(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0058205
(43) 공개일자 2019년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0155982
(22) 출원일자 2017년11월21일
심사청구일자 2017년11월21일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김규태
인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 100, 1806동 1702호(송도동, 송도 더샵 그린워크 3차)
이상민
인천광역시 남동구 구월로 192, 1405동 1602호 (구월동, 구월힐스테이트롯데캐슬골드1단지)
김규성
서울특별시 용산구 서빙고로 31, 201동 2102호(한강로3가, 용산 시티파크2단지)
(74) 대리인
이승찬

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 **자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법**

(57) 요 약

본 발명은 전정신경에 가한 갈바닉 전정자극에 응답하는 신경신호를 이용하여, 자극 파라미터의 신경반응에 대한 영향을 평가할 수 있는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법을 제안한다. 상기 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법은, 기본기울기 획득단계, 변환기울기 획득단계 및 영향평가 수치 생성단계를 수행한다.

대 표 도 - 도2

기본 기울기 획득(210);		- 파라미터의 기본 값 설정(211); - 신경세포의 자극(212); - 신경의 평균 발화율 계산(213); - 평균 발화율의 기본 기울기 계산(214);
변환 기울기 획득(220);	제1 변환 기울기 획득 단계(221)	- 자극의 세기 값 변화 - 신경세포의 자극 - 신경의 평균 발화율 계산 - 평균 발화율의 제1 변환 기울기 계산
	제2 변환 기울기 획득 단계(222);	- 자극의 지속시간을 변화 - 신경세포의 자극 - 신경의 평균 발화율 계산 - 평균 발화율의 제2 변환 기울기 계산
	제3 변환 기울기 획득 단계(223);	- 자극과 자극 사이의 시간 변화 - 신경세포의 자극 - 신경의 평균 발화율 계산 - 평균 발화율의 제3 변환 기울기 계산
영향평가 수치 생성(230);		- 영향평가 수치 생성

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345270346
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구
연구과제명 파키슨병의 증상 완화를 위한 잡음 갈바닉 자극의 표준화 연구
기 여 율 1/2
주관기관 인하대학교
연구기간 2017.11.01 ~ 2018.08.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345260199
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 정보전자공동연구소
기 여 율 1/2
주관기관 인하대학교
연구기간 2017.05.01 ~ 2018.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

미리 설정한 복수의 자극 파라미터의 기본 값으로 전정신경에 자극을 인가하고, 측정된 해당 신경신호의 평균발화율을 이용하여 기본기울기를 계산하는 기본기울기 획득단계;

상기 기본기울기 획득단계에서 사용한 복수의 자극 파라미터를 순차적으로 변환하면서 전정신경에 자극을 인가하고, 측정된 해당 신경신호의 평균발화율을 이용하여 각각의 변환기울기를 계산하는 변환기울기 획득단계; 및

상기 기본기울기와 복수의 상기 변환기울기의 차이를 각도로 계산하여 영향평가 수치로 설정하는 영향평가 수치 생성단계; 를 수행하며,

상기 복수의 자극 파라미터는,

자극의 세기, 자극의 지속시간 및 자극과 자극 사이의 시간 간격인 것을 특징으로 하는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법.

청구항 2

제1항에서, 상기 기본기울기 획득단계에서는,

상기 자극의 세기, 상기 자극의 지속시간 및 상기 자극과 자극 사이의 시간 간격의 기본 값을 설정하는 자극 파라미터의 기본 값 설정단계;

해당 신경에 상기 자극 파라미터의 기본 값 설정단계에서 설정된 값에 따라 신경반응의 피로도를 최소로 할 수 있는 횟수로 자극을 가하는 신경세포의 자극단계;

상기 신경세포의 자극단계에서 자극이 가해지는 시간 동안 신경신호의 변화그래프에서 발생하는 스파이크의 개수를 단위시간인 1초당 발화율 즉 평균발화율로 계산하는 신경의 평균발화율 계산단계; 및

상기 신경의 평균발화율 계산단계에서 얻은 복수의 평균발화율에 선형 회귀법을 적용하여 상기 기본기울기를 생성하는 기본기울기 계산단계; 를

수행하는 것을 특징으로 하는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법.

청구항 3

제2항에서, 상기 신경세포의 자극단계에서,

상기 신경반응의 피로도를 최소로 할 수 있는 횟수로 제한하는 것을 특징으로 하는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법.

