 400ms의 다음 시각 신호와의 간격을 두었다. 또한 과제 내의 12개의 순서를 피험자가 지각 할 수 있도록 하기 위하여 다음 12개의 구성 요소가 시작되기 이전에 총 1400ms의 간격을 두었으며, 12개의 반응 중 마지막 반응 이후 모니터 중앙에 십자가 표시의 출현을 통해 다음 12개의 과제와 구별 할 수 있도록 하였다.

2차과제의 구성 요소는 순차적과제와 무선적과제가 무선적으로 나열되어 있다. 이차과제는 최초 사용된 sequence와 차별 되도록 (3-1-2-4-2-3-4-1-4-2-3-1)의 순서 조합을 사용 하였다. 각 과제 모두 푸른색 원의 시각적 신호를 실험 대상자에게 제시하는 방법과 함께 두 과제 모두에 총 26번의 단음을 삽입하여 피험자로 하여금 그 횟수를 기억하도록 유도하였다. 이러한 조건을 통해 피험자가 제시된 과제의 특성을 통제집단과 실험집단 모두 무선적과제로 인식하게 유도하였다. 결과적으로 실험집단에서만 서술기억이 없는 절차기억의 유발을 기대했다. 이차과제의 구체적인 적용 방법은 <그림 2>와 같다.

제4절 자료분석

수치화된 자료의 분석은 먼저 Super Lab Pro 소프트웨어(Cedrus Co., U. S. A.)프로그램을 이용하여 모니터 상의 자극제시와 컴퓨터 키보드를 이용한 버튼 입력을 통해 반응시간과 각 sequence를 끝내는데 소요된 시간을 측정하였다. 이후 MS Excel 프로그램을 이용해 블록내의 무선적과제와 순차적과제의 평균 반응시간 및 소요시간을 계산할 것이며 실험참여자의 수행 중에 발생한 error에 관련된 평균 반응시간과 소요시간은 분석에서 제외할 것이다. 무선적과제와 순차적과제 모두 선행되는 과제에 의한 영향을 최소화하기 위하여 처음 시작 2개의 일련의 과제 평균 반응시간은 제외하여 분석하였다.

Free recall은 SRTT의 테스트가 완료된 직후 과제내의 12개의 일련의 순서를 기억하는 수준을 평가하는 것으로서, 해당 버튼에 대한 사전 주지 후 실험자 스스로 순서를 알고 있는 개수를 평가한다. 예를 들어 (2-3-1-4-3-2-4-1-3-4-2-1)의 과제 중 피험자가 2,3,1,4 까지의 순서를 기억한다면, 4점의 점수를 부여한다.

Free recall 개수를 통해 서술기억, 시행 횟수 경과에 따른 반응시간 차이를 이용하여 절차기억을 평가하였다.

최종분석에 앞서 실험집단과 통제집단 모두에서 각 1명씩의 피험자가 첫 free recall 평가에서 12점을 받아 결과 분석에서 제외하였다. 집단 간 절차기억의 학습 차이를 알아보기 위해 two-way ANOVA(2X2)를 실시하였다. 이차과제의 과제특성 간 차이를 분석하기 위하여 독립 t-test를 실시하였다. 집단 간 free recall 차이를 분석하기 위하여 two-way ANOVA(2X2)를 실시하였다. 본 연구에서 통계적 유의 수준은 .05로 정했다.

제4장 연구결과

연습구간, 2차 과제구간, 파지검사 구간의 수행변화 형태는 <그림 3>과 같이 나타났다. <그림 3>의 자료는 SRTT를 통한 절차적기억의 형성과정이 반응시간의 변화로 어떻게 변화하는가와 전체적인 실험 설계에 관한 이해를 돕기 위해 작성된 것으로 실제 통계를 위한 측정변인 도출을 통한 비교는 이루어지지 않은 상태이다.

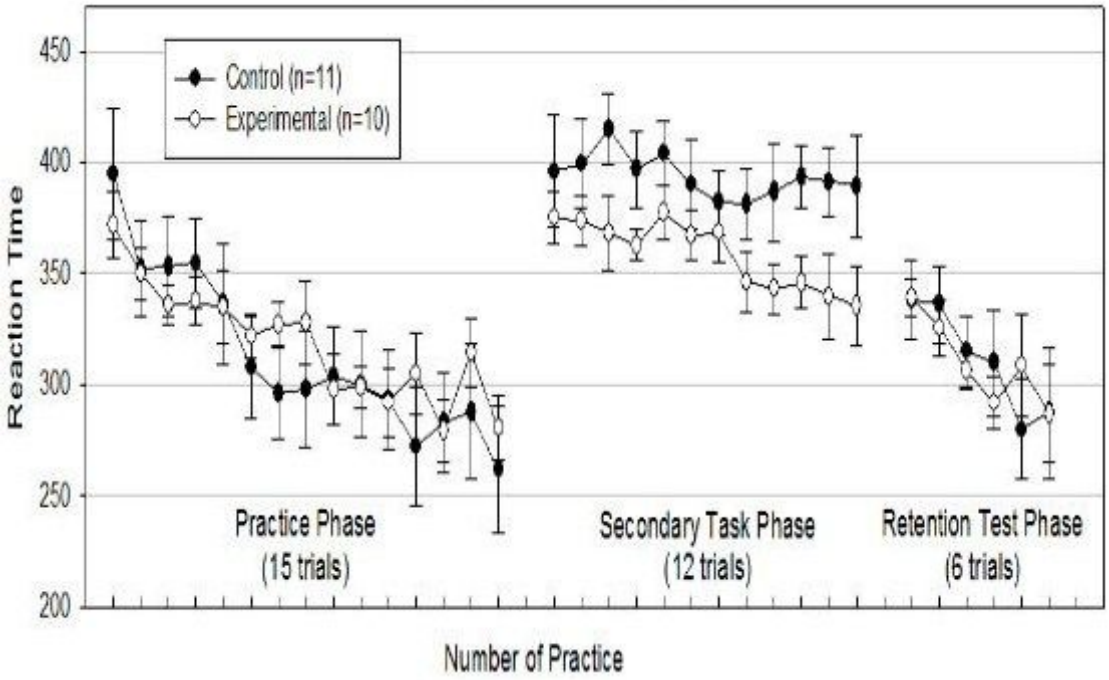

그림 3. 연습구간, 2차 과제구간, 파지검사 구간의 수행변화

제1절 연습 중 집단 간, 과제 내 특성 간 반응시간 비교

초기 과제 연습 중 각 집단, 과제특성(Sequence, Random)에 따른 수행변화는 <그림 4>에 나타나 있다.

