

주제 탐구 활동 계획서

학번 및 이름	
관련 과목	통합과학(생명과학)
지도 교사	
탐구 주제	뇌파 측정을 통해 본 인간의 심리상태와 외부 자극이 뇌에 미치는 영향
1. 탐구 동기	<p>문채윤: 평소 복잡하고 신비로운 우리 몸에 대해 깊은 호기심이 있었다. 수업시간이나 탐구 활동 시간을 통해 뇌가 우리 생각, 감정, 행동 등 모든 것을 조절한다는 것을 배우면서 눈에 보이지 않는 뇌의 활동을 어떻게 알 수 있을까 궁금증이 커졌다. 그러다 뇌파라는 것을 알게 되었다. 뇌파가 뇌세포의 전기적인 활동을 기록하고, 뇌의 상태에 따라 다양한 패턴을 보인다는 점이 매우 신기하게 느껴졌다. 또한 뇌파 측정이 뇌전증과 같은 특정 질환의 진단에 활용된다는 것을 알게 되었다. 이러한 배경 지식을 바탕으로 뇌파 패턴의 변화를 통해 뇌 질환이나 다른 여러 질환의 가능성을 탐지하거나 이해하는 것이 얼마나 중요한지 깨닫게 되었다. 특히 미래에 간호학을 전공하여 사람들의 건강을 돋고 싶다는 나의 진로와 연결지어 생각했을 때, 뇌 건강과 질환의 관계를 과학적으로 탐구하는 것이 매우 의미 있을 것 같다고 생각했다. 따라서 이번 탐구를 통해 뇌파를 직접 측정해보고 여러 질환들과 연결지어 탐구해 보고자 한다.</p> <p>이지우: 평소 심리학과 철학에 관심이 많아 인간의 심리에 대해 자세히 알아보던 와중 심리학부 대학원에 대해 알게 되었고, 심리학부 교육과정을 통해 알고보니 심리학이 인간의 마음만을 들여다보는 것이 아닌, 뇌과학과 매우 밀접하게 연관되어 있으며 신경과학에도 깊은 연관이 되어있는것이 매우 인상적이였다. 따라서 뇌파에 따라 어떤 자극을 받고 어떤 행동을 하는지 호기심을 느껴 이에 대해 깊게 탐구해보고 직접 실험하며 뇌파검사를 통해 사람마음의 변화를 검증하고 싶었기에 이 주제를 선택했다.</p>
2. 탐구 계획(매우 구체적으로 작성)	
1. 뇌파에 대한 이해도 학습	
1) 뇌파란	
2) 뇌파의 주파수 별 종류	
3) 뇌파 검사의 방법	
2. 뇌파 검사기기를 이용한 실험 설계	
준비물: 뇌파 측정기(가지고 있음), 케이블, 노트북 또는 컴퓨터	
1) 뇌파 검사 기기를 이용한 뇌파 기본 파형 분석 실험	
① 뇌파 측정기를 위해 헤어 밴드를 전극이 두피에 닿도록 한 채 머리에 마다	
② 귀 뒤에 접착 전극을 부착한다	
③ 밴드의 전극에 전도성 젤을 바르고 전극에 집게 전선을 매단다	
④ 뇌파 측정기에 전극성 집게 전선과 뇌파를 보기 위해 노트북을 연결한다	
⑤ 시각적 자극에 의한 뇌파 파형을 분석한다	
- 시각자극의 정서적 유발 변화에 따른 뇌파 파형 변화	

이에 대해 문채윤은

1. 뇌파 검사를 통한 질병 진단 방법 탐구

1) 우울증, 만성피로, 치매 등 진단

2) 뇌파를 이용한 감정 인지 기술

2. 실험 결과에 따른 뇌질환의 특징과 예방 방법 탐구를 집중적으로 활동했고

이지우는

1. 뇌파 분석을 통한 사람의 감정 인식

2. 시각적, 청각적 자극의 뇌파에 대한 자료수집 및 분석, 이해

1) 청각 자극의 유형(음악의 장조, 단조 차이)에 따라 뇌파 변화와 감정 상태에 차이가 있는지 탐구한다.

2) 시각 자극의 유형(자연사진, 벌레사진)에 따라 감정 평가 및 뇌파 활성 패턴은 어떻게 다르게 나타나는지 집중적으로 탐구한다.

