

## 電氣刺戟에 대한 역돔의 心電圖

韓圭桓 · 梁龍林\*

釜山情報大學, \*釜慶大學校  
(2002년 10월 17일 접수)

## Response of Electrocardiogram of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* to Electric Stimulus

Kyoo-Hwan Han and Yong-Rhim Yang\*

Busan Information Technology College, \*Pukyong National University  
(Received October, 17, 2002)

### Abstract

The response of electrocardiogram(ECG) of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* [Linnaeus] was studied to the electric stimulus which was given to a certain part of body.

The experiments were performed in such a way that three levels of electric stimulus (20, 30, 40  $V_p$  ; 10 msec) were given to fishes with electrode inserted into their bodies and then their ECGs were recorded continuously for 60 minutes in the water temperature of 16~18°C.

The results of the experiments were divided by day and night, and then were analyzed by experimental conditions as follows:

1. Nile tilapia reached a stable condition within 3 minutes after the electrode inserted into their bodies during anesthesia. In stable condition, the heart rates average was 45.8 *beat/min* during daytime and 45.0 *beat/min* at night. The action potentials average was 1.76  $\mu V$  during daytime and 1.75  $\mu V$  at night.

2. The heart rates average by three levels of electric stimulus were

① In the stimulus condition, the heart rates were 34.9 *beat/min* during daytime and 33.4 *beat/min* at night for the 20  $V_p$  level, 36.8 *beat/min* during daytime and 36.0 *beat/min* at night for the 30  $V_p$  level, and 38.0 *beat/min* during daytime and 36.4 *beat/min* at night for the 40  $V_p$  level.

② In the recovery condition, the action potentials were 45.5 *beat/min* during daytime and 45.1 *beat/min* at night for the 20 $V_p$  level, 47.9 *beat/min* during daytime and 49.0 *beat/min* at night for the 30 $V_p$  level, and 51.4 *beat/min* during daytime and 50.7 *beat/min* at night for the 40 $V_p$  level.

3. The action potentials average by three levels of electric stimulus were,

① In the stimulus condition, action potentials were 2.54  $\mu V$  during daytime and 2.39  $\mu V$  at night for the 20  $V_p$  level, 3.30  $\mu V$  during daytime and 2.30  $\mu V$  at night for the 30  $V_p$  level and 6.05  $\mu V$  during daytime and 3.23  $\mu V$  at night for the 40  $V_p$  level.

② In the recovery condition, action potentials were 1.92  $\mu V$  during daytime and 1.95  $\mu V$  at night for the 20  $V_p$  level and 2.78  $\mu V$  during daytime and 2.21  $\mu V$  at night for the 30 $V_p$  level and 3.60  $\mu V$  during daytime and 2.98  $\mu V$  at night for the 40  $V_p$  level.

緒 論

生體의 電氣刺戟에 대한 연구는 Galvani에 의하여 개구리 다리에 전기자극을 주었을 때 근육의 수축현상이 발견되면서 시작되었다(Alan, 1983).

Waller는 인체가 심장의 박동에 의하여 기전력이 발생한다는 것을 처음 발견 검출하였고, Eintheven은 심전도 기록을 채표면에서 하는 것을 성공하였으며, 현재 우리가 사용하는 임상 心電圖 학문의 기초가 되고 있다(安·金, 1976).

어류의 心電圖에 대한 연구는 Oets(1950)가 뱀장어, *Anguilla vulgaris*의 어체표면에 전극을 부착하여 心電圖를 기록한 것을 시작으로, Otis et al(1957)가 금붕어, *Carassius auratus*의 어체 내에 전극을 삽입하여 心電圖를 조사한 후부터, 여러 刺戟에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

心電圖란 심장 박동으로부터 발생하는 電氣的 방전( 흥분상태)과 충전(회복상태)에 따르는 電氣的 현상(전위, 전류)을 기하학적인 그림 형상으로 측정 기구를 통하여 표시한 것으로(한국심장질환 연구소, 1986), 心電圖의 각 파형을 P, QRS, T, U 파형으로 명명하여 사용하고 있다(장, 2000).

어류의 심장은 川本(1975)에 의하면, 체강의 전방에 있는 위심장 가운데 위치하고, 어류에서는 다음의 4개 부분인 정맥혈, 심방, 심실 및 심장구로 되어 있으며, 심장벽에는 근육이 발달하지만 부분적으로는 서로 다르다.

