

집중력 회복을 위한 감각 모달리티 별 피드백에 대한 연구

A research on feedback effect according to different sensory modality for attention recovery

현혜정, Hyejung Hyun*, 황민철, Mincheol Whang**, 박준석, Junseok Park***
이운정, Yoonjoung Lee****, 김영주 Youngjoo Kim****, 김종화 Jonghwa Kim****,
*상명대학교 뇌정보통신연구소, **상명대학교 디지털미디어학부,
ETRI 차세대PC그룹, *상명대학원 컴퓨터학과

요약 한정된 주의력 자원을 회복 시키기 위한 방법 중 피드백이 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 피드백의 구체적 내용에 대한 집중력 회복의 연구는 미미하다. 본 연구는 집중력을 회복할 수 있는 감각적 자극 중 정서적 피드백 간의 효과 차이를 분석 하였다. 집중력을 평가하기 위한 온라인 실험 시스템을 구축하고 시각, 청각, 촉각 피드백 자극을 제시하여 각각의 감각자극과 집중력 회복의 효과를 분석 하였다. 실험 참여자의 감각 피드백의 선호도에 따른 영향 요인을 알아보기 위하여 실험 후 주관적 설문을 실시하였다. 감각 피드백을 6 명의 대학생에게 일주일에 걸쳐 반복적으로 약 200 개의 자극을 제시하고 5 회 이상 실험을 통하여 얻어진 30 회 결과를 분석하였다. 결과적으로 피드백 별 수행 수준에서는 청각, 촉각, 시각 순으로 효과가 높았으며, 반응 시간에서는 촉각, 청각, 시각 순으로 효과적으로 나타났다.

핵심어: 모달리티, 피드백, 집중력

1. 서론

인간의 집중력은 제한적이다. 집중력은 심리적 또는 생리적 단서를 통해서 효과적으로 집중력 회복을 얻을 수 있다고 보고 되고 있다. 주의를 모을 수 있는 성공적인 방법 중 하나는 집중력 회복의 단서를 사용하는 것이다. 집중력 회복 단서는 언어적, 시각적, 신체적 형태를 갖는다[1]. 본 연구에서는 이러한 결정적인 단서로서 생리적 정서적 피드백 요소인 청각과 촉각, 인지적 피드백 요소인[2] 시각적 정보를 제시하고 각 모달리티 피드백 변화에 따른 집중력 회복 경향을 분석하였다.

1.1 집중력과 수행수준

집중력(attention)은 동기(motivation)와 함께 수행(performance)과 밀접한 관계를 가진 심리적 요인이며, 학습과 정보처리에 있어 가장 중요한 인지적 능력으로 간주된다[3]. Solso는 주의를 지각하고 느낄 수 있는 사건에 심리적으로 집중하는 과정이라고 정의했다[4]. 또한 LaBerge에 의하면 집중력은 경계(alertness), 각성(arousal), 지속적 주의(sustained attention), 선택적 주의(selective attention), 자원 및 처리능력(resource, capacity)라는 의미를 포괄하고 있으며, 이 기능들이 서로 유기적으로 연결되어 과제수행의

핵심요소로 기능한다고 설명한다[5]. 집중력은 인간의 작업 수행과 상관성이 있는 각성상태라고 보고되고 있다. 주의력은 과제수행을 향상시키고 실수를 감소시키려는 목적으로 주의를 향상시키려는 시도가 있어왔다. 주의력과 수행에 미치는 영향은 역 U자로 설명한다[6].

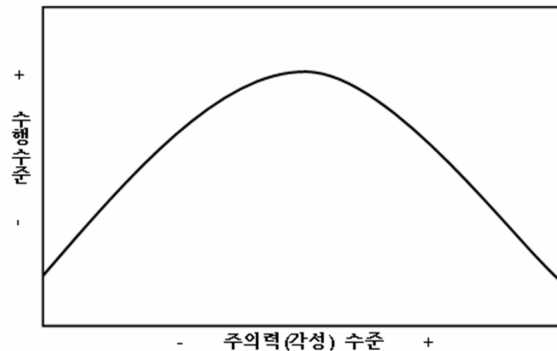


그림 1. 집중력과 수행수준에 대한 Yerkes-Dodson의 역U자 함수 모형

작업수행의 최적의 각성수준이 있으며 이것은 지나치지도 모자라지 않은 각성의 영역이다. 그러나 이 역U자는 복잡한 과제인 경우에는 각성수준이 낮을수록 수행효율이 높고 단순

반복적인 과제에서는 각성수준을 높이는 것이 더 효과적이라는 수정이 첨부되었다[6]. 상당히 단순한 모형이지만 이에 근거하여 바이오피드백을 통해서 수행에 적절한 각성수준을 유지하려는 시도들이 계속되었다.