청구항 4

제1항에서, 상기 변환기울기 획득단계에서는,

상기 복수의 자극 파라미터 중 상기 자극의 세기의 값을 변화시킨 후 전정신경에 자극을 인가하여 측정한 해당 신경의 평균발화율의 기울기를 제1 변환기울기로 설정하는 제1 변환기울기 획득단계;

상기 복수의 자극 파라미터 중 상기 자극의 지속시간의 값을 변화시킨 후 전정신경에 자극을 인가하여 측정한 해당 신경의 평균발화율의 기울기를 제2 변환기울기로 설정하는 제2 변환기울기 획득단계; 및

상기 복수의 자극 파라미터 중 상기 자극과 자극 사이의 시간 간격의 값을 변화시킨 후 전정신경에 자극을 인가하여 측정한 해당 신경의 평균발화율의 기울기를 제3 변환기울기로 설정하는 제3 변환기울기 획득단계; 를

수행하는 것을 특징으로 하는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법의 개발에 관한 것으로, 특히, 전기자극에 응답하는 전정신경신호를 이용하여, 자극 파라미터의 신경반응에 대한 영향을 평가할 수 있도록 하는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전정기관(vestibular system)은 귀의 가장 안쪽에 있는 내이(inner ear)에 위치하며, 머리의 수평, 수직 선형가속도, 회전 운동을 감지하여 중추평형기관에 전달함으로써 신체 균형 유지에 중요한 역할을 하는 기관이다.

[0003] 도 1은 내이 영역의 구조를 나타낸다.

[0004] 도 1을 참조하면, 내이에 위치하는 말초 전정 기관은 회전가속도를 감지하는 세 개의 반고리관과 선형가속도를 감지하는 두 개의 주머니(saccule & utricle)로 이루어져 있다. 둥근 주머니(saccule)는 세로로 서 있는 구조이고 아래쪽의 달팽이관과 가깝게 위치하며, 타원주머니(utricle)는 수평면상에 위치하고 반고리관과 가깝게 위치하다. 둥근 주머니와 타원 주머니는 이음관(연낭관)이라 불리는 관으로 연결되어 있다.

[0005] 반고리관의 내부는 달팽이관과 마찬가지로 내림프액으로 가득 차 있지만, 이온의 조성은 달팽이관의 내림프액과 약간 다르다. I형, II형 유모세포와 지지세포가 분포하며 그 위에 다양한 크기의 이석(otolith) 이라는 작은 구조물이 얹어져 있어서 중력 및 선형 가속도 운동을 감지한다. 머리가 선형가속도 운동을 하는 경우 이석의 움직임이 발생하며, 이로 인해 관련 유모세포들의 움직임이 유발된다. 유모세포들의 움직임은 말초 전정신경 세포의 반응을 일으키며, 여기서 발생하는 신경신호는 여러 신경 세포를 거치며 뇌의 중심부로 이동한다. 회전가속도 운동은 반고리관 내의 내림프액의 흐름이 연결된 유모세포의 움직임을 유발하여 관련 신경신호의 변화를 일으킨다. 반고리관은 각각의 위치에 따라 앞, 뒤, 옆 반고리관으로 명명되며, 각 반고리관을 포함하는 가상의 평면들은 서로 직각을 이룬다.

[0006] 말초전정기관은 가속도 운동자극 이외에도, 신경에 전기 자극을 전달함으로써 유사한 신경반응을 유도할 수 있으며, 이를 갈바닉 전정자극(Galvanic Vestibular Stimulation)이라 한다. 갈바닉 전정자극(혹은 갈바닉 자극)은 전정 관련 기초연구에서 널리 사용되어 왔으나, 의료용으로 사용되는 예는 매우 제한적이다. 이에 대한 원인으로는 자극 입력 지점의 모호성, 전류 흐름의 무방향성, 자극에 의한 접촉 부위의 유해성 등이 있으나, 무엇보다도 갈바닉 전정자극에 대한 신경반응에 있어서 많은 부분이 자극 대비 신경반응에 대한 정확하고 정밀한 해석이 아직도 이뤄지지 않고 있다는 점이 주요 원인이라 하겠다.