심장은 심장세포 자체에 電氣的 특성을 가지므로 어류에 電氣刺戟을 가하는 연구는 매우 흥미로운데, 電氣刺戟에 의한 어류의 연구는 어류의 電氣 감수성에 관한 연구(山森, 1992) 등이 있지만, 電氣刺戟에 의한 어류의 心電圖 연구는 찾아보기 어려운 실정이고 物理的 刺戟에 의한 어류의 心電圖를 晝間과 夜間을 구분하여 狀態別로 연속적으로 조사 보고한 연구로는 광 자극에 대한 향어의 心電圖(梁·金, 2001)가 있지만, 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 역돔의 체내에 電極을 삽입하여, 몸통 부위에 電氣刺戟을 주어 이에 대한 心電圖를 刺戟전과 각 刺戟별로 晝間과 夜間으로 구분하여 조사·분석하여, 電氣刺戟이 어류의 生理生體에 미치는 영향, 電氣를 이용한 어업에서의 위협에 필요한 적정 電氣刺戟 및 어류생리생태학 분야에 응용할 수 있는 자료를 제공하고자 한다.

資料 및 方法

실험어는 부경대학교 양식장에서 서식하고 있는 체장이 18~20 cm인 역돔, *Oreochromis niloticus* [Linnaeus]를 2000년 5월 및 10월에 상태가 양호한 50미를 선별 채집하여, 사육수조(L 170×W 35×H 45 cm)에 분산하여, 15일 이상 적응시킨 다음 실험에 사용하였고, 실험어는 한번씩만 사용하였으며, 수조내의 수질관리는 순환여과식 장치로 관리하였는데, 실험수온 범위는 16~18℃로 유지하였다.

電極 삽입은 실험어를 1 : 3000로 희석한 마취액(MS-222) 속에서 5분간 마취시킨 후, 애나멜 절연 리드선에 연결된 침 전극을 심장 박동에 의한 기전력의 영향을 잘 받는 위심장의 우측에 ① 전극, 좌측에 ② 전극을 가능한 한 같은 부위에 각각 삽입하여 心電圖 파형이 나오게 하였다.

실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같은데, 실험수조는 두께 0.5cm인 투명아크릴 수조(L 36×W 30×H 22 cm)이며, 실험어를 안착시킬 수 있는 조립식 어류안착장치(fish-holder : L 25×W 15×H 9 cm)를 그 내부에 설치하였으며, 실험어의 크기에 따라 길이와 폭을 조절할 수 있도록 하였다. 어류안착 장치의 양면에 실험어의 체형에 따라 몸통에 電氣刺戟을 줄수 있는 위치에 구리 電氣刺戟板( $\phi=10\text{ mm}$ ,  $d=0.2\text{ mm}$ )을 부착하였다.

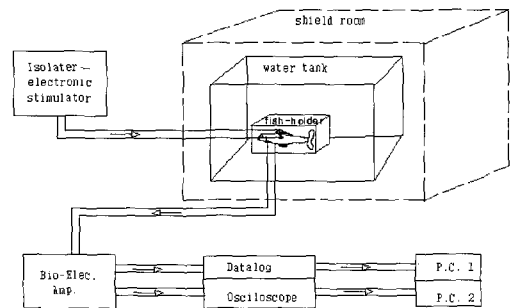


Fig. 1. Flow-chart of ECG equipments.

실험어와 電氣刺戟源의 거리를 가능한 짧게 하여 전압손실을 줄였으며, 실험실은 외부 전자파를 최대한 차단하였으며, 晝間과 夜間의 바이오리듬(bio-rhythm)에 의한 心電圖를 측정하기 위하여 암막 처리하였다.

電氣刺戟源은 電氣刺戟의 環境을 정할 수 있는

장치인 Electronic stimulator와 어류에서 발생하는 電氣인 현상의 역류를 방지하고 자극값의 배율을 조절할 수 있는 Isolator로 구성하였으며, 電氣刺戟板은 원형 구리판으로 하였고, 극판에 연결된 리드선은 이중 피복이 된 연선으로 사용하였다. 電氣刺戟電壓은 D.C. 20, 30, 40 Vp를 사용하였으며, 電氣刺戟 時間은 10 msec, 펄스는 1 train으로 하였다.