1.2 집중력 생리 모델

최근 들어 주의력이 수행에 이르는 단계를 보다 정교하게 설명한 모형도 제시되었다. Barks 와 Boucsein(2000)은 각성과 수행에 관해 3단계의 각성 모형을 제시했다[2]. 이들에 따르면 각성은 먼저 정서적 수준(Affective arousal)에서 일어난다. 이때는 뇌의 편도체가 주로 관여하며 그 결과 생리적으로는 심장박동수가 빨라진다. 일종의 신체적 흥분상태라고 할 수 있다. 두 번째 단계에서 각성은 노력으로 전환된다. 이는 주로 뇌의 해마가 관여하는 과정이며 전 단계에서의 정서적 각성이 인지적 수준으로 전환되는 단계이다. 따라서 뇌파에서 알파파가 줄어드는 등 활동적인 상태로 변화한다. 마지막은 활동 준비상태이다. 이는 편도체가 주로 관여하는 특정한 활동에 참여할 신체적인 준비가 완료된 상태이다. 생리적 모델을 보면 교감과 부교감이 엇갈려 각성을 보여 주고 있다. 각성은 자극 종류에 따라 다른 생리적 반응을 보이고 있다. 정서적 각성을 감각적 반응에 의한 각성이라고 한다면 노력과 준비활성화는 인지적 각성이라고 볼 수 있다. 그러므로 정서적 수준의 각성은 인지적 자극보다는 감각적 자극에 의해 유도되어 각성에 의한 작업수행의 노력이 2차적 각성이라고 가정할 수 있다. 그러므로 본 연구는 피드백에 의한 각성 상태를 유발하여 감각적 피드백과 인지적 피드백의 경우 각성 수준 차이를 보고자 하였다.

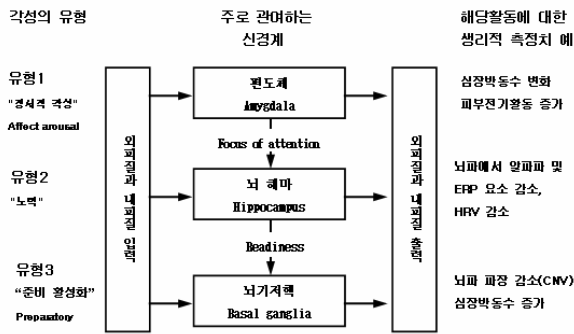


그림 2. 주의력(각성)에 대한 3단계 모형[5]

1.3 집중력 진단 모델

본 연구에서는 집중력의 임상적 진단과 치료 효과의 평가에 많이 이용되고 있는 연속수행검사(Continuous Performance Test)를 통한 집중력 진단 모델을 채택하였다. 연속수행검사는 집중력의 영역 중에서 특히 주의 계속성, 경계유지, 주의 산만성을 평가하는데 유용하며, 표적 자극에 만 반응을 해야 하므로 선택적 주의력도 평가할 수 있다[7]. 이러한 연속수행검사는 표본자극에 대한 오답반응, 반응누락, 정답반응을 평가할 수 있도록 구성되어 있다. 오답반응은 비표본 자극에 실험자가 응답할 경우를 말하고 반응누락은 실험자가 표본 자극에 반응하지 않았을 경우를 의미한다. 이러한 반응 유형 평가를 통해서 집중력 효과를 다각적으로 살펴

볼 수 있다.