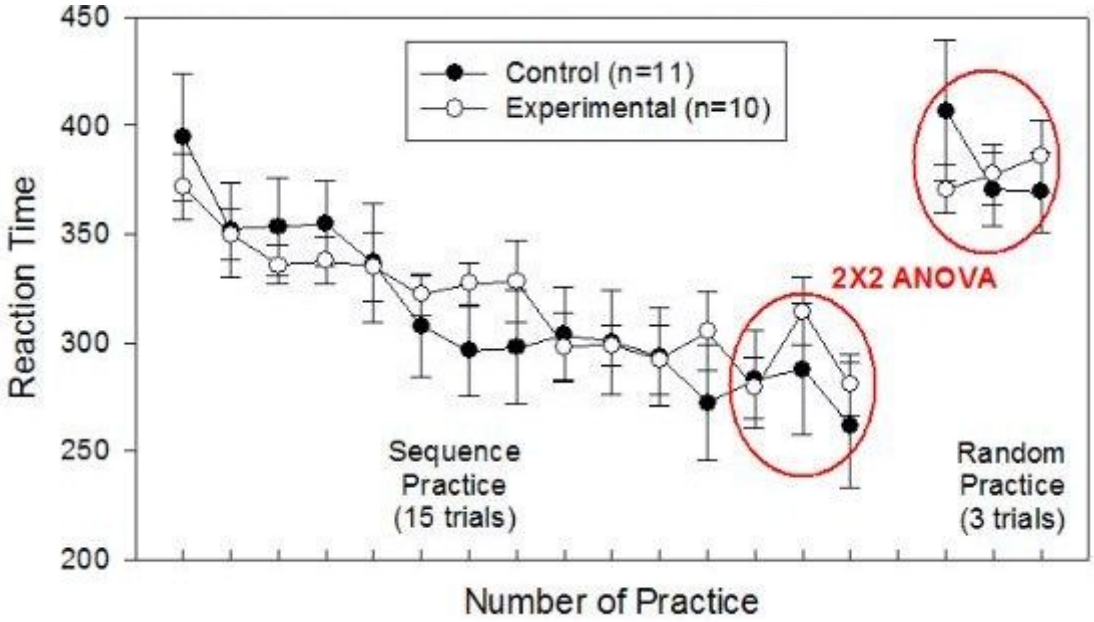

그림 4. 연습 중 각 집단, 과제특성(Sequence, Random)에 따른 수행변화

연습 중 각 집단과 Sequence 과제 수행 구간, Random 과제 수행 구간의 반응시간 요약은 <표 1>과 같다.

표 1. 연습 중 각 집단과 Sequence 과제 수행 구간, Random 과제 수행 구간의 반응시간

단위 : ms

집단	반응시간	Sequence 구간	Random 구간
실험	M	291.46	378.10
(10 명)	Std.	38.30	40.73
통제	M	277.63	382.34
(11 명)	Std.	87.63	73.46
합계	M	284.22	380.32
(21 명)	Std.	67.45	58.73

집단에 따른 각 구간의 반응시간에 대한 분석결과, 실험집단의 Sequence 과제 수행 구간에 대한 반응시간 평균은 291.46, 표준편차는 38.30, Random 과제 수행 구간에 대한 반응시간 평균은 378.10, 표준편차는 40.73으로 나타났다. 한편, 통제집

단의 Sequence 과제 수행 구간에 대한 반응시간 평균은 277.63, 표준편차는 87.63, Random 과제 수행 구간에 대한 반응시간 평균은 380.32, 표준편차는 58.73으로 나타났다.

반응시간에 대한 집단 간(실험, 통제)과 과제 수행 구간 간(Sequence, Random)차이와 상호작용을 알아보기 위하여 이원혼합분석(two-way mixed ANOVA)을 실시한 결과는 <표 2>와 같다.

표 2. 반응시간에 대한 집단 간(실험, 통제)과 구간 간(Sequence, Random)차이

단위 : ms

변량원	SS	df	SD	F	Sig
between Subject					
집단	240.724	1	240.724	.056	.816
Error	81717.662	19	4300.930		
Within Subject					
구간	95896.723	1	95896.723	23.602	.001*
집단*구간	855.992	1	855.992	.211	.651
Error	77199.550	19	4063.134		
* p < .05					

반응시간에 대한 집단 간(실험, 통제)과 과제 수행 구간 간(Sequence, Random)차이와 상호작용을 알아보기 위하여 이원혼합분석(two-way mixed ANOVA)를 실시한 결과 집단 간 시행간의 $F(1, 19) = .211$, $p > .05$로 유의한 상호작용효과가 없는 것으로 나타났다. 집단 간 차이분석결과 $F(1, 19) = .816$, $p > .05$로 차이가 없는 것으로 나타났으나, 구간 간 차이는 $F(1, 19) = .23.602$, $p < .05$로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

제2절 2차과제의 학습효과 검증

실험집단의 Sequence로 구성된 trial과 통제집단의 해당 순서의 Random으로 구성된 trial의 수행변화는 <그림 5>와 같이 나타났다.