心電圖의 측정은 실험어를 실험수조에서 30 분간 암순응시킨 후, 癡醉시켜 電極을 삽입하고, 어류안착장치(fish holder)에 안착시켰다(Fig. 1). 어류를 안착시키고 20분이 경과한 후, 실험어의 몸통에 電氣刺戟을 10 msec간 한번 가하고, 안착 후부터 60분간 연속적으로 실험어의 心電圖를 측정하였다. 이와 같은 실험은 3가지 電氣刺戟源(20, 30, 40 Vp ; 10 msec)에 대하여 晝間과 夜間으로 구분하여 3회 이상 각각 실시하였다.

실험어에 삽입된 電極에서 나오는 신호는 Bioelectric Amplifier에서 증폭되어 Oscilloscope와 Data Logger에 동시에 각각 전송되는데, Oscilloscope에 전송되는 파형이 정상인지를 판별하여 정상일 때부터 매 분당 P.C.1에, Data Logger에 전송되는 신호는 P.C.2에 초당 60분간 저장하였다.

心電圖의 분석은 각 실험 조건 하에서 연속적으로 측정된 60분간 心電圖를 刺戟 전인 癡醉狀態(心博數가 서서히 증가하는 狀態), 安定狀態(心博數가 급격히 증가하다가 일정하게되는 狀態), 刺戟후인 刺戟-回復狀態(心博數가 급히 떨어졌다가 증가하는 狀態), 回復狀態(心博數가 거의 변하지 않는 狀態)의 4가지 狀態로 구분하여, 心電圖의 心博數와 生體電位를 다음과 같이 비교 분석하였다.

心博數는 어류에서 발생하는 心電圖가 Oscilloscope 화면에 나타나는 10초간의 파형을 매 분당 저장한 데이터를 가지고 beat/min로 환산하여 나타내어 晝間과 夜間에서의 각 刺戟 및 狀態別로 비교 분석하였으며, 生體電位는 어류에서 매초당 발생하는 전위를 Data Logger에  $\mu V$  단위의 수치로 저장한 값을 분당 평균하여, 晝間과 夜間에서의 각 刺戟 및 狀態別로 비교 분석하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 초기 상태의 心電圖

電氣刺戟을 가하기 전인 20분간의 역듬의 心電圖를 晝間과 夜間으로 구분 조사한 心博數의 변화는 Fig. 2와 같고, 生體電位의 변화는 Fig. 3과 같다.

Fig. 2에서 心博數는 시간이 경과함에 따라 증가하다가 비교적 큰 변동이 보이지 않았는데, 癡醉狀態인 1~3분은 心博數가 서서히 증가하였고, 安定狀態인 3~20분은 급격히 증가하다가 일정한 경향을 보였으며, 晝間の 心博數가 夜間보다 다소 많았다.

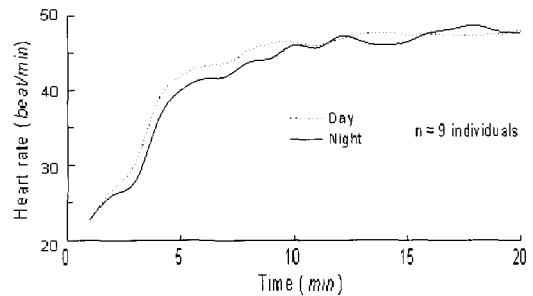


Fig. 2. Variations in heart rates of Nile tilapia under stable condition.

平均心博數는 癡醉狀態(1~3분)에서 晝間에 26.5 beat/min, 夜間에 25.5 beat/min였고, 安定狀態(3~20분)에서는 晝間에 45.8 beat/min, 夜間에 45.0 beat/min로 晝夜間の 차이는 거의 없었으며, 癡醉狀態에서의 平均心博數가 安定狀態보다 대단히 적었다.

心博數의 변화폭은 癡醉狀態에서 晝間에 7.9 beat/min, 夜間에 5.3 beat/min로, 晝間에 다소 컸고, 安定狀態에서는 晝間에 9.3 beat/min, 夜間에 12.7 beat/min로, 夜間에 다소 컸으며, 癡醉狀態에서의 心博數의 변화폭이 安定狀態보다 적었다.