Okamura(1998)는 Tapping, Stroking, Puncturing 등 다양한 작업에서 사실적인 진동 촉감을 제시하기 위해 Vibration feedback model을 만든다. 이 모델은 각 물체에 따라 서로 다른 주기를 가지며, 각 주기마다 진폭이 시각에 따라 기하급수적으로 감소하는 형태를 띤다. 따라서, 각 물체에 따라 변수 값이 달라지므로 Vibration feedback model을 통해 생성되는 진동 패턴의 형태 또한 달라지게 된다.

Sensory modality에 관한 연구는 단 하나의 모달리티에 집중하여 연구되어 왔다. 즉, 시각, 청각, 촉각을 분리하여 각각에 따라 달리 연구하였다. 또한, 각각의 모달리티에 대한 입력 값에 대해 뇌에서 서로 다르게 처리하는 것으로 익히 알려져 왔다. 하지만, 우리의 생활은 각각의 Sensory Modality를 분리하여 생각할 수가 없다. 우리가 외부환경을 인식하기 위해서는 하나의 모달리티에 의존하지 않지 않고, 모든 모달리티를 동원하여 외부환경을 인식한다.

2. 방법

아래의 표 1은 선행 연구[8]에 의해 다음과 같이 감각 피드백 모달리티가 전체적으로 수행 수준이 높음을 알 수 있다. 3가지 피드백 조건에 따라서 피험자들의 주의력 검사 수행수준에 차이가 나타났다. 피드백을 받지 못한 조건에서 오답이 가장 높았으며, 감각적 피드백을 받은 조건에서 가장 오답율이 낮았고 그 다음으로 피드백이 통제된 조건, 인지적 피드백 조건의 순서로 높았다. 그러나 반응누락 횟수는 감각적 피드백 조건이 나머지 조건에 비해서 더 높았으며 인지적 피드백 조건에서 가장 낮았다. 작업수행의 정확도뿐만 아니라 작업 수행의 효율성도 감각적 피드백이 우수할 수 있음을 시사하고 있다. 그러므로 인간의 오감을 통한 감각적 피드백은 인간의 각성 수준을 향상 시키고 정확하고 효율적인 작업 수행을 기대할 수 있다. 즉 인지적 모달리티 보다는 감각적 모달리티가 집중력에 효과가 있음을 나타내고 있다. 이러한 결과를 토대로 본 연구는 감각적 모달리티를 조금 청각, 촉각 피드백으로 나누어서 각각의 효과를 알아 보고자 하였다.

표 1. 피드백 모달리티에 따른 수행 수준 결과[8]

	피드백 조건			전체
	통제	인지	감각	
오답	20	15	5	40
	13.90%	12.10%	2.90%	9.10%
반응 유형	13	9	19	41
	9.00%	7.30%	11.20%	9.40%
정답	111	100	146	357
	77.10%	80.60%	85.90%	81.50%
전체	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

한정된 주의력 자원을 회복 시키기 위한 방법 중 피드백이 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 피드백의 구체적 내용에 대한 집중력 회복의 연구는 미미하다. 본 연구는 집중력을 회복할 수 있는 감각적 자극 중 정서적 피드백간의 효과 차이를 분석 하였다.

본 연구는 집중력 진단을 통해 정서적 각성 피드백중 인지적 피드백이 효과적이라는 사전 실험결과(표 1) 바탕으로 정서적 피드백인 청각, 촉각 피드백 효과에 대한 명확한 규명을 위하여 응답속도를 측정하였고, 이러한 반응이 실험자의 감각 피드백의 선호에 따른 영양 관계가 있는지를 확인하기 위한 주관적 설문을 실시하였다.

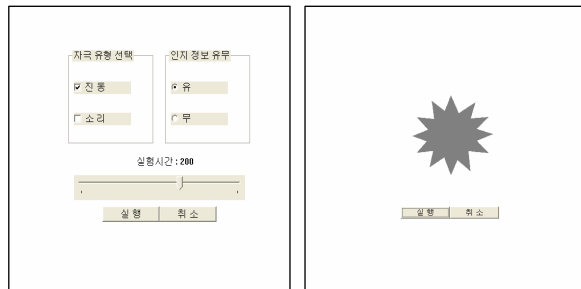


그림 3. 집중력 측정 시스템

집중력을 평가하기 위한 온라인 실험 시스템을 구축하고 시각, 청각, 촉각 피드백 자극을 제시하여 각각의 감각자극과 집중력 회복의 효과를 분석 하였다. 실험 참여자의 감각 피드백의 선호도에 따른 영향 요인을 알아보기 위하여 실험 후 주관적 설문을 실시하였다. 감각 피드백을 6명의 대학원생에게 일주일에 걸쳐 반복적으로 약200개의 자극을 제시하고 5회 이상 실험을 통하여 얻어진 30회 결과를 분석하였다.