주제 탐구 활동 보고서

탐구 주제	뇌파 측정을 통해 본 인간의 심리상태와 외부 자극이 뇌에 미치는 영향		

탐구 내용 및 결과

3. 탐구 결과

1. 뇌파에 대한 이해도 학습

1) 뇌파란

뇌파(Brainwave)는 뇌를 구성하는 수많은 신경세포(뉴런)들이 서로 정보를 주고받는 과정에서 발생하는 이온의 흐름으로 인해 생기는 미세한 전기적 활동의 총합이다. 특히 대뇌피질에 있는 약 100~300개의 피라미드 세포(pyramidal cells)들이 서로 간에 수직으로 연결되어 빠르게 정보를 전달하고, 이 과정에 생기는 시냅스 후막의 이온채널 열리게 된다. 이후 나트륨 이온이 세포 안으로 유입되고, 칼륨 이온은 세포 밖으로 유출되어 세포막의 전위차가 발생한다. 따라서 전압이 생겨 전류가 흐르고, 전류가 전기장을 형성하여 두개골과 두피를 통과하여 외부로 전파되면 두피에 부착된 전극을 통해 감지될 수 있는 파동 형태의 전압 변화를 보이게 되는데, 이것이 바로 뇌파이다.(출처: ETRI 웹진-1.4킬로그램의 신비, 뇌! 뇌파 신호 응용기술)

뇌파는 주파수(Hz, 초당 파동 횟수)와 진폭(μ V, 파동의 크기)으로 특징지어지며, 깨어있는지, 잠들었는지, 집중하는지, 이완되었는지와 같은 뇌의 상태에 따라 그 패턴이 역동적으로 변화한다.

2. 뇌파의 발견과정

뇌파의 존재는 19세기 후반에 처음 알려지기 시작했다.

최초의 뇌파는 1875년 영국의 의사이자 생리학자인 리처드 카톤(Richard Caton)이 검류계를 사용하여 토끼와 원숭이의 뇌 표면에서 전류의 파형을 검출했다. 이후, 1890년 폴란드의 생리학자인 아돌프 백(Adolf Beck)에 의해 동물이 빛에 노출되면 뇌파의 주파수가 변화하는 것이 밝혀져 뇌의 활동과 뇌파에 서로 연관성이 있다는 증거를 얻었다.

사람의 경우는 오스트리아의 한스 베르거(Hans Berger)가 1929년 두개골이 손상된 환자의 두피 아래에 백금전극 2개를 삽입하여 얻은 전위차를 기록한 것이다. 이를 통해 사람의 두피에 전극을 부착하여 비침습적인 방법으로도 뇌파를 얻을 수 있음을 알게되어 최초로 이를 뇌전도(EEG)라고 명명했다.(출처: 카이스트 신문-뇌 속의 비밀을 푸는 열쇠, 뇌파 연구)

3. 뇌파의 종류와 특징

일반적으로 뇌파를 관찰할 때 파워 스펙트럼 분석을 이용한다. 파워 스펙트럼 분석은 주파수 와 진폭에 따라 분류하며, 이를 통해 뇌파의 종류를 관찰할 수 있다.

뇌파는 주파수의 범위에 따라 델타파 ($0.5\sim3\text{ Hz}$), 세타파 ($4\sim7\text{ Hz}$), 알파파 ($8\sim12\text{ Hz}$), 베타파 ($13\sim30\text{ Hz}$) 및 감마파 ($30\sim100\text{Hz}$)로 구분이 가능하다.

(1) 델타파 (Delta Wave)

델타파는 $0.5\sim3\text{Hz}$ 대역의 주파수이다. 즉, 뇌의 활동이 많이 가라앉은 상태로 정상인의 깊은 수면 중이거나 신생아의 경우에 주로 나타난다. 학습장애 아동과 뇌 손상을 입은 성인에게서도 나타난다. 델타파는 깨어 있는 사람의 델타파가 평균 범위보다 많이 나타난다면 대뇌 피질 부위의 악성 종양, 마취 및 혼수 상태 관련 질병일 가능성성이 있다.

(2) 세타파 (Theta Wave)

세타파는 $4\sim7\text{Hz}$ 대역의 주파수이다. 세타파는 수면 또는 정서 안정으로 이어지는 과정에서 관찰되며, 성인보다는 어린이에게 더 많이 관찰 될 수 있다. 따라서 매우 창의적인 생각을 할 때도 나타나고 세타파는 집중력, 기억력, 초능력, 창 의력 및 불안 해소 등 다양한 상태와 관련되어 있어 주의력결핍 증후군에서도 이 대역의 뇌파가 지나치게 높게 나타난다.

(3) 알파파 (Alpha Wave)

알파파는 $8\sim12\text{Hz}$ 대역의 주파수이다. 알파파는 긴장 이완처럼 편안하고 차분한 상태(주로 휴식 중일 때, 명상 상태일 때 많이 나온다.)에서 주로 관찰되며, 편안하고 안정된 상태 일 수록 진폭이 증가한다. 그렇기에 불안하고 스트레스를 느끼는 사람에게서는 이 대역의 뇌파가 감소한다. 특히 눈을 감고 진정한 상태에서는 안정된 알파파가 나타나며, 눈을 뜬 채로 물체를 주시하고 정신적 흥분 상태에서는 알파파는 억제된다. 이러한 현상을 ‘알파 저지’라고 한다. 알파파는 뇌의 발달과 관계가 깊어서, 유아기에는 $4\sim6\text{ Hz}$ 에서 측정되지만, 나이가 들수록 주파수도 증가하여 20세가 넘어가면 성인의 값과 비슷해진다.