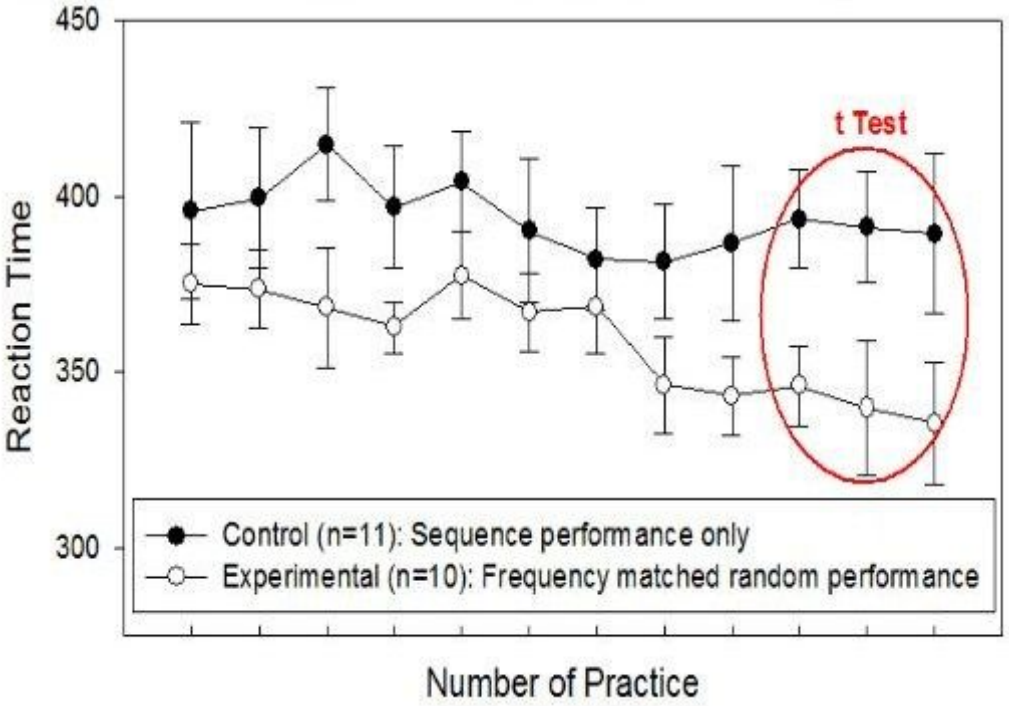

그림 5. 2차 과제 내의 과제특성에 따른 수행 변화

2차과제의 Sequence 구간과 Random 구간의 반응시간 차이를 분석하기 위하여 독립 t-test를 실시한 결과는 <표 3>과 같다.

표 3. 2차과제의 Sequence 구간과 Random 구간의 반응시간 차이

단위: ms

	N	M	SD	t	Sig
Sequence 구간	10	340.402	49.155	-2.311	.031*
Random 구간	11	391.323	51.553		

* p < .05

2차과제의 구간 간(Sequence, Random)의 반응시간을 분석한 결과 Sequence 구간의 평균은 340.402, 표준편차는 49.155로 나타났으며, Random 구간의 평균은 391.323, 표준편차는 51.553으로 2차 과제 학습이 완료되는 시점에서 Sequence 과제 수행 구간에서의 반응시간이 Random 구간에서 보다 빠른 것으로 나타났다. 두

구간의 반응시간 차이를 검증한 결과 t=-2.311, $p < .05$ 로 나타나 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

제3절 파지검사 중 집단 간, 구간 간 반응시간 비교

연습 중 각 집단 별, 과제특성(Sequence, Random)의 수행변화는 <그림 6>에 나타나있으며 파지검사 중 각 집단과 Sequence 구간, Random 구간의 반응시간을 분석한 결과는 <표 4>와 같다.

표 4. 파지검사 중 각 집단과 Sequence 구간, Random 구간의 반응시간

단위 : ms

집단	반응시간	Sequence 구간	Random 구간
실험	M	295.89	357.33
(10 명)	Std.	57.09	50.51
통제	M	292.54	376.00
(11 명)	Std.	80.03	65.66
합계	M	294.13	367.11
(21 명)	Std.	68.35	58.27

집단에 따른 각 구간의 반응시간에 대한 분석결과, 실험집단의 Sequence 구간에 대한 반응시간 평균은 295.89, 표준편차는 57.09, Random 구간에 대한 반응시간 평균은 357.33, 표준편차는 50.51로 나타났다. 한편, 통제집단의 Sequence 구간에 대한 반응시간 평균은 292.54, 표준편차는 80.03, Random 구간에 대한 반응시간 평균은 376.00, 표준편차는 65.66으로 나타났다.