[0007] 갈바닉 전정자극은 자연적인 운동자극 다음으로 전정신경반응을 이끌어내는 가장 널리 사용되는 방법이다. 따라서, 갈바닉 전정자극에 대한 신경반응의 해석은 의료 목적의 사용에 있어서 보다 정확한 해석방법을 요구하며, 이는 다각적으로 이루어지는 신경신호 해석법의 개발을 통해서 가능하다.

[0008] 기본적으로 갈바닉 전정자극은 단상성(mono-phasic) 혹은 이상성(bi-phasic)의 파형을 가지게 되는데, 이를 구현하는 기본적인 파라미터가 바로 각 상의 크기와 지속시간이다. 이러한 파라미터들의 변화는 상이한 신경반응을 유발시키며, 따라서 자극 파라미터에 의한 영향은 갈바닉 전정자극에 의한 신경정보를 이해하는데 필수적인 요소이다.

[0009] 기존의 연구들은 신경반응에 대한 생물학적인 현상을 이해하는데 많은 노력을 기울여왔으나, 신경반응을 이용한 독립적인 자극 파라미터의 영향을 해석하는 연구는 미미한 실정이다. 따라서, 신경신호를 이용한 자극 파라미터의 영향을 해석하는 방법은 현재 전무하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1635266호(2016년6월24일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 전정 신경신호를 이용하여 자극 패러미터의 영향을 평가할 수 있는 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 자극 파라미터의 신경반응에 대한 영향평가 해석방법은, 기본기울기 획득단계, 변환기울기 획득단계 및 영향평가 수치 생성단계를 수행함으로써 이루어진다. 상기 기본기울기 획득단계에서는 초기 설정된 복수의 자극 파라미터의 기본 값을 이용하여 전정신경을 반복적(7-10회)으로 자극한다. 자극이 주어질 때에 측정된 신경신호를 이용하여 각각의 평균발화율을 계산하고, 각 자극과 평균발화율의 선형적인 관계를 이용하여 기본기울기를 구한다. 상기 변환기울기 획득단계에서는 상기 기본기울기 획득단계에서 사용한 계산방법들을 적용하여 복수의 자극 파라미터의 값을 순차적으로 변환함으로써 각각의 변환기울기를 구한다. 상기 영향평가 수치 생성단계에서는 상기 기본기울기와 복수의 상기 변환기울기 사이의 각도를 계산하여 수치적인 영향 평가를 수행한다. 상기 복수의 자극 파라미터는, 자극의 세기, 자극의 지속시간 및 자극과 자극 사이의 시간 간격을 의미한다.

발명의 효과

[0013] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 자극 파라미터의 영향평가를 위한 신경신호 해석방법은 주요 자극 파라미터인 자극의 세기, 자극의 지속시간 및 자극과 자극 사이의 시간 간격의 변화를 활용하여 자극 파라미터의 변화에 따른 신경신호를 측정하였고, 이 측정된 신경신호를 이용하여 파라미터의 영향을 평가할 수 있는 수치를 제공함으로써, 향후 갈바닉 자극을 이용한 전정신경의 연구에서 각 파라미터에 대한 신경반응의 영향을 평가하는데 보다 객관적인 자료를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 내이 영역의 구조를 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 자극 파라미터의 영향평가를 수행하기 위한 수치 생성 과정을 나타낸다.

도 3은 3가지 자극 파라미터의 가변 조건을 나타낸다.

도 4는 기본기울기와 제1 변환기울기를 이용하여 자극의 세기를 변화시켰을 때의 자극의 세기와 신경반응의 관계를 평가할 수 있는 수치를 계산하는 과정 및 그래프를 나타낸다.

도 5는 기본기울기와 제3 변환기울기를 이용하여 자극과 자극의 시간 간격에 변화를 주었을 때의 자극과 자극의 시간 간격과 신경반응의 관계를 평가할 수 있는 수치를 계산하는 과정 및 그래프를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 예시적인 실시 예를 설명하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0016] 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0017] 이하의 설명에서 자극이 인가되는 부분 즉 측정되는 신경신호는 내이에 위치한 말초전정기관과 연결된 뇌줄기(brainstem)에 위치한 전정핵의 신경들이며, 갈바닉 자극을 위해서 자극 전극(stimulation electrode)을 측두골(temporal bone)과 측두근(temporal muscle) 사이에 삽입하여 자극하였다. 목표로 하는 신경에 직접적인 전기자극을 가하는 것이 용이치 않기 때문에 말초 전정기관을 통한 자극 방식을 적용하는 것이 바람직하며, 자극의 전달이 제대로 되는 상태인지는 초기 실험 단계에서 1~2차례에 걸쳐 자극대비 신경반응을 관찰함으로써 실시간으로 확인하였다.