(4) 베타파 (Beta Wave)

베타파는 $13\sim30\text{Hz}$ 대역의 주파수이다. 주로 말할 때나 깨어 있을 때와 같이 대부분의 의식적인 활동 시 관찰된다. 긴장, 불안한 상태 및 복잡한 계산 처리 시에 두드러지게 관찰되며 이를 주파수의 고저에 따라 다시 SMR (낮은 베타파), M Beta (중간 베타파), H Beta (높은 베타파)로 세분한다. 낮은 베타파는 소극적 집중 상태와 관련이 깊다. 즉, 음악이나 누가 하는 말을 가만히 듣고 있을 때 많이 나오는 뇌파. 중간 베타파는 적극적 집중 상태와 관련이 깊다. 즉, 말을 하거나 문제를 푸는 등 능동적으로 무엇인가를 하려고 할 때 많이 발생한다. 높은 베타파는 병적인 뇌파로서 걱정이 많거나 심한 스트레스를 받는 등 불안이나 지나친 긴장과 관련이 깊다.

(5) 감마파 (Gamma Wave)

감마파는 $30\sim100\text{Hz}$ 대역의 가장 높은 주파수를 가진다. 감마파는 베타파보다 더 빠르게 진동하는 형태를 보이며, 쉽게 나타나지는 않는다. 집중력이나 기억력과 밀접한 관련이 있고, 정서적으로 더욱 초조하거나 추리, 판단 등의 고도의 인지 정보 처리와 관련이 깊다.

(출처 : 바이오타임즈 / 뇌파 측정을 이용한 뇌전증 진단 및 분석에 관한 고찰-부경대학교 산업대학원)

3) 뇌파 검사 방법

1) 뇌파 검사 방법

뇌파 측정 방법: 뇌전도(EEG)의 원리

뇌전도(EEG: Electro Encephalo Graphy)는 두피에 부착한 전극을 통해 뇌의 전기적 활동을 간접적으로 기록하는 전기생리학적 뇌파 측정 기술이자 검사방법이다. 즉 두뇌 내부에서 발생하는 전기적 활성 정보를 전기장(Electric field)을 통해 간접적으로 측정하고 실시간으로 기록하는 것을 의미한다.(출처: ETRI 웹진-1.4킬로그램의 신비, 뇌! 뇌파 신호 응용기술)

전극을 이용한 두피 표면의 전위차 측정

전극 부착: 뇌파 측정을 위해 특수 제작된 전극들을 두피에 부착한다. 전극은 뇌에서 발생하는 미세한 전기 신호를 감지하는 센서 역할을 한다. 느린 전압 변화도 정확히 측정할 수 있기 때문에 일반적으로 Ag-AgCl(염화은) 디스크 전극이 주로 사용된다.

전극 종류: 뇌파 측정 전극은 크게 세 가지 유형으로 구성된다.

측정 전극(Signal Electrode): 뇌의 특정 부위에서 전기 신호를 직접 감지한다.

기준 전극(Reference Electrode): 뇌 활동이 거의 없는 부위(예: 귀 뒤쪽 유양돌기)에 부착하여 측정 전극과의 전위차를 계산하는 기준점을 제공한다.

접지 전극(Ground Electrode): 외부 전기적 잡음을 제거하고 안정적인 측정을 돋는다.

전극 배치: 전극은 '10-20 국제 시스템'과 같은 표준화된 규칙에 따라 뇌의 각 영역(전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽 등)에 해당하는 두피의 특정 위치에 배치되어 정확하고 재현할 수 있는 측정을 가능하게 한다. 또한 도전성 젤이나 패이스트를 이용해 두피와 잘 접촉시켜야 신호 품질이 좋아진다.

두피 표면의 전위차 측정: 각 전극은 뇌의 전기 활동에 의해 발생하는 전위(전압) 차이를 측정한다. 전극 간의 상대적인 전압 차이를 감지하며, 이때의 신호는 아날로그 형태이다. 일반적으로 기준 전극과 비교하여 측정한다.

2. 측정된 전기 신호 증폭 및 필터링

증폭: 두피에서 감지되는 뇌파 신호는 수 마이크로볼트(μV) 단위로 매우 약하기 때문에 저잡음 증폭기를 이용해 신호를 충분히 증폭시켜야 한다.

필터링: 뇌파 신호 외에 발생하는 다양한 잡음을 제거하기 위해 특정 주파수대역만 통과시키는 필터링 과정을 거친다.

3. 샘플링 및 디지털화

아날로그-디지털 변환(ADC): 증폭되고 필터링된 아날로그 형태의 전기 신호는 A/D 변환기(ADC)를 통해 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털 신호로 변환된다. 이 과정을 샘플링이라고 한다.