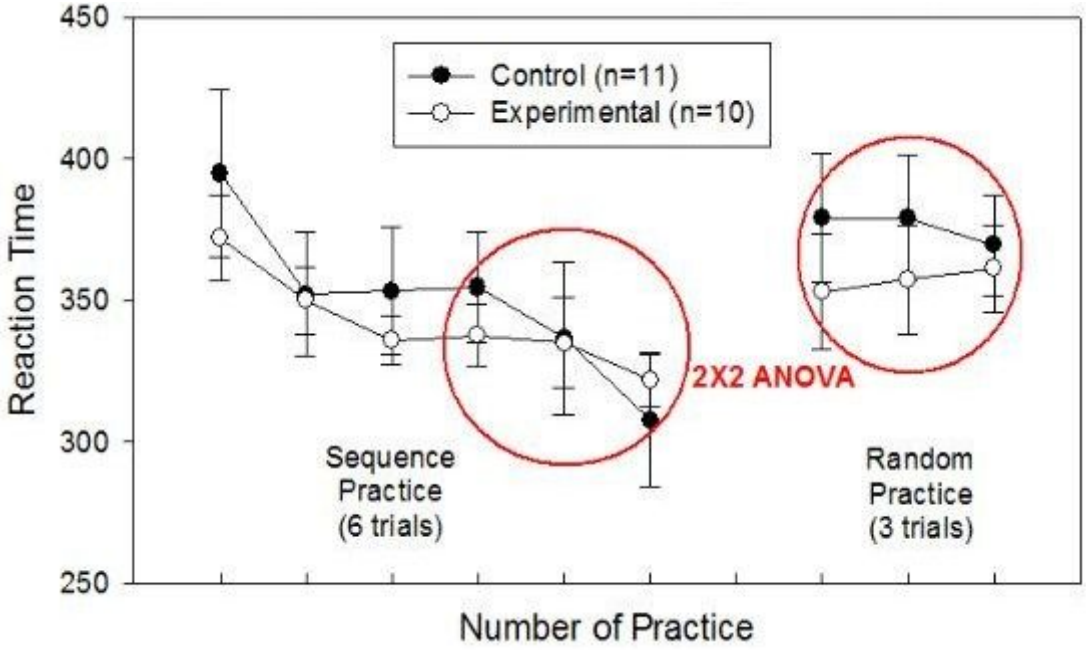

그림 6. 파지검사 시 수행의 변화

파지검사 중 반응시간에 대한 집단 간(실험, 통제)과 구간 간(Sequence, Random)차이와 상호작용을 알아보기 위하여 이원혼합분석(two-way mixed ANOVA)를 실시한 결과는 <표 5>와 같다.

표 5. 파지검사 중 반응시간에 대한 집단 간과 구간 간(Sequence, Random)차이

단위 : ms

변량원	SS	df	SD	F	Sig
between Subject					
집단	614.510	1	614.510	.103	.752
Error	113579.887	19	5977.889		
Within Subject					
구간	54988.783	1	54988.783	22.763	.001*
집단*구간	1268.783	1	1268.783	.525	.477
Error	45898.736	19	2415.723		

* p < .05

반응시간에 대한 집단 간(실험, 통제)과 구간 간(Sequence, Random)차이와 상

호작용을 알아보기 위하여 이원혼합분석(two-way mixed ANOVA)를 실시한 결과 집단 간 시행간의 F(1, 19) = .525, p > .05로 유의한 상호작용효과가 없는 것으로 나타났다. 집단 간 차이분석결과 F(1, 19) = .103, p > .05로 차이가 없는 것으로 나타났으나, 구간 간 차이는 F(1, 19) = .22.763, p < .05로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

제4절 실험집단과 통제집단의 연습과 파지검사 간의 자유회상 차이 분석

집단에 따라 연습이 끝난 시점의 자유회상과 12시간이 경과한 후 실시되는 파지검사 다음 자유회상의 회상 개수를 분석한 결과는 <표 6>과 같다.

표 6. 각 집단의 연습과 파지검사 간의 자유회상 차이 분석

단위 : 개수

집단	응답개수	연습 직후	파지검사 직후
실험	M	4.60	5.40
(10 명)	Std.	2.11	2.50
통제	M	4.18	7.09
(11 명)	Std.	2.08	2.87
합계	M	4.38	6.28
(21 명)	Std.	2.06	2.77

집단에 따른 연습직후와 파지검사직후의 자유회상 개수에 대한 분석결과, 실험집단의 연습직후 자유회상 개수의 평균은 4.60, 표준편차는 2.11, 파지검사 직후 자유회상 개수 평균은 5.40, 표준편차는 2.50으로 나타났다. 한편, 통제집단의 연습직후 자유회상 개수의 평균은 4.18, 표준편차는 2.08, 파지검사 직후 자유회상 개수 평균은 7.09, 표준편차는 2.87로 나타났다.

자유회상에 대한 집단 간(실험, 통제)과 평가시점(연습직후, 파지검사직후)차이와 상호작용을 알아보기 위하여 이원혼합분석(two-way mixed ANOVA)를 실시한 결과는 <표 7>과 같다.

표 7. 자유회상에 대한 집단 간, 평가시점 간 차이

단위 : 개수

변량원	SS	df	SD	F	Sig
between Subject					
집단	4.242	1	4.242	.445	.513
Error	181.091	19	9.531		
Within Subject					
평가시점	36.031	1	36.031	16.202	.001*
집단*평가시점	11.650	1	11.650	5.239	.034*
Error	42.255	19	2.224		
* p < .05					

자유회상에 대한 집단 간(실험, 통제)과 평가시점(연습직후, 파지검사직후)차이와 상호작용을 알아보기 위하여 이원혼합분석(two-way mixed ANOVA)를 실시한 결과 집단 간 평가시점 간의 F(1, 19) = .5.239, p < .05로 유의한 상호작용효과가 있는 것으로 나타났다. 집단 간 차이분석결과 F(1, 19) = .445, p >05로 차이가 없는 것으로 나타났으나, 평가시점 간 차이 분석결과 F(1, 19) = .5.239 p < .05로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

제5장 논의

인간이 어떻게 새로운 움직임을 학습하고 저장하며 필요할 때마다 인출하여 사용하는가에 관한 질문은 체육학과 관련된 체육교육, 운동학습, 혹은 운동발달 분야에서 가장 근본적으로 해결해야하는 주제라고 할 수 있다. 운동기술(Motor skill)의 저장과 관련된 기저 메커니즘을 이해한 후에야 이 같은 기전을 효율적으로 관리할 수 있는, 그래서 현장에 적용할 수 있는 원칙들이 개발될 수 있기 때문이다. 그러나 실제 운동행동(Motor behavior) 관련 연구에서는 이 같은 기본 원리에 대한 이해보다는 현장에 적용하여 그 변화를 관찰할 수 있는 '학습법' 탐구에 매진해온 경향이 있다(Schmidt & Wrisberg, 2008). 이 같은 현상은 운동행동 관련 연구 분야의 학문적 발생의 계기를 기술과 학습의 효율성에 큰 관심을 두었던 행동주의(Behaviorism) 심리학에서 찾을 수 있기 때문이라고 해석할 수 있지만(Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2008) 이에 대한 학문적 관심이 상대적으로 빈약했던 것만은 부인하기 어렵다.