[0018] 자극에 의한 신경반응의 변화는 초당 발생하는 신경의 발화율(rate of fire; spikes/sec)을 기본으로 판단한다. 발화율은 신경의 종류와 생리학적 특징 등에 따라 다르게 나타나며, 신경의 발화는 자극이 없을 때에도 지속적으로 발생한다. 일부 전정 신경의 경우, 자극이 없을 때 초당 30회의 발화율을 보이던 신경은 자극이 주어지면 초당 80~90회의 발화율을 보이는데, 이때 평균발화율은 단위시간(1초)에 발생하는 스파이크의 개수를 이용하여

계산한다. 예를 들면, 3초의 시간 동안 자극이 주어졌고, 그때 카운트한 스파이크의 개수가 270개라고 하면 평균 발화율은 90(spikes/sec)이 될 것이다.

[0019] 선형회귀분석법은 주어진 종속변수를 독립변수와 오차항의 선형적 결합으로 나타내는 통계방법을 의미하며, 각 자극에서 구해진 신경반응의 기울기는 선형회귀분석법을 이용하여 계산되었다.

[0020] 도 2는 본 발명에 따른 자극 파라미터의 영향평가를 수행하기 위한 수치 생성과정을 나타낸다.

[0021] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 자극 파라미터의 신경반응 영향평가 수치 생성방법은, 기본기울기 획득단계(210), 변환기울기 획득단계(220) 및 영향평가 수치 생성단계(230)를 수행한다는 것을 알 수 있다.

[0022] 기본기울기 획득단계(210)에서는 자극 파라미터의 기본 값 설정단계(211), 신경세포의 자극단계(212), 신경의 평균발화율 계산단계(213) 및 기본기울기 계산단계(214)를 수행한다.

[0023] 자극 파라미터의 기본 값 설정단계(211)에서는 신경에 가할 자극 파라미터로, 본 발명에서는 자극의 세기(P1), 자극의 지속시간(P2) 및 자극과 자극의 시간 간격(P3)을 예로 들어 설명한다. 기본기울기를 구하기 위한 단계이므로, 3개의 자극 파라미터(P1~p3)의 값은 아래에 설명하는 것과 같이 설정하였다.

[0024] 자극의 세기(P1)는 신경에 가해지는 전류의 종류 및 크기로 100㎂(micro-Ampere) 직류 전류를 사용하였다. 자극의 지속시간(P2)은 신경에 따라 결정될 수 있으며 말초전정기관에 가해진다는 점을 감안하여 3초(seconds)로 정하였다. 마지막으로 자극과 자극 사이의 시간 간격(P3)은 60초로 정하여 실험을 진행하였다. 자극을 구성하는 기본 파라미터들은 절대적인 값이 아니며, 자극의 위치 및 동물의 크기 등에 따라 조정이 있을 수 있음을 밝혀둔다. 일단, 자극의 기본 파라미터가 정해지면, 이들을 기준으로 자극의 세기(P1), 자극의 지속시간(P2) 및 자극과 자극의 시간 간격(P3)을 재조정하여 신경신호를 측정할 수 있다.

[0025] 신경세포의 자극단계(212)에서는 100㎂ 직류 전류를 3초 동안 신경세포에 7~10회 정도 수행하며, 각 횟수 사이의 시간 간격은 60초이다. 자극의 횟수는 신경반응의 피로도(fatigue)에 따라 결정되며, 본 예시에서 주어진 자극의 횟수는 신경반응의 피로도 여부에 따라 조정 가능하다.

[0026] 신경의 평균발화율 계산단계(213)에서는 상술한 바와 같이 자극이 가해지는 시간 동안 신경의 변화그래프에서 발생하는 스파이크의 개수를 단위시간인 1초당 나타나는 발화율 즉 평균발화율을 계산한다. 7~10회의 자극을 가하는 경우, 7~10개의 평균발화율 값이 얻어질 수 있다.