데이터 기록 및 시각화: 디지털화된 신호는 시간의 흐름에 따른 전압 변화를 보여주는 파형(waveform) 형태로 컴퓨터 화면에 실시간으로 표시되거나 저장된다. 이 파형을 통해 뇌의 활동 상태를 분석하고 진단에 활용한다.

2) 뇌파검사 시 유의 사항

움직임 최소화: 움직임에 예민한 검사이므로 검사 중에는 가급적 움직이지 않아야 정확한 검사가 이루어집니다.

편안한 복장: 뇌파 측정에 간섭을 최소화하기 위해 꽉 끼는 옷은 입지 않고 다리를 꼬지 않는 것이 좋습니다. 목풀라 착용을 자제해야 합니다.

충분한 휴식: 검사 전날에는 충분한 숙면을 취하는 것이 좋습니다.

카페인 및 자극적인 음식: 수면에 방해가 되는 자극적인 음식, 커피, 콜라, 녹차 등 카페인 음료, 흡연은 삼가야 합니다.

(출처: 서울 아산 병원-뇌파검사 정보, 경희대학교병원-뇌파검사 정보)

4) 뇌파 검사기기를 이용한 실험 설계 및 분석 방법

1) 뇌파 검사 기기를 이용한 뇌파 기본 파형 분석 실험설계

- ① 뇌파 측정기를 위해 헤어 밴드를 전극이 두피에 달도록 한 채 머리에 마다
- ② 귀 뒤에 접착 전극을 부착한다
- ③ 밴드의 전극에 전도성 젤을 바르고 전극에 집게 전선을 매단다
- ④ 뇌파 측정기에 전극성 집게 전선과 뇌파를 보기 위해 노트북을 연결한다
- ⑤ 시각적 자극에 의한 뇌파 파형을 분석한다

2) 시각자극의 정서적 유발 변화에 따른 뇌파 파형 변화 분석

1. 첫 번째 사진: 징그러운 벌레 사진을 봤을 때 뇌파



파형 특징: 파형이 매우 불규칙하고, 진폭(파동의 높이)이 크며, 신호가 급격하게 변동하는 모습이 보인다.

해석: 이런 불규칙하고 높은 진폭의 뇌파는 일반적으로 긴장, 불안, 스트레스, 혹은 공포와 같은 부정적 감정 상태에서 나타날 수 있으며 뇌가 과도하게 활성화되어 여러 주파수 대역이 혼재된 상태로, 특히 베타파(13~30Hz)와 감마파(30Hz 이상)가 증가할 가능성이 큽니다. 이는 뇌가 자극에 민감하게 반응하며, 경계심과 불안이 높아진 상태를 반영하여 징그러운 자극에 대한 불쾌감과 스트레스 반응이 뇌파에 반영된 것으로 볼 수 있다.

2. 두 번째 사진: 자연을 봤을 때 뇌파



파형 특징: 파형이 비교적 규칙적이고 진폭이 작으며, 안정적인 형태를 보인다.

해석: 안정적이고 규칙적인 뇌파는 이완, 편안함, 안정된 심리 상태를 나타내며 주로 알파파(8~13Hz)가 증가하는 상태로, 눈을 감거나 편안히 휴식할 때 나타나는 뇌파 패턴과 유사하다. 또한 자연 경관을 보면서 심리적 안정과 스트레스 완화가 이루어졌음을 시사한다. 즉 뇌가 과도한 자극 없이 편안하게 이완된 상태로, 집중력도 적절히 유지되는 상태일 수 있습니다.

3. 결론

정그러운 사진을 볼 때는 뇌가 긴장하고 스트레스를 받으며, 뇌파가 불규칙하고 진폭이 커지는 반면, 자연을 볼 때는 뇌가 안정되고 이완되어 규칙적이고 진폭이 작은 뇌파가 나타나는 것으로 보인다. 이는 자연 경관이 심리적 안정과 스트레스 완화에 긍정적인 영향을 준다는 기존 연구 결과와도 일치한다.

5) 실험을 통한 심층 탐구

문채윤:

1. 뇌파 검사를 통한 질병 진단 방법 탐구

1) 우울증, 만성피로, 치매 등 진단:

-우울증 진단: 뇌파 검사는 우울증 환자에서 뇌의 특정 영역, 특히 전두엽에서 알파파와 베타파의 불균형을 감지하는데 활용된다. 우울증 환자는 좌우 전두엽 간 뇌파 비대칭성이 나타나는 경우가 많으며, 이는 감정 조절과 관련된 뇌 기능 이상을 반영한다. 실제 임상에서는 정량뇌파검사(QEEG)를 통해 우울증 환자의 뇌파 패턴을 분석하고, 맞춤형 치료 계획을 수립하는 데 도움을 준다.(출처: 좋은날신경과 의원 의학 칼럼-하나의 뇌, 다양한 질환, 그래서 뇌파 검사가 필요합니다)