운동기술의 장기기억(Long term Memory)에 관한 이론적 배경은 주로 인지심리학 연구자들에 의해서 이루어져왔다(Tulving & Craik., 2000). 그러나 대부분의 인지심리학에서 운동기술은 절차적 기억으로서 비서술적 장기기억의 일부로 독립시켜 구분하는 반면 과거 운동행동 분야에서 사용된 많은 연구과제들은 실제로 비서술적 절차기억과 더불어 우리가 흔히 지식이라고 부르는 서술적 기억을 포함한 것 들 이었다(Brown & Robertson, 2007). 문제는 절차적기억과 서술적기억이 두뇌에서 저장되는 기전이 다르고 더군다나 서로가 각자의 생성을 방해할 수 있는 상호작용을 할 수 있다는 연구결과 까지도 보고되고 있는 시점에서(Cohen & Robertson, 2011) 운동행동 분야에서 연구되고 있는 학습 과제 패러다임에 대한 재고가 필요한 상황이다.

본 연구는 운동행동 분야에서 적용 가능한 SRTT 과제학습 및 기억에 대한 과거 인지심리학자들의 연구결과를 바탕으로 주로 한 가지 이상의 상충되는 기술을 주어진 연습 시간 내에 학습하는 스포츠 현장의 특수성에 주목을 했다. 두 가지 장기기억간이 서로 상호작용을 하는 데에 있어서 큰 영향을 미치는 것이 유사 2차

관제의 소개이다. 즉 테니스 서브를 배운 후 유사한 성격의 스매시를 배우는 경우 스매시 기술에 관한 서술적기억(지식)이 이전의 서브 운동기술의 기억 형성에 영향을 줄 수 있다는 것과 같은 운동학습 중 형성되는 기억의 다양성을 고려한 연구적 관심이 희박했던 점을 인지하고(Chaoyi, Buchanan, & Wright, 2011) 이를 연구 주제로 계획했다.

연구결과 초기의 연습 단계에서 학습된 1차 과제 학습 정도는 잇따라 소개되는 2차 과제 학습의 기초선 측정의 의미를 가지고 있었다. 따라서 (당연하게도) 실험집단과 통제집단은 차이가 없는 학습 형태를 보였다. 2차 과제는 피험자가 수행하는 과제 순서에 대한 지식을 생성하지 못하도록 통제하려는 목적을 가지고 개발된 SRTT이다. 따라서 이 시점에서 무선적과제를 제공받은 통제집단은 당연히 과제 특성상 서술적 기억과 절차적 기억을 형성하는 데에 실패했다. 반면 순서가 있는 과제를 연습한 실험집단에 소속된 피험자는 연습한 순서를 거의 기억하지 못하여 서술적 기억의 형성이 성공적으로 제지된 반면 이 같은 영향에서 자유로웠던 절차적 기억을 형성하는 데는 성공적이었으며 이 같은 현상은 무선(통제)집단 대비 유의한 반응시간의 감소로 확인할 수 있었다. 따라서 2차 과제 단계에서 처치 효과가 본 연구의 의도와 일치하는 방향으로 나타났음을 알 수 있다.

본 연구에서 가장 중요한 결과는 파지 단계에서 보이는 집단 비교 결과이다. 연구 결과, 초기 연습단계에서 학습한 과제에 대한 절차적 기억량(반응시간 결과)의 경우 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 서술적기억(자유회상 결과)의 경우 2차 과제의 영향으로 추가적인 서술적기억이 형성된 실험 집단의 경우 유의한 감소를 보였다. 이 같은 패턴은 유사한 형태의 선행연구가 없기에 직접적인 비교는 어렵지만 본 연구와 반대되는 즉 2차 과제에서 절차적기억을 억제하고 서술적 기억의 형성을 유도한 Brown과 Robertson(2007)의 연구 결과를 기준으로 본 연구 결과를 예측해 본다면 절차적 기억의 감소 또는 서술적 기억의 증가가 예측될 수 있을 것이다. 이는 한정된 기억 용량 내에서 절차적기억과 서술적기억이 상호작용을 하고 있기에 2차 과제에 관한 서술적기억이 형성됨으로 인해 초기에 형성된 절차적기억이 감소되며 이 같은 경우 총 기억량의 여유분이 생기기에 서술적 기억의 증가 까지도 기대할 수 있다는 내용의 예상이다. 그러나 본 연구의 결과는 이 같은 예상을 충족하지 않았다. 이는 절차적기억과 서술적기억의 상호작용이 선행연구에서 예상한 대로 단순한 상대 비율에 의한 것이 아닐 수 있음을 시사한다.

본 연구에서 제시된 2차 과제는 초기 연습한 과제에 대한 처치의 성격을 지닌

다. 즉 서술적기억 형성이 제한된 상태에서 추가적인 절차적기억이 형성되는 경우 기존의 절차적기억과 경쟁적인 입장을 이루게 되는 것이다. 이때 본 연구에서 사용되는 SRTT와 같은 과제는 '과제의 순서를 암기하시오'라는 연구자의 지시가 없기에 서술적기억 형성에 관한 목표가 제시되지 않았던 반면, '가능한 빠르게 반응하시오'와 같은 절차적 지식 형성에 관련된 목표가 제시된다. 따라서 피험자는 초기 연습 시기에 형성된 절차적 기억을 강하게 선호하게 됨으로 2차 과제에 의한 절차적기억 형성이 끝나는 시점에서도 연습 시기의 절차적기억을 훼손시키지 못하는 인지적 결합(cognitive binding)을 경험하는 것으로 본 연구 결과를 해석할 수 있다(Metcalfe, Cottrell, & Mencl, 1992). 이 같은 절차적기억에 대한 인지적 결합(특히 초기 연습 과제에 대한) 2차 과제 연습이 끝난 시점에서 기억 시스템 내에 2개의 절차적기억이 모두 유의미한 존재감을 가진 채 존재하게 되는 결과를 초래하게 된다. 이는 이 후 12시간 동안의 파지 기간 동안 공고화의 과정을 거치게 되면서 제한된 기억 용량 내에서 초기 연습과제에 대한 서술적기억의 형성에 필요한 자원을 제한하게 되고 결국 파지 검사 시, 초기 연습과제에 대한 절차적기억은 원래의 수준을 유지하지만 서술적기억의 감퇴를 초래함으로써 본 연구와 같은 결과를 초래하게 되는 것으로 사료된다.