[0027] 기본기울기 계산단계(214)에서는 신경의 평균발화율 계산단계(213)에서 얻은 복수의 평균발화율에 선형 회귀법을 적용하여 평균발화율의 기울기 즉 기본기울기를 생성한다. 이를 물리적으로 설명하면, 신경의 평균발화율 계산단계(213)에서 얻은 복수의 평균발화율을 자극의 진행순서대로 나열하고 이를 연결하면 일정한 직선이 되며, 이 직선의 기울기가 바로 평균발화율의 기울기 즉 기본기울기가 된다.

[0028] 변환기울기 획득단계(220)에서는, 기본기울기 획득단계(210)에서 설정한 3개의 자극 파라미터(P1~P3)의 값을 변화시키면서 또 다른 기울기 즉 3개의 변환기울기를 구하게 된다. 이를 위해, 3개의 자극 파라미터를 독립적으로 변화시키면서 각각에 대한 평균발화율의 기울기를 계산함으로써, 제1 변환기울기 획득단계(221), 제2 변환기울기 획득단계(222) 및 제3 변환기울기 획득단계(223)를 수행하게 된다. 자극 파라미터의 개수가 증가하면 변환기울기의 개수도 그에 따라 증가한다.

[0029] 제1 변환기울기 획득단계(221)에서는 3개의 자극 파라미터(P1~P3) 중 하나인 자극의 세기(P1)를 변화시킨 후, 기본기울기 획득단계(210)에서 수행한 4개의 단계(211~214)와 동일한 단계를 수행하면서 얻은 평균발화율의 변화로부터 제1 변환기울기를 계산한다. 제1 변환기울기 획득단계(221)는 3개의 자극 파라미터(P1~P3) 중 하나인 자극의 세기(P1)만이 변경되었을 뿐, 기본기울기 획득단계(210)에서 수행한 4개의 단계(211~214)와 동일한 단계를 수행하므로, 여기서는 자세하게 설명하지 않는다.

[0030] 제2 변환기울기 획득단계(222)에서는 3개의 자극 파라미터(P1~P3) 중 하나인 자극의 지속시간(P2)을 변화시킨 후, 기본기울기 획득단계(210)에서 수행한 4개의 단계(211~214)와 동일한 단계를 수행하면서 얻은 평균발화율의 변화로부터 제2 변환기울기를 계산한다. 제2 변환기울기 획득단계(222)는 3개의 자극 파라미터(P1~P3) 중 하나인 자극의 지속시간(P2)만이 변경되었을 뿐, 기본기울기 획득단계(210)에서 수행한 4개의 단계(211~214)와 동일한 단계를 수행하므로, 여기서는 자세하게 설명하지 않는다.

[0031] 제3 변환기울기 획득단계(223)에서는 3개의 자극 파라미터(P1~P3) 중 하나인 자극과 자극의 시간 간격(P3)을 변화시킨 후, 기본기울기 획득단계(210)에서 수행한 4개의 단계(211~214)와 동일한 단계를 수행하면서 얻은 평균

발화율의 변화로부터 제3 변환기울기를 계산한다. 제3 변환기울기 획득단계(223)는 3개의 자극 파라미터(P1~P3) 중 하나인 자극과 자극의 시간 간격(P3)만이 변경되었을 뿐, 기본기울기 획득단계(210)에서 수행한 4개의 단계(211~214)와 동일한 단계를 수행하므로, 여기서는 자세하게 설명하지 않는다.

[0032] 영향평가 수치 생성단계(230)에서는, 기본기울기를 기준으로 제1 변환기울기 내지 제3 변환기울기 사이의 각도를 계산하여, 이를 영향평가 수치로 활용한다. 기본기울기와 3개의 변환기울기 사이의 각도에 따라 자극 파라미터의 영향을 정량적으로 판단할 수 있으며, 이를 통해 자극 파라미터들의 최적화된 값들도 도출할 수 있다.

[0033] 도 3은 3가지 자극 파라미터의 가변 조건을 나타낸다.

[0034] 도 3을 참조하면, 기본 자극 파라미터의 값으로는 자극의 세기(P1), 자극의 지속시간(P2) 및 자극과 자극의 시간 간격(P3)이고, 이들의 기본 값으로는 100㎂, 3초 및 60초이다. 이들의 값을 하나씩 3단계에 걸쳐 변화를 주면서 자극을 인가하는데, 첫 번째는 자극의 세기(P1)를 100㎂의 두 배인 200㎂로 변경하는 것이고, 두 번째는 자극의 지속시간(P2)을 3초에서 1.5초로 1/2로 감소시키는 것이며, 세 번째는 자극과 자극의 시간 간격(P3)을 60초에서 120초로 두 배로 증가시키는 것이다. 변화하는 값 이외에는 기본 값을 그대로 유지하도록 한다.