-만성피로 진단: 만성피로 환자는 뇌파 검사에서 주로 알파파 감소와 베타파 증가가 관찰되며, 실험 결과에서 정그러운 사진을 볼 때 베타파의 파형을 보인 것처럼 이는 뇌의 스트레스와 피로 상태를 반영한다. 뇌파를 통해 신경계의 기능 저하를 객관적으로 평가할 수 있어, 만성피로 증후군 진단에 활용된다.(출처: 임태성신경과-만성피로)

-치매 진단: 치매 환자의 뇌파는 정상인에 비해 느린 델타파와 세타파가 증가하고, 알파파가 감소하는 특징을 보인다. 뇌파 검사는 치매 초기 단계에서 뇌 기능 저하를 감지하는 데 유용하며, 경도인지장애(MCI) 환자의 진행 여부를 모니터링하는 데도 활용된다. 또한, 뇌파 기반의 실시간 뇌신경망 피드백 치료가 치매 예방 및 인지 기능 개선에 긍정적인 효과를 보인다는 연구도 있다.(출처: 경남신문-[뇌 건강 지키는 방법] 내 맘대로 두면 뇌 맘대로 산다)

2) 뇌파를 이용한 감성 인지 기술

뇌파는 감정 상태를 반영하는 중요한 생체 신호로, 다양한 주파수 대역의 변화가 감성 인식에 활용된다. 예를 들어 알파파와 세타파의 변화는 이완과 스트레스 상태를, 베타파와 감마파의 증가는 집중과 각성 상태를 나타낸다. 또한 최근 연구에서는 여러 개의 전극을 사용해 뇌파를 검사하는 다중 채널 EEG를 이용해 실시간으로 감정을 분류하는 기술이 개발되고 있으며, 이는 정신 건강 관리, 사용자 맞춤형 서비스, 인공지능 인터페이스 등에 응용되고 있다.(출처: 4가지 감정의 뇌파를 이용한 감성평가 기술에 관한 연구 / [국가R&D연구보고서] 뇌파 기반 감정인식 인터페이스 기술과 우울증 진단 SW 개발)

2. 실험 결과에 따른 뇌질환의 특징과 예방 방법 탐구

우울증과 만성피로, 치매와 같은 뇌 질환은 대부분 알파파의 감소를 보인다. 직접 실험한 결과에서 볼 수 있듯이 자연같이 평화로운 사진을 볼 때에는 알파파와 같은 파형을 보이고, 벌레와 같은 스트레스와 불안을 유발할 수 있는 사진을 볼 때에는 베타파나 감마파같은 형태를 보였다. 즉, 뇌 질환 치료를 위해선 알파파를 증가시키고 베타파나 감마파를 감소시키는 것이 효과적일 수 있다. 예를 들면, 우울증과 스트레스 관리를 위해 명상, 심리 상담, 뇌파 기반 뉴로피드백 같은 정신건강 관리법 등이 권장된다. 또한 규칙적인 운동, 충분한 수면, 균형 잡힌 식사, 스트레스 관리 등과 같이 생활습관 개선을 통해 만

성피로 및 뇌 건강에 기여할 수 있다. 이러한 요인들은 뇌파 정상화에 기여할 수 있다.(출처: 임태성신경과-만성피로) 알츠하이머병 환자와 정상 노인을 대상으로 뇌파를 측정하고 인지 기능 검사를 병행한 연구에서, 치매 환자는 델타파와 세타파가 증가하고 알파파가 감소하는 뇌파 패턴을 보였다. 이와 함께, 사회적 활동과 인지 훈련을 병행한 그룹에서 뇌파의 알파파가 증가하고 인지 기능 저하가 늦춰지는 긍정적 결과가 보고되었다. 이는 사회적 교류와 인지 자극이 치매 예방에 효과적임을 보여준다.(출처: [국가R&D연구보고서] 영장류 이용 뇌질환 예방 및 치료를 위한 유효성 평가 연구)

이지우:

1. 뇌파분석을 통한 사람의 감정 인식

감정이란 어떤 현상이나 일에 대하여 일어나는 마음이나 느끼는 기분(출처:네이버 국어 사전)으로 감정들을 기계가 알아차리는 것을 ‘감정 인식’이라고 한다. 이에 관해-뇌파를 통한 감정 상태 인식에 관한 연구(한국정보 통신학회 2015년도 춘계학술 대회)-를 참고하면 ‘본 연구는 자극과 진정성 성향의 감정을 유발하기 위해 다섯 가지 감각기관 중 시각적인 감각과 청각적인 감각으로 감정에 관련된 정보가 뇌파를 통해서도 파악 가능한지를 확인하고, 다른 감각에 대한 감정 유발이 뇌파에 어떠한 영향을 미치는지 비교하고 분석을 하였다. 이때 감정에 관련된 정보가 알파파, 세타파에 많은 영향을 뇌파를 통한 감정 상태 인식에 관한 연구에 미치는 것을 알 수 있었고 감정이 뇌파에 미치는 영향은 감각과 감정의 종류에 따라 다르게 나타 난 것을 알 수 있었다. 실험 결과 감정에 따른 뇌파 변화가 알파파, 세타파에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었고 소수의 피험자를 제외한 대다수 인원의 측정값이 유사한 형태임을 알 수 있었다. 감정이 뇌파에 미치는 영향은 감각과 감정의 종류에 따라 다르게 나타났다.