앞서 언급한 Brown과 Robertson(2007)의 연구와 같은 맥락으로 Galea 등(2009)의 연구 역시 파지검사 시 서술적기억의 향상은 보고한 바 있지만, 이 선행연구들의 설계가 본 연구와 반대이기에 결과까지도 반대의 특성을 보일 것으로 예측할 수는 없다. 본 연구의 결과는 운동학습과 관련된 장기 기억체계 내에서 절차적기억과 서술적기억의 형성 과정이 역동적으로 상호작용을 하고 있는 것은 분명하지만 절차적기억과 서술적기억의 형성 특성이 동일하지는 않음을 보여준다. 특히 각 기억의 형성이 과제의 특성을 유의미하게 반영하여 움직임에 관련된 행동 지향적 기술 습득이 요구될 경우에는 절차적 지식이 또한 과제를 이해하는데 관련된 목적 지향적 지식 습득이 요구될 경우에는 서술적 지식이 상대적인 중요성을 가지고 공고화 과정에서도 그 중요성이 유지됨을 보여주었다는 점에서 본 연구의 이론적 중요성을 찾을 수 있다.

제6장 결론

본 연구는 운동기술 학습 중 서술기억(declarative memory)과 절차기억(procedural memory)의 상호작용 메커니즘을 분석하기 위해 의도적으로 2차 과제를 소개하고 그로 인한 기억 형성 패턴의 변화를 분석했고 다음과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 순차적 반응 시간과제(SRTT) 학습 후 2차적으로 제시된 절차지식 구성 과제는 일차적 SRTT에 대한 절차기억 형성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 초기 연습단계에서 학습한 과제에 대한 절차적 기억량(반응시간 결과)의 경우 파지검사 시 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

둘째, 순차적 반응 시간과제(SRTT) 학습 후 2차적으로 제시된 절차지식 구성 과제는 일차적 SRTT에 대한 서술기억 형성에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 서술적기억(자유회상 결과)의 경우 2차 과제의 영향으로 추가적인 서술적기억이 형성된 실험 집단의 경우 유의한 감소를 보였다.

이 같은 연구결과는 서론에서 제시된 선행연구의 결과들에 의한 가설을 지지하기 보다는 이 두 가지 기억시스템의 상호작용이 좀 더 복잡한 특성을 가짐을 보여준다. 이 같은 특성은 피험자가 초기 연습 시기에 형성된 절차적 기억을 강하게 선호하게 됨으로 2차 과제에 의한 절차적 기억 형성이 끝나는 시점에서도 연습 시기의 절차적 기억을 훼손시키지 못하는 인지적 결합(cognitive binding)으로 해석되었다.

체육학 혹은 운동행동 분야에서 기존의 연구들은 기억의 처리에 관한 이론의 경우 대부분 심리학에서 통용되는 기억의 구분 방법을 이용해 왔다. 본 연구에서는 그 기본적 개념의 틀은 유지하지만 움직임 기술 습득이라는 학문적 독자성을 가지고 이를 반영하는 특정적인 주제를 연구하는 경우, 해당 과제에 대한 이해와 상대적 가치를 고려한 기억 저장 기전에 관한 모델 역시 필요함을 제시한다. 절차적기억과 상대적 기억이 상호 공존하고 있는 현장의 과제를 학습함에 있어 이 두 가지 요소에 대한 상대적 중요성을 크게 중요시하지 않거나 분리해서 접근하는 경향을 가진 일반 심리학의 관점과는 차이가 있는, 특히 흔히 '몸으로 익힌다'고 운동 학습

과 관련해서 표현되고 있는 절차적기억의 중요성을 충분하게 포함할 수 있는 독자적인 연구가 계속적으로 시도되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

김선진. (2002). 운동학습과 제어. 서울: 대한미디어.

박태진. (2002). 인간 기억의 암묵적 인출과 외현적 인출의 인지신경심리학. 한국심리학회지: 실험, 14, 4, 267-290.

박희경. (1999). 외현기억과 암묵기억: 구조인가 처리인가? 한국심리학회지: 일반, 18, 65-85.

Aglioti S. A., Cesari P., Romani M. & Urgesi C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. Nature Neuroscience, 11, 1109-1116.

Anderson J. R. (1976). Language, Memory and thought. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Baddeley A. D. (1995). "The psychology of memory." In Baddeley, AD, Wilson.

Baddeley A. (1996). Proceedings of National Academy of Science U S A. 1996 Nov 26;93(24):13468-72.

BA & Watts FN (Eds.), Handbook of Memory Disorders. New York, NY: John
Baraduc P., Lang N., Rothwell J., & Wolpert D. (2004). Consolidation of dynamic motor learning is not disrupted by rTMS of primary motor cortex. Curr Biol. 14:252 - 256.

Brashers-Krug T., Shadmehr R., & Bizzi E. (1996). Consolidation in human motor memory. Nature 382:252.

Braun A. R., Balkin T. J., Wesenten N. J., Carson R. E., & Varga M. (1997). Regional cerebral blood flow throughout the sleep-wake cycle. An H2(15)O PET study. Brain. 120(Pt 7):1173 - 1197.

Brown R. M,. & Robertson E. M. (2007a). Inducing motor skill improvements with a declarative task. Nat Neurosci. 10:148 - 149.

Brown R. M., & Robertson E. M. (2007b). Off-line processing: Reciprocal interactions between declarative and procedural memories. J Neurosci. 27:10468 - 10475

Chaoyi W., Buchanan J. J., & Wright D. L. (2011). Effect of sleep on the memory consolidation of a 1:2 pattern bnimanual coordination task. Journal of Sport and Exercise Psychology, 33(s), 120.