2.1 실험 조건

피험자들은 배당된 조건에 따라서 검사 화면에 맞춘 개수가 표시되거나(인지적 피드백 조건), 오답 반응을 했을 때 자동적으로 마우스의 진동과 소리를 듣는 조건(감각적 피드백 조건), 그리고 수행에 대한 어떤 외부적 피드백도 받지 못하는 조건(피드백 통제 조건)으로 구분하였다. 각 조건마다 검사는 200초간 실시하였다. 피검사자의 응답속도(reaction time), 정답과 오답 그리고 반응누락(맞는 자극이 나왔을 때 반응을 하지 못한 경우)가 매 회기마다 기록되었다. 각 조건별로 각각 200여 회의 시행을 했으며 동일한 피험자에게 네 조건을 모두 실험해야 했으므로, 각 피드백 조건에 할당할 때 counter balancing 절차를 적용하여 조건의 제시 순서로 인한 편파를 최소화 했다.

그림 4 은 집중력 진단 프로그램 실행 화면이며 인지자극이 주어진 경우와 인지자극이 주어지지 않은 경우의 화면을 나타내고 있다. 실험은 그림 5와 같이 4가지의 자극 중 첫 번째 그림을 표적 자극으로 화면에 보여주고 표적자극과 비표적자극을 랜덤하게 섞어서 제시하여 표적자극이 나타났을 때 마우스 입력을 통한 정오답 반응, 반응누락, 정답 반응 시간을 측정하도록 되어 있다.



그림 4. 집중력 시스템 실행 화면

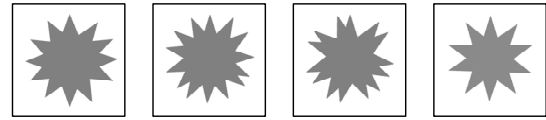


그림 5. 집중력 자극 유형

표 2은 집중력 실험 결과물로서 자극 제시 시간 및 제시된 자극의 유형, 반응시간, 반응결과로 구성되어있다.

진단시간은 자극이 제시된 시간을 말하며, 자극 유형은 그림 5에서 볼 수 있듯이 왼쪽은 표적 자극, 다음 비표적자극1, 비표적자극2, 비표적자극3을 의미한다. 반응시간은 마우스 클릭 반응 시간을 나타내고 있다. 반응결과:+는 정답반응을 반응결과:無는 반응누락을 반응결과:-는 오답 반응을 나타내고 있으며, 정답 반응 속도는 제시된 자극의 진단시간을 정답 반응 속도에서 뺀 값을 의미한다.

표 2. 집중력 실험 결과

주의력 실험				
진단시간	자극유형	반응시간	반응결과	
17:00:28	22 비표적자극1			
17:00:30	41 비표적자극1			
17:00:32	60 표적자극	17:00:33	72	반응결과:+
17:00:34	78 표적자극	17:00:36	97	반응결과:無
17:00:36	97 표적자극	17:00:38	115	반응결과:無
17:00:38	115 표적자극	17:00:40	133	반응결과:無
17:00:40	133 비표적자극2			
17:00:42	152 비표적자극2			
17:00:44	170 비표적자극2			
17:00:46	189 표적자극	17:00:47	195	반응결과:+
17:00:48	208 비표적자극1			
17:00:50	226 비표적자극2			
17:00:52	245 비표적자극3	17:00:53	251	반응결과:-