[0035] 이렇게 해서 측정한 기본기울기를 S1, 제1 변환기울기를 S2, 그리고 제3 변환기울기를 S3라고 할 때, 각각의 기울기를 정리하면 아래의 테이블과 같다.

표 1

[0036]

기울기의 종류	기울기의 크기
S1	-0.95345
S2	-1.4192
S3	0.024169

[0037] 이 값을 이용하여 각각의 자극 파라미터의 변화에 따른 신경반응의 상태를 아래와 같은 방식으로 수치화할 수 있다.

[0038] 도 4는 기본기울기와 제1 변환기울기를 이용하여 자극의 세기를 변화시켰을 때의 자극의 세기와 신경반응의 관계를 평가할 수 있는 수치를 계산하는 과정 및 그래프를 나타낸다.

[0039] 도 4a는 기본기울기와 제1 변환기울기의 내각을 계산하는 과정을 나타내고, 도 4b는 계산 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

[0040] 도 5는 기본기울기와 제3 변환기울기를 이용하여 자극과 자극의 시간 간격에 변화를 주었을 때의 자극과 자극의 시간 간격과 신경반응의 관계를 평가할 수 있는 수치를 계산하는 과정 및 그래프를 나타낸다.

[0041] 도 5a는 기본기울기와 제3 변환기울기의 내각을 계산하는 과정을 나타내고, 도 5b는 계산 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

[0042] 갈바닉 전정자극이 오랫동안 전정기관을 연구하는 기초연구에서 많이 사용되어 왔으나, 각각의 자극 파라미터에 대한 신경정보를 이해하는데 필요한 해석방법은 전무한 상태이고, 따라서 갈바닉 전정자극의 기본적인 파라미터 값은 존재하지 않으며, 일반적으로 자극의 부위, 목표하는 중추 자극 영역, 전극의 상태 등의 다양한 요인들에 의해 자극 파라미터들이 결정된다.

[0043] 본 발명에서 제안하는 방법은 3가지 자극 파라미터를 가변하면서 측정한 신경의 평균 발화율의 기울기들이 가지는 차이(각)를 이용하여 3가지 자극 파라미터와 해당 신경반응의 정도를 가늠할 수 있도록 하는 영향평가 수치를 제공하는 것으로, 전정기관의 연구에서 전기적인 자극을 통한 신경반응의 이해도를 증대시킬 수 있는 해석방법이 될 것이다.

[0044] 이상에서는 본 발명에 대한 기술사상을 첨부 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 기술자라면 누구나 본 발명의 기술적 사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방 가능함은 명백한 사실이다.