Cohen D. A., Pascual-Leone A., Press D. Z., & Robertson E. M. (2005). Off-line learning of motor skill memory: A double dissociation of goal and movement. Proc Natl Acad Sci U S A. pp. 18237 - 18241.

Cohen D. A., & Robertson E. M. (2007). Motor sequence consolidation: Constrained by critical time windows or competing components. Exp Brain Res. 177:440 - 446.

Cohen N. J., & Squire L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern analyzing skill in amnesia: dissociation of knowing how and knowing that. Science 210: 207-209.

Corkin S., Amaral D., Gonzalez A., Johnson K., & Hyman B. (1997). H.M.'s medial temporal lobe lesion: findings from magnetic resonance imaging. Journal of Neuroscience, 17, 3964-3979.

Crick F., & Mitchison G. (1983). The function of dream sleep. Nature. 304:111 - 114.

Curran T. (1997). Higher order associative learning in amnesia: evidence from the serial reaction time task. J Cogn Neurosci 9:522 - 533.

Dennis N. A., Howard J. H. Jr., & Howard D. V. (2006). Implicit sequence learning without motor sequencing in young and old adults. Exp Brain Res 175:153 - 164.

Dillon D. G. (2007). Dissociable effects of conscious emotion regulation strategies on explicit and implicit memory. Emotion 7: 354 - 365.

Drosopoulos S., Schulze C., Fischer S., & Born J. (2007). Sleep's function in the spontaneous recovery and consolidation of memories. J Exp Psychol Gen. 136:169 - 183.

Ellenbogen J. M., Hulbert J. C., Stickgold R., Dinges D. F., & Thompson-Schill S. L. (2006). Interfering with theories of sleep and memory: Sleep, declarative memory, and associative interference. Curr Biol. 16:1290 - 1294.

Fischer S., Drosopoulos S., Tsen J., & Born J.. (2006). Implicit learning—Explicit knowing: A role for sleep in memory system interaction. J Cogn Neurosci. 2006;18:311 - 319.

Fischer S., Hallschmid M., Elsner A. L., & Born J. (2002). Sleep forms memory for finger skills. Proc Natl Acad Sci U S A. 99:11987 - 11991.

Fischer S., Nitschke M. F., Melchert U. H., Erdmann C., & Born J. (2005). Motor memory consolidation in sleep shapes more effective neuronal representations. J Neurosci. 25:11248 - 11255.

Gabrieli J. D., Brewer J. B., Desmond J. E., & Glover G. H. Science. (1997). Apr 11;276(5310):264-6.

Galea J. M., Albert N. B., Ditye T., Miall R. C. (2010). Journal of Cognitive Neuroscience. 2010 Jun;22(6):1158-64.

Gazzaniga M. S., Ivry R. B., & Mangun G. R. (2008). Cognitive Neuroscience: The BIology of the Mind. (3rd Ed.). W. W. Norton & Company, NY.

Godeo W. C. (1989). Learning and memory. Pacific Grove, CA: Brooks. Cole.

Grafton S. T., Hazeltine E., & Ivry R. B. (1998). Abstract and effector-specific representations of motor sequences identified with PET. J Neurosci. 18:9420 - 9428.

Habib R., Nyberg L., & Tulving E. (2003). Hemispheric asymmetries of memory: The HERA model revisited. Trends Cogn Sci. 7:241 - 245.

Hannula D. E., Simons D. J., & Cohen N. J.. (2005). Imaging implicit perception: promise and pitfalls. Nat Rev Neurosci 6:247 - 255.

Hauptmann B., Reinhart E., Brandt S. A., & Karni A. (2005). The predictive value of the leveling off of within session performance for procedural memory consolidation. Brain Res Cogn Brain Res. 24:181 - 189.

Hebb D. O. (1949). Organization of Behavior. New York, NY: Wiley.

Heindel W. C., Butters N., & Salmon D. P. (1988). Impaired learning of a motor skill In patients with Huntington''s disease. Behav Neurosci 102: 141 - 147.

Hikosaka O., Nakahara H., Rand M. K., Sakai K., & Lu X.. (1999). Parallel neural networks for learning sequential procedures. Trends Neurosci. 22:464 - 471.

Hikosaka O., Rand M. K., Nakamura K., Miyachi S., Kitaguchi K., Sakai K., Lu X., & Shimo Y. (2002). Experimental Brain Research. 2002 Dec;147(4):494-504.

Huber R., Ghilardi M. F., Massimini M., & Tononi G. (2004). Local sleep and learning. Nature. 430:78.

Isomura Y., Sirota A., Ozen S., Montgomery S., & Mizuseki K. (2006). Integration and segregation of activity in entorhinal-hippocampal subregions by neocortical slow oscillations. Neuron. 52:871 - 882.

Jacoby L. L., & Dallas M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. J. Exp. Psychol. Gen. 110: 306 - 340.

Keele S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. Psychological Bullutine, 70, 387-403.

Kuriyama K., Stickgold R., & Walker M. P. (2004). Sleep-dependent learning and motor-skill complexity. Learn Mem. 11:705 - 713.

Lahl O., Wispel C., Willigens B., & Pietrowsky R. (2008). An ultra short episode of sleep is sufficient to promote declarative memory performance. J Sleep Res. 17:3 - 10.

Lieberman M. D. (2000). Intuition: A social cognitive neuroscience approach. Psychol Bull. 126:109 - 137.

Magil R. A. (2011). Motor learning and control (9th Ed.). MeGraw-Hill.

International.

Maquet P., Schwartz S., Passingham R., & Frith C. (2003). Sleep-related consolidation of a visuomotor skill: Brain mechanisms as assessed by functional magnetic resonance imaging. J Neurosci. 23:1432 - 1440.

Maquet P. (2001). The role of sleep in learning and memory. Science. 294:1048 - 1052.