청각적인 감각은 알파파에 영향을 미치고 시각적인 감각은 세타파에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 시청각적 감각은 알파파 세타파 동시에 영향을 미치는데 이는 시청각적 영상이 사진과 음악에 비해 두 감정으로써 몰입성과 집중도가 높기 때문이라고 추론하였다. 진정성 성향의 감정과 자극적 성향의 감정에 따른 뇌파 변화는 유사한 형태의 결과 값을 얻을 수 있었으며, 자극적 성향의 감정이 진정성 성향의 감정 보다 낮은 알파파와 세타파를 확인 할 수 있으나 그 값이 아주 미묘하였다.’ 이를 통해 알 수 있듯이 사람의 감정은 복잡하고 다양하지만, 이러한 감정 상태를 객관적이고 실시간으로 파악하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서 뇌파 분석은 감정 상태를 인식하는 데 있어서 효과적인 수단으로 활용되었다. 특히 감정의 진정성 혹은 자극성 성향에 따른 뇌파 패턴의 차이를 통해, 사람의 내면적 감정을 구별할 수 있음을 확인하였다. 뇌파는 감정 인식을 위한 하나의 측정 도구로서, 알파파와 세타파와 같은 특정 뇌파 대역의 변화를 감지함으로써 감정 상태를 추론하는 역할을 한다. 이러한 뇌파 신호의 분석은 설문이나 행동 관찰과 달리, 개인의 주관적 표현에 의존하지 않고 보다 직접적이고 객관적인 감정 정보를 제공할 수 있다. 또한 청각적 자극은 주로 알파파에 영향을 미쳐 이완 및 집중도와 관련 있음을 보여주었고 시각적 자극은 세타파에 영향을 미쳐 감정 및 몰입과 연관됨을 확인할 수 있고 뇌파는 인간이 다양한 감각 자극에 반응하는 감정 상태를 객관적으로 반영하는 유용한 생체 신호임을 확인할 수 있다.

2. 시각적, 청각적 자극의 뇌파에 대한 자료수집 및 분석, 이해

1) 청각 자극의 유형(음악의 장조, 단조 차이)에 따라 뇌파 변화와 감정 상태에 차이가 있는지 탐구한다. 장조(Major Key) 음악은 일반적으로 밝고, 경쾌하며, 행복하고, 긍정적인 분위기를 연출하는데 사용되며 ‘도레미파솔라시도’ 같은 음계(C장조)가 대표적인 장조 음계이다.

감정적 영향으로는 장조 음악을 들으면 보통 기분이 좋아지고, 활력이 생기며, 안정감을 느끼는 경향이 있다. 단조(Minor Key) 음악은 일반적으로 슬프고, 쓸쓸하며, 진지하거나 때로는 웅장한 분위기를 연출하는 데 사용되며 ‘라시도레미파솔라’ 같은 음계(A단조)가 대표적인 단조 음계이다.(출처: 서울신문 - 음악의 뇌과학 2018-11-12) 기존 연구에 따르면, 장조 음악을 들을 때 뇌파에서는 주로 알파파(alpha wave)의 활동이 증가하는 경향이 있어 심리적 안정감과 긍정적 감정 상태를 반영하는 것으로 해석된다. 반면, 단조 음악을 청취할 경우에는 베타파(beta wave) 및 세타파(theta wave) 활동의 변화가 관찰되어 긴장감이나 부정적 감정과 연관된 뇌파 패턴이 나타날 수 있음이 보고되고 있다. 따라서 이러한 내용들을 바탕으로 음악은 뇌의 양쪽 반구를 활성화하고 새로운 연결을 생성하여 즐거움, 슬픔, 시간 여행, 활력 등의 감정을 느끼게 하고 신나는 음악은 즐거움을 유발한다. 뇌의 청각 회로가 보상 회로를 자극하여 기쁨을 느끼게 하며 슬픈 음악은 욕시토신과 같은 호르몬 분비를 촉진하여 마음을 진정시키는 효과를 내기에 우울할 때 슬픈 음악을 들으면 위로를 받고 슬픈 감정에서 벗어날 수 있다. 또한 음악 감상만으로도 뇌의 쾌감 중추가 자극되어 도파민과 같은 보상 물질이 분비되어 즐거움을 느끼게 된다. 이렇게 음악과 뇌과학도 연관을 지을 수 있다.