2.2 실험 절차

본 연구의 실험절차가 그림 4에 나타나 있다. 실험에 앞서, 실험의 목적과 수행하게 될 작업에 대한 충분한 설명을 하였다. 설명 시간은 약 10분 정도 소요되었으며, 이 시간을 이용하여 진동 피드백 시스템을 부착하고 안정화시켰다. 실험 시스템에서 그림 3과 같이 피드백을 진동, 소리, 인지 유무를 선택하고 1회 실험 시간을 설정한다. Training 시점에서는 60 초간 3회 실험을 실시하고 본 실험에서는 200초간 실험을 실시했다. 최종 실험이 완료된 후 참여자의 감각 피드백의 선호도를 질문하여 사용자의 주관적 선호도 및 실험에 영향을 미칠 수 있는 변인에 대한 검증을 실시하였다. 본 연구에서는 참여자의 남녀 차이와 피드백 제시 순서, 선호도와 피드백 효과와의 영향 관계를 분석하여 피드백 효과를 검증하고자 하였다.

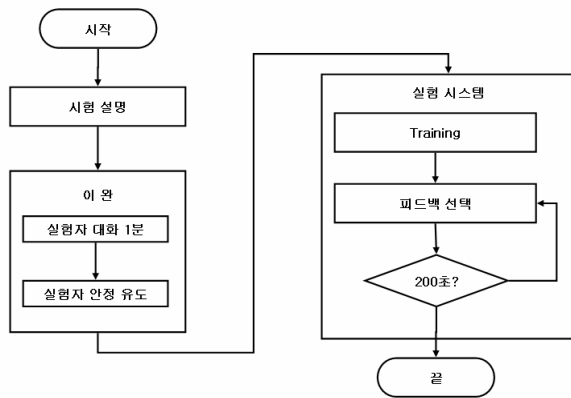


그림 6. 실험절차

3. 결과

3.1 집중력 피드백의 선호도

집중력 피드백에 대한 선호도는 실험이 완료한 후 실험에게 집중력 피드백에 효과적으로 생각되는 피드백을 순서대로 말하게 하여 우선 순위간 가장 높은 피드백을 4점을 주고 나머지는 3점, 2점, 1점 순으로 점수화하였다. 환산된 값으로 얻어진 집중력 피드백의 선호도 결과를 살펴보면 표1과 같이 청각과 촉각 동일한 선호도를 가지고 있으며 시각, 자극무 순으로 나타내고 있다.

표 3. 집중력 피드백 선호도 평균

	최소	최대	평균	표준편차
청각	2	4	3.17	.690
촉각	2	4	3.17	.690
시각	1	4	2.33	1.252
자극무	1	2	1.33	.473

집중력 피드백 선호도와 반응유형별 상관관계를 분석한 결과 표2와 같이 피드백의 선호도와 반응유형과의 상관을 파악하기 어려우며 피드백 자극이 없을 경우 오답 반응이 약한 (-)상관을 보임을 알 수 있다. 즉 자극무(아무런 피드백이 제

공되지 않을 경우)에는 그렇지 않은 경우에 비하여 약간의 오답반응이 낮아진 것을 알 수 있으며 또한 점수도 함께 높아지고 있음을 확인할 수 있다. 나머지 청각, 촉각, 시각의 경우는 실험자의 주관적 피드백 선호도와 반응과의 상관관계를 알 수 없었다. 추후 연구에는 이러한 상관관계가 무관한지 유관한지를 명확히 함으로써 집중력 회복과 피드백의 효과를 규명할 수 있다.

표 4. 피드백 선호도와 반응유형의 상관

피드백선호도	반응유형				
	정답	오답	반응 누락	점수	
청각	Pearson 상관계수	.005	-.17	-.01	.01
	유의확률(양쪽)	.963	.09	.89	.34
N	96	96	96	96	
촉각	Pearson 상관계수	.058	.004	-.05	.04
	유의확률(양쪽)	.57	.96	.63	.72
N	96	96	96	96	
시각	Pearson 상관계수	-.08	.19	.08	-.16
	유의확률(양쪽)	.45	.06	.42	.12
N	96	96	96	96	
자극무	Pearson 상관계수	.129	.268 (**)	-.14	.240 (*)
	유의확률(양쪽)	.211	.09	.18	.02
N	96	96	96	96	

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의

3.2 반응유형과 횟수 및 자극유형

본 연구 실험은 학습효과 및 자극유형과의 상관관계를 확인한 후 집중력 회복 수준을 살펴 보았다. 학습효과는 실험 수행 횟수와 관계를 통해서 나타났다. 다음 표 5의 결과를 살펴보면 반응유형과 횟수 및 자극유형과의 상관을 유의하지 않음을 알 수 있다. 따라서 자극 유형별 기술통계를 통한 결과를 살펴 집중력 회복 수준과 자극유형과 관계를 명확한 관계를 알 수 없었다.