癡醉狀態에서 安定狀態로 회복되는 시간이 역듬은 3분이 소요되는데, 향어(梁·金, 2001)는 5분이 소요되어, 향어보다 역듬이 癡醉狀態에서 회복이 빠른 어종이라고 생각된다.

어류의 평상시 心博數는 川本(1975)에 의하면, 두둑상어, *Scyliorhinus torazame*는 16~65 beat/min, 뱀장어, *Anguilla japonica*는 20~80 beat/min, 대구, *Gadus macrocephalus*는 30~40 beat/min, 붕어는 36~40 beat/min라고 보고되고 있는데, 일반적으로 운동이 둔한 어류는 心博數가

낮았고, 활발한 어류는 心博數가 높았다. 그리고 安定狀態에서의 향어의 心博數는 晝間에 58.4~69.5 *beat/min*, 夜間에 58.8~72.0 *beat/min*(梁·金, 2001)이고, 역돔의 心博數는 晝間에 38.7~48.0 *beat/min*, 夜間에 36.0~48.7 *beat/min*으로 나타나 역돔은 다른 어류에 비해 활동성이 적은 어종에 속한다고 생각된다.

Fig. 3에서 生體電位는 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 그 변화가 심하지 않았으며, 晝間の 生體電位가 夜間보다 다소 높았다.

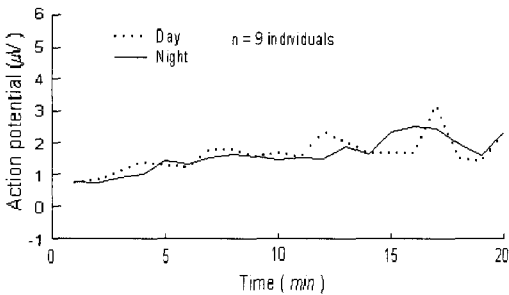


Fig. 3. Variations in action potentials under stable condition.

平均生體電位는 癡醉狀態(1~3분)에서 晝間에 0.88  $\mu V$ , 夜間에 0.81  $\mu V$ 였고, 安定狀態(3~20分)에서는 晝間에 1.76  $\mu V$ , 夜間에 1.75  $\mu V$ 로 晝夜間の 차이는 거의 없었으며, 癡醉狀態에서의 平均生體電位가 安定狀態보다 낮았다.

生體電位의 변화폭은 癡醉狀態에서 晝間에 0.33 $\mu V$ , 夜間에 0.17 $\mu V$ 였고, 安定常態에서는 晝間에 1.95 $\mu V$ , 夜間에 1.50 $\mu V$ 로 晝間에 더 높았다.

癡醉狀態와 安定狀態에서의 生體電位의 변화폭을 비교해 보면, 癡醉狀態에서의 生體電位의 변화폭이 安定狀態보다 낮았는데, 향어의 경우도 癡醉狀態에서의 生體電位의 변화폭이 安定狀態보다 낮았다(梁·金, 2001)고 보고된 바 있다.

이러한 결과들은 초기상태에서의 역돔의 心電圖는 晝間과 夜間の 차이가 크지 않았으므로, 비교적 晝間과 夜間에 비슷한 생리주기를 가지고 있다고 생각되어지고, 초기상태에서의 心博數와 生體電位의 변화는 일정한 비례관계가 성립하지는 않는다고 생각되어진다.

## 2. 電氣刺戟에 따른 心博數

3가지 電氣刺戟源(20, 30, 40 *Vp*; 10*msec*)

으로 실험어에 刺戟을 가한 후 40분(20~60분)간의 心電圖를 晝間과 夜間으로 구분 조사한 心博數의 변화는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 刺戟을 가한 직후인 20~21분에 心博數가 급격히 감소하였다가 서서히 증가한 후 거의 일정하였는데, 刺戟의 세기에 따라 心博數가 거의 일정하게 되는 시간이 다르게 나타났다.

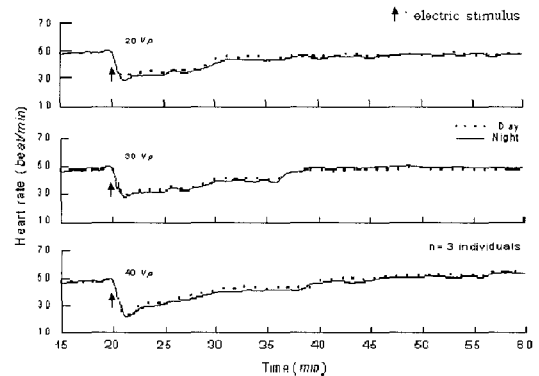


Fig. 4. Variation in heart rates of three level electric stimulus.