2) 시각 자극의 유형(자연사진, 벌레사진)에 따라 감정 평가 및 뇌파활성 패턴은 어떻게 다르나는지 집중적으로 탐구한다. 자연사진의 효과에 대한 연구로 ‘영국 엑서터대와 오스트리아 빈 대학 연구진

들은 오스트리아 성인 49명을 대상으로 도시 또는 실내 사무실 장면과 자연 장면이 담긴 비디오를 보여주고 전기 충격으로 통증을 전달하면서 기능적 자기공명영상(fMRI)으로 뇌 활동을 조사했다. 이들은 이 연구에서 그 결과 참가자들은 도시나 실내 사무실 비디오보다는 자연 장면이 담긴 비디오를 볼 때 통증을 덜 느꼈으며, 뇌 스캔에서도 통증 처리와 관련이 있는 특정 뇌 반응에서 변화가 포착됐다. 첨단 머신러닝으로 통증 처리와 관련된 뇌 네트워크를 분석한 결과 가상 자연 장면을 시청할 때 아플 때 뇌에 전달되는 원시 감각 신호가 감소하는 것으로 나타났다.'(출처:연합뉴스-자연이 통증 줄여준다 “자연보면 통증 지각 뇌 활동 감소”) 이를 통해 자연사진은 평온함, 안정감, 편안함, 긍정적인 기분, 행복감까지 느낄 수 있으며 스트레스가 해소되고 마음이 정화되는 듯한 느낌을 받는다는 것을 알 수 있다.

이를 통해 뇌파 활성 패턴은 알파파는 이완되고 편안한 상태에서 주로 나타나는 뇌파로 자연 사진을 볼 때 알파파가 증가한다는 것은 뇌가 안정되고 스트레스가 감소한다는 것을 의미한다. 또한 세타파는 깊은 이완이나 명상 상태와 관련된 세타파의 변화도 관찰될 수 있다. 반면에, 벌레 사진은 징그러운 벌레 사진을 보면 대부분의 사람들은 불쾌함, 혐오감, 역겨움, 때로는 공포나 불안감을 느낄 수 있다. 이에 대해 뇌파 활성 패턴은 베타파는 각성, 집중, 불안, 스트레스 상태에서 주로 나타나는 뇌파로 벌레 사진을 볼 때 베타파가 증가한다는 것은 뇌가 경계하고 긴장하며, 스트레스 반응을 보인다는 것을 의미한다. 또한 감마파(γ -wave)는 매우 빠른 주파수인 감마파는 인지 활동, 정보 처리, 주의력과 관련이 있다. 불쾌한 자극에 대한 빠른 반응이나 처리 과정에서 감마파가 증가할 수 있다. 이처럼 자연 사진과 벌레 사진은 우리에게 극명하게 다른 감정 반응을 유발하며, 이러한 감정은 뇌파의 주파수, 진폭, 비대칭성 등 다양한 패턴으로 명확하게 구분될 수 있다. 뇌파 분석은 단순히 '좋다/싫다'라는 주관적인 감정 평가를 넘어서, 시각 자극이 뇌에 어떤 생리적 변화를 일으키는지 객관적인 데이터로 확인할 수 있게 해줄 수 있다.

4. 탐구 과정 중 발생한 문제점 및 해결 방법

실험 초기, 두피에서 측정된 뇌파의 진폭이 예상보다 매우 낮게 나타나는 문제가 발생하였다. 측정값이 미세하거나 불안정하여 의미 있는 뇌파 패턴을 분석하는 데 어려움이 있었으며, 이는 데이터의 신뢰도에도 영향을 줄 수 있는 부분이었다. 이에 우리는 뇌파 측정 시 발생할 수 있는 오류 요인을 파악하고자, 뇌파 검사 시 유의사항에 대해 추가 조사를 진행하였다. 조사 결과, 다음과 같은 원인들이 진폭 저하에 영향을 줄 수 있다는 것을 확인하였다: 전극과 두피 간 접촉 불량(젤 부족, 위치 불일치 등), 외부 노이즈(전기 기기, 스마트폰 등)의 간섭, 측정 대상자의 움직임 또는 근육 긴장, 기준 전극의 부적절한 위치, 전극의 불균형한 저항값. 이러한 내용을 바탕으로, 실험 환경과 장비 세팅을 다시 점검하고 다음과 같은 해결 방법을 적용하였다: 전극 재부착 및 도전성 젤 충분히 도포하여 접촉을 개선하였고, 측정 대상자의 움직임을 최소화하고, 이완 상태를 유지하도록 유도하였으며 실험 공간 내 불필요한 전자기기 제거 및 잡음 차단 조치를 취하였다. 또한 기준 전극의 위치를 확인하고, 전극 간 저항 균형을 조정하였다. 이러한 조치를 통해 신호의 진폭이 정상 범위로 회복되었고, 이후의 데이터는 안정적이고 분석 가능한 형태로 측정되었다.