표 5. 반응유형과 횟수 및 자극유형의 상관

수 반응유형	변		
	횟수	자극유형	
정답	Pearson 상관계수	.165	.148
	유의확률(양쪽)	.108	.150
오답	제곱합 및 교차곱	201.46	36.96
	공분산	2.121	.389
N	96	96	

오답	Pearson 상관계수	-.14	-.09
	유의확률 (양쪽)	.16	.36
	제곱합 및 교차곱	-254.396	-34.15
	공분산	-2.678	-.359
	N	96	96
무반응	Pearson 상관계수	-.175	-.144
	유의확률 (양쪽)	.088	.161
	제곱합 및 교차곱	-210.12	-35.49
	공분산	-2.212	-.374
	N	96	96
점수	Pearson 상관계수	.200	.156
	유의확률 (양쪽)	.051	.129
	제곱합 및 교차곱	665.97	106.59
	공분산	7.01	1.12
	N	96	96

3.3. 피드백 조건에 따른 수행수준의 차이

본 실험의 측정 시스템은 정답과 오답을 산출하게 되어 정답일 경우 집중하였다고 판단하는 측정 도구이다. 이를 통한 피드백 modal리티의 변화에 따라 집중력 수준의 차이를 분석하였다. 자극유형별 반응수준을 살펴보기 위하여 정규성 검정을 실시한 결과 유의수준 0.05이하이므로 비정규형자료 분석인 독립 K 표본 검증 방법을 사용하여 분석하였다.

연구가설은 자극유형별 반응 별 집중력 수행 수준은 모두 동일하지 않을 것이다 라고 설정하였다.

$$\text{점수} = \text{정답수} - \text{오답수} - \text{반응누락수} \quad (1)$$

자극유형별 반응수준 중 Kruskal Wallis 검정 유의확률로 기각 가능한 반응유형은 점수의 0.049이며 나머지 정답, 오답, 반응누락은 자극유형에 따른 차이를 확인할 수 없다. 그러나 집중력 회복 수준을 확인할 수 있는 점수항목과 각 자극유형별 차이를 유의하게 볼 수 있다(표 6).

	N	평균순위
점수	무자극	42.29
	시각	44.67
	청각	63.29
	촉각	46.15
	Total	96

분석결과 정답 반응에는 청각, 촉각, 시각, 자극 없음 순으로 나타났고, 오답 반응에는 시각, 자극무, 촉각, 청각 순으로 나타났으며, 반응 누락에는 자극무, 시각, 촉각, 청각 순으로 나타나 결국 청각피드백이 가장 집중력 수행 수준이 높고,

다음으로는 촉각, 시각, 자극 없음 순으로 집중력 수행 수준의 평균적 순위를 나타내고 있다(표 7). 본 연구에서 제시한 결과는 감각적 피드백 중 인지적 각성에 비하여 정서적 각성이 높은 집중력 회복 효과를 가지고 있고 그 중에서 청각이 촉각보다 더 효과적으로 활용될 수 있음을 보여준다.

표 7. 반응유형의 순위

반응유형	자극유형순위
정답	청각 > 촉각 > 시각 > 자극무
오답	청각 < 촉각 < 자극무 < 시각
반응누락	청각 < 촉각 < 시각 < 자극무
점수	청각 > 촉각 > 시각 < 자극무

3.4. 피드백 조건과의 정답반응시간의 차이

본 실험에서 측정된 정답반응시간을 피드백 modal리티 별로 측정하였다. 분석결과 촉각피드백이 가장 집중력 수준이 높고, 다음으로는 촉각, 시각, 자극없음 순으로 집중력 수준의 평균적 순위를 나타내고 있다. 피드백 조건에 따른 반응시간 비율 차이의 통계적 유의도를 Chi square 분석으로 확인한 결과 이 조건들간의 차이는 통계적으로 유의하였다 (표 8: $p < .01$).