Massimini M., Ferrarelli .F, Esser S. K., Riedner B. A., & Huber R. (2007). Triggering sleep slow waves by transcranial magnetic stimulation. Proc Natl Acad Sci U S A. 104:8496 - 8501.

Massimini M., Ferrarelli F., Huber R., Esser S. K., & Singh H. (2005). Breakdown of cortical effective connectivity during sleep. Science. 309:2228 - 2232.

McGaugh J. L. (2000). Memory－A century of consolidation. Science. 287:248 - 251.

Metcalfe J., Cottrell G. W., & Mencl W. E. (1992). Cognitive Binding: A computational modelling analysis of a distinction between implicit and explicit memory, Journal of Cognitive Neuroscience, 4(3), 289-298.

Milner B. (1962). Les troubles de la memoire accompagnant des lesions hippocampiques bilaterales. In: Physiologie de l''Hippocampe, edited by P. Passouant. Paris, France: Centre National de la Recherche Scientifique, p. 257 - 272.

Morgan S. Z., & Squire L. R. (1993). "Neuroanatomy of memory." Annual Review of Neuroscience, 16, 547-563.

Muellbacher W., Ziemann U., Wissel J., Dang N., & Kofler M. (2002). Early consolidation in human primary motor cortex. Nature. 2002;415:640 - 644.

Nissen M. J., & Bullemer P. (1987). Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. Cogn Psychol 19: 1 - 32.

Peigneux P., Orban P., Balteau E., Degueldre C., & Luxen A. (2006). Offline persistence of memory-related cerebral activity during active wakefulness. PLoS Biol. 4(4):e100. doi:

Persaud N., McLeod P., & Cowey A. (2007). Post-decision wagering objectively measures awareness. Nat Neurosci 10:257 - 261.

Plihal W., & Born J. (1997). Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. J Cogn Neurosci. 9:534 - 547.

Ramponi C., Handelsman G., & Barnard P. J. (2010). The memory enhancement effect of emotion is absent in conceptual implicit memory. Emotion 10: 294 - 299.

Reber P. J., & Squire L. R. (1994). Parallel brain systems for learning with and without awareness. Learn Mem 1:217 - 229.

Robertson E. M. (2004). Current Biology. 2004 Dec 29;14(24):R1061-3.

Robertson E. M. (2009). PLoS Biology. 2009 Jan 27;7(1):e19.

Robertson E. M., & Cohen D. A. (2006). Understanding consolidation through the architecture of memories. Neuroscientist. 2006;12:261 - 271. doi: 10.1177/1073858406287935.

Robertson E. M., Pascual-Leone A., & Miall R. (2004). Current concepts in procedural consolidation. Nat Rev Neurosci. 5:576 - 582.

Robertson E. M., Pascual-Leone A., & Press D. Z. (2004). Awareness modifies the skill-learning benefits of sleep. Curr Biol 14: 208-212.

Robertson E. M., Theoret H., & Pascual-Leone A. (2003). Studies in cognition: The problems solved and created by transcranial magnetic stimulation. J Cogn Neurosci. 15:948 - 960.

Robertson E. M., Tormos J. M., Maeda F., & Pascual-Leone A. (2001). The role of the dorsolateral prefrontal cortex during sequence learning is specific for spatial information. Cereb Cortex 11:628 - 635.

Roediger H. L., & McDermott K. B. (1993). Implicit memory in normal human subjects. In Handbook of Neuropsychology, Vol. 8. F.Boller & J.Grafman, Eds.: 63 - 131. Elsevier. Amsterdam .

Schacter D., & Tulving E. (1994). What are memory systems of 1994? In D. Schacter & E. Tulving (Eds.), Memory systems 1994, (pp.1-38). Cambridge: MIT Press.

Schmidt R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. Psychological Review, 82, 225-260.

Schmidt R. A., & Wrisberg C. A. (2008). Motor learning and performance: a situation based learning approach (4th Ed.). Human Kinetics. IL.

Spencer R. M., Sunm M., & Ivry R. B. (2006). Sleep-dependent consolidation of contextual learning. Curr Biol 16: 1001-1005.

Squire L. R. (1987). Memory and Brain. New York: Oxford University Press.

Squire L. R., & Knowlton B. J. (1995). Memory, Hippocampus and brain systems. In M. Gazzaniga(Ed.), The cognitive neurosciences(pp. 825-837).

Squire L. R., Knowlton B. J., & Musen G. (1993). The structure and organization of menory. Annual Review of Psychology, 44, 453-496.

Tononi G., Massimini M., & Riedner B. A. (2006). Sleepy dialogues between cortex and hippocampus: Who talks to whom. Neuron. 52:748 - 749

Tulving E.. & Craik F. I. M. (2000). The Oxford Handbook of Memory, Oxford University Press, NY.

Wagner U., Gais S., Haider H., Verleger R., & Born J. (2004). Sleep inspires insight. Nature.427:352 - 355.

Walker M. P., Brakefield T., Hobson J. A., & Stickgold R. (2003). Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. Nature 425:616-620.

Walker M. P., Brakefield T., Morgan A., Hobson J. A., & Stickgold R. (2002). Practice with sleep makes perfect: Sleep-dependent motor skill learning. Neuron 35: 205-211.

Walker M. P., Stickgold R., Alsop D., Gaab N., & Schlaug G. (2005). Sleep-dependent motor memory plasticity in the human brain. Neuroscience. 133:911 - 917.

Walker M. P., & Stickgold R. (2004). Sleep-dependent learning and memory consolidation. Neuron. 44:1231-133.

Walker M. P. (2005). A refined model of sleep and the time course of memory formation. Behav Brain Sci. 28:51 - 64. discussion 64 - 104.

Willingham D. B. (1997). Systems of memory in the human brain. Neuron 18:5-8.

Willingham D. B., & Goedert-Eschmann K. (1999). The relation between implicit and explicit learning: evidence for parallel development. Psychol Sci 10:531 - 534.

Wixted J. T. (2004). The psychology and neuroscience of forgetting. Annu. Rev, 55, 235-269.