느낀점(배운점 / 본인이 성장했다고 생각되는 점 등)

*** : 이번 뇌파 측정 활동을 통해 뇌의 복잡하고 섬세한 작동 원리를 직접적으로 경험하게 해준 소중한 기회였다. 특히, 징그러운 사진을 보았을 때 나타난 불규칙하고 진폭이 큰 뇌파 파형과 자연 경관을 보았을 때의 규칙적이고 안정적인 뇌파 파형을 관찰하면서, 외부 자극이 우리의 감정과 인지 상태에 얼마나 즉각적이고 깊은 영향을 미치는지 직접 확인할 수 있었다. 이를 통해 뇌파가 단순한 전기적 신호가 아니라, 인간의 내면 상태와 외부 환경 간의 상호작용을 반영하는 중요한 생체 지표임을 깨닫게 되었다. 이러한 뇌파의 변화를 직접 관찰하면서, '그렇다면 이러한 뇌파의 패턴을 긍정적인 방향으로 조절할 수는 없을까?'라는 궁금증을 품게 되었다. 이 궁금증을 기반으로 뉴로피드백(Neurofeedback)이라는 분야에 대해 탐구를 연결했다. 뉴로피드백에 대해 조사하면서, 뇌파를 실시간으로 측정하여 사용자에게 피드백을 제공하고, 이를 통해 스스로 뇌파 패턴을 조절하는 훈련이 가능하다는 사실이 인상 깊었다. 특히, 뉴로피드백이 ADHD, 불안, 스트레스 관리 등 다양한 정신 건강 문제에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 연구 결과들에 영향을 받았다. 이러한 탐구 과정은 간호학을 지망하는 나에게 매우 중요한 활동이었다. 간호는 단순히 신체적 질병을 치료하는 것을 넘어, 환자의 정신적, 정서적 안녕까지 포함하는 총체적인 돌봄이라는 것과, 뇌파 측정과 뉴로피드백과 같은 뇌과학 기술은 환자의 스트레스 관리, 불안 완화, 인지 기능 향상 등 정신 건강 간호 영역에서 간호사가 적용할 수 있는 매우 효과적인 중재 방안이 될 수 있음을 깨닫게 되었다. 앞으로 간호학을 전공하며, 뇌파와 같은 생체 신호를 이해하고 이를 바탕으로 환자의 심리적, 인지적 건강까지 세심하게 돌볼 수 있는 역량을 갖춘 간호사가 되고 싶다고 생각했다. 과학적 근거에 기반한 통합적 간호를 통해 환자 개개인의 삶의 질을 향상시키는 데 기여하고 싶다는 진로 목표를 더욱 확고히 다지는 계기가 되었다.

*** : 이번 기회를 통해 알파파, 세타파, 베타파 등 다양한 뇌파의 종류와 그 개념을 확실하게 정립할 수 있었는데 각 뇌파가 어떤 심리 상태와 연결되는지 이론적으로만 알던 지식을 실제 실험 데이터를 통해 직접 확인하며 그 의미를 깊이 있게 이해하게 되었다. 특히, 자연 사진에서 알파파와 세타파의 활성화가 나타나고 벌레 사진에서 베타파가 두드러지는것을 보며, 이를 통해 뇌파가 단순한 전기적 신호의 의미가 아닌, 사람의 내면 감정을 객관적으로 인식하는 데 있어 매우 중요한 역할을 수행한다는 점을 확신하게 되었다. 가장 인상 깊었던 점은 시각 자극의 변화가 뇌파에 미치는 즉각적이고 명확한 영향이었는데, 편안한 자연 사진을 보았을 때 나타나는 안정적인 뇌파 패턴과, 혐오스러운 벌레 사진을 보았을 때 확연히 달라지는 뇌파의 변화를 직접 관찰하며, 우리 뇌가 외부 자극에 얼마나 민감하게 반응하는지 실감할 수 있었다. 이는 단순히 '기분이 좋다/나쁘다'는 주관적인 감정 평가를 넘어, 감정이라는 추상적인 현상이 뇌파라는 구체적인 생체 신호로 객관적으로 측정될 수 있음을 증명하는 경험이었다. 또한, 뇌파를 통한 감정 인식은 단순히 과학적인 호기심을 넘어, 앞으로 많은 분야에서 활용 될것 같아 앞으로의 뇌파연구에 대해 관심있게 지켜보아야 겠다고 생각했으며 심리학과 진학을 희망하는 사람으로서, 이번 뇌파 분석 경험은 인간의 감정과 뇌 활동 간의 관계를 깊이 이해하는 데 큰 도움이 되었으며, 앞으로 심리학 공부를 통해 뇌파 기반 감정 인식 연구를 더 꼭넓게 탐구하고 싶다는 동기를 얻었다.