표 8. Kruskal-Wallis 검정

피드백조건	N	평균순위
반응시간	무자극	2482.60
	시각	2453.49
	청각	2311.03
	촉각	2305.67
	합계	4769

본 연구에서 제시한 결과는 감각적 피드백 중 인지적 각성에 비하여 정서적 각성이 높은 집중력 회복 효과를 가지고 있고 정답반응시간관점에서 그 중에서 촉각이 청각보다 더 효과적임을 보여준다.

표 8. 검정통계량(a,b)

	반응시간
카이제곱	16.290
자유도	3
근사 유의확률	.001

a Kruskal Wallis 검정
b 집단변수: 자극유형

4 결과

본 연구는 집중력 저하를 측정하는 도구를 이용하여 집중력 측정 시스템과 시각, 청각, 촉각 피드백을 제시할 수 있는 진단 시스템을 개발하고 집중력 향상을 위한 모달리티 변화에 따른 효과를 분석하였다. 본 연구에 사용된 측정 시스템은 정답과 오답을 산출하게 되어 정답일 경우 집중하였다고 판단하는 측정 도구이다. 이를 통한 모달리티가 다른 피드백에 따라 집중력 수준의 차이를 분석하였다. 분석결과 수행수준은 청각피드백이 가장 집중력 수준이 높고, 다음으로는 촉각, 시각, 자극 없음 순으로 집중력 수준의 평균적 순위를 나타내고 있고, 반응시간은 촉각피드백이 가장 집중력 수준이 높고, 다음으로 청각, 시각, 자극 없음 순으로 집중력 수준의 평균적 순위를 보여 주고 있다.

5. 결론 및 논의

본 연구에서 제시한 결과는 감각적 피드백 중 인지적 각성에 비하여 정서적 각성(촉각, 청각)이 높은 집중력 회복 효과를 암시하고 있다. 그러므로 작업수행을 위한 효율적인 집중력 관리는 작업에 관련된 시각적 정보를 제시하는 인지적인 방법 보다는 작업과 관련 없는 감각적 자극 방법이 더 나을 수 있다. 본 연구에서 실험과 영향관계를 가지고 있다고 예상되는 실험자의 주관적 자극유형의 선호도 및 실험자의 학습 정도에 따른 수행 수준을 분석하고자 하였으나 해당 요인이 본 실험에 통계적으로 상관관계여부를 명확히 확지 못한 점을 추후 연구 과제에서 해결함으로써 제시된 자극 피드백 유형에 대한 모달리티별 집중력 회복의 특성을 확보할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정보통신 선도기반기술개발사업에 네트워크 기반 실감형서비스를 위한 오감정보처리기술개발에 지원을 받았다.

참고문헌

- [1] 장덕선, “주의력 조절을 위한 집중훈련”, 스포츠과학 정보, 스포츠과학 제 85 호, pp. 50-55, 2003
- [2] Back, R.W. & Boucsein, W., “Engineering Psychophysiology: Issues and Applications”, Lawrence Erlbaum, 2000
- [3] Rizzo, Buckwalter, Neumann, Kesselman, & Thieboux, (1998). Basic issue in the application of virtual reality for the assessment and rehabilitation of cognitive impairments and functional disabilities. *Cyberpsychology and Behavior*, 1, 59-78.

- [4] Solso, R.L. (1995). *Cognitive psychology*, 4th ed. London: Allyn and Bacon.
- [5] LaBerge, D.L. (1990). Attention. *Psychological Science*, 1, 156-162.
- [6] Robert, M. Yerkes & John D. Dodson(1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Jornal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.
- [7] 신민섭, 조성준, 전선영, 홍강의, “전산화된 주의력장애 진단시스템의 개발 및 표준화 연구”, *소아청소년정신의학*, 11(1), 91-99, 2000
- [8] M.C. Whang, G.Y. Chang, H.J. Hyun, J.Y. Kim, J.W. You, Development the Vibro-Tactile game for enhancing user's attention, IEA 2006 conference, 2006