부호의 설명

[0045] 210: 기본기울기 획득단계

211: 파라미터의 기본 값 설정단계

212: 신경세포의 자극단계

213: 신경의 평균발화율 계산단계

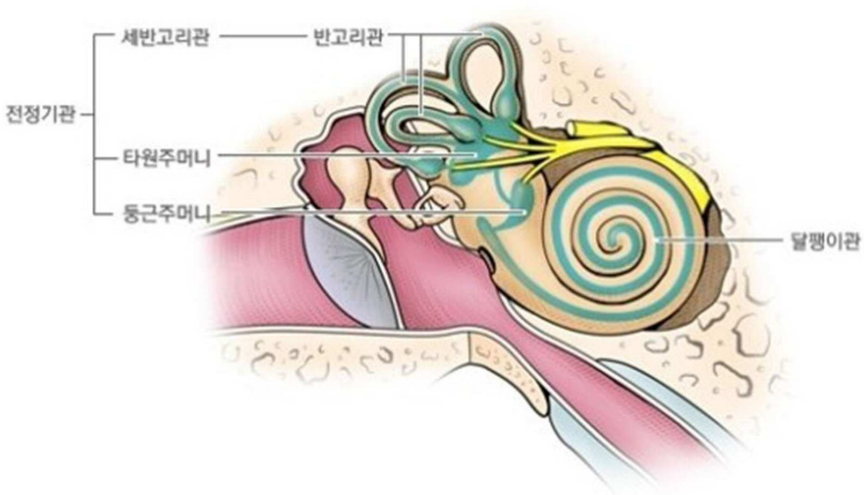
214: 평균발화율의 기본기울기 계산단계

220: 변환기울기 획득단계

230: 영향평가 수치 생성단계

도면

도면1



도면2

기본 기울기 획득(210);		- 파라미터의 기본 값 설정(211); - 신경세포의 자극(212); - 신경의 평균 발화율 계산(213); - 평균 발화율의 기본 기울기 계산(214);
변환 기울기 획득(220);	제1 변환 기울기 획득 단계(221)	- 자극의 세기 값 변화 - 신경세포의 자극 - 신경의 평균 발화율 계산 - 평균 발화율의 제1 변환 기울기 계산
	제2 변환 기울기 획득 단계(222);	- 자극의 지속시간을 변화 - 신경세포의 자극 - 신경의 평균 발화율 계산 - 평균 발화율의 제2 변환 기울기 계산
	제3 변환 기울기 획득 단계(223);	- 자극과 자극 사이의 시간 변화 - 신경세포의 자극 - 신경의 평균 발화율 계산 - 평균 발화율의 제3 변환 기울기 계산
영향평가 수치 생성(230);		- 영향평가 수치 생성

도면3

자극 파라미터	기본 자극	P1 변환	P2 변환	P3 변환
P1 (μA)	100	200	100	100
P2 (sec)	3	3	1.5	3
P3 (sec)	60	60	60	120

도면4a

$$\tan(\theta_{P1}) = \frac{S_2 - S_1}{|1 + S_1 \times S_2|}$$

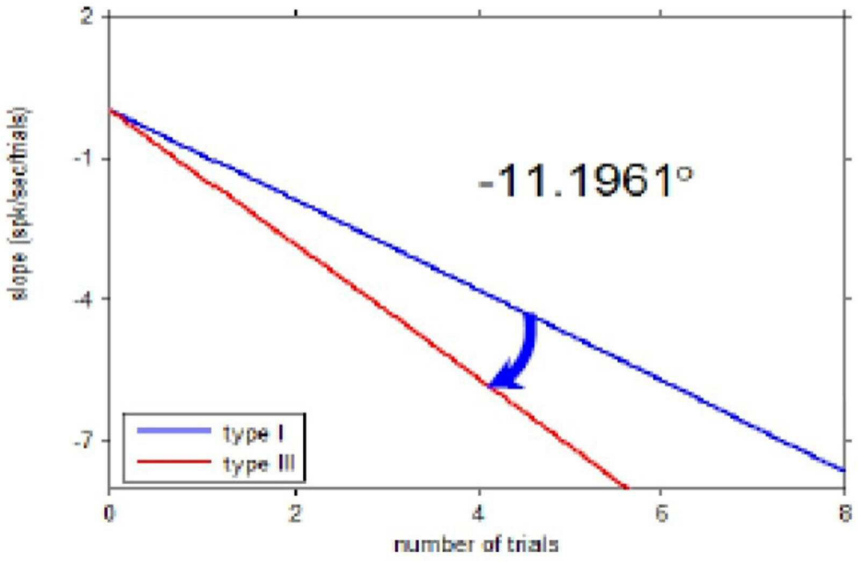
$$\rightarrow \quad \theta_{P1} = tan^{-1}\left(\frac{S_2 - S_1}{|1 + S_1 \times S_2|}\right)$$

$$= tan^{-1}\left(\frac{-1.4192 - (-0.95345)}{|1 + (-0.95345)(-1.4192)|}\right)$$

$$= -0.1954 \text{ (radian)}$$

$$\therefore \; -0.1954 \times \frac{180}{\pi} = -11.1961°$$

도면4b



도면5a

$$\tan(\theta_{P3}) = \frac{S_3 - S_1}{|1+S_1 \times S_3|}$$

$$\rightarrow \quad \theta_{P3} = tan^{-1}\left(\frac{S_3 - S_1}{|1+S_1 \times S_3|}\right)$$

$$= tan^{-1}\left(\frac{0.024169-(-0.95345)}{|1+(-0.95345)(0.024169)|}\right)$$

$$= 0.7857 \text{ (radian)}$$

$$\therefore \ 0.7857 \times \frac{180}{\pi} = 45.0195°$$

도면5b