電氣刺戟 직후인 20~21분(1분간)에서의 刺戟別 最小心博數는 電氣刺戟이 20 *Vp*인 경우 晝間에 31.2 *beat/min*, 夜間에 29.3 *beat/min*였고, 30 *Vp*인 경우 晝間에 30.0 *beat/min*, 夜間에 29.3 *beat/min*였으며, 40 *Vp*인 경우 晝間에 24.3 *beat/min*, 夜間에 23.7 *beat/min*로 電氣刺戟의 세기가 강할 수록 心博數가 더 적었고, 晝間과 夜間の 차이는 거의 없었다.

刺戟別 平均心博數는 電氣刺戟이 20 *Vp*인 경우, 刺戟-回復狀態가 9분간(21~30分) 지속되었으며 平均心博數는 晝間에 34.9 *beat/min*, 夜間에 33.4 *beat/min*였고, 回復狀態인 30~60분에서는 晝間에 45.5 *beat/min*, 夜間에 45.1 *beat/min*였다. 30 *Vp*인 경우는 刺戟-回復狀態가 16분간(21~37分) 지속되었으며, 平均心博數는 晝間에 36.8 *beat/min*, 夜間에 36.0 *beat/min*였고, 回復狀態인 37~60분에서는 晝間에 47.9 *beat/min*, 夜間에 49.0 *beat/min*였다. 40 *Vp*인 경우는 刺戟-回復狀態가 18분간(21~39分) 지속되었으며, 平均心博數는 晝間에 38.0 *beat/min*, 夜間에 36.4 *beat/min*였고, 回復狀態인 39~60분에서는 晝間에 51.4 *beat/min*, 夜間에 50.7 *beat/min*였다.

刺戟別 平均心博數를 비교해 보면, 電氣刺戟의

세기가 강할수록 刺戟-回復狀態가 오래 지속되었고, 晝間과 夜間의 平均心博數 차이는 크지 않았으며, 3가지 電氣刺戟에 따른 刺戟-回復狀態의 平均心博數가 回復狀態보다 더 적었다.

刺戟別 心博數의 변화폭은 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~30分)에서 晝間에 11.0 beat/min, 夜間에 10.6 beat/min였고, 回復狀態(30~60分)에서 晝間에 5.6 beat/min, 夜間에 4.6 beat/min로, 晝間에 다소 컸다. 30 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~37分)에서 晝間에 14.6 beat/min, 夜間에 16.5 beat/min로, 夜間에 더 컸고, 回復狀態(37~60分)에서 晝間에 3.1 beat/min, 夜間에 3.4 beat/min로, 晝間에 다소 컸다. 40 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~39分)에서 晝間에 20.3 beat/min, 夜間에 21.7 beat/min였고, 回復狀態(39~60分)에서 晝間에 6.3 beat/min, 夜間에 7.2 beat/min로, 夜間에 다소 컸다.

刺戟別 心博數의 변화폭을 비교해 보면, 電氣刺戟의 세기가 강할수록 回復狀態가 늦게 나타났고, 平均心博數의 晝間과 夜間 차이는 크지 않았으며, 3가지 電氣刺戟에 따른 刺戟-回復狀態의 心博數의 변화폭이 回復狀態보다 더 컸다.

電氣刺戟의 세기에 따른 역듬의 刺戟-回復狀態와 回復狀態에서의 心博數를 비교해 보면, 電氣刺戟의 세기가 강할수록 刺戟 回復狀態가 오래 지속되었고, 心博數는 더 적었다. 心博數의 변화폭 차이는 컸지만, 晝間과 夜間의 차이는 크지 않았고, 光 刺戟에 대한 향어의 心電圖(梁·金, 2001)에서도 光 刺戟의 세기가 강할수록 향어의 心博數가 많이 떨어진다고 보고된 바 있다.

### 3. 電氣刺戟에 따른 生體電位

3가지 電氣刺戟源(20, 30, 40 Vp ; 10 msec)으로 실험어에 刺戟을 가한 후 40분(20~60分)간의 心電圖를 晝間과 夜間으로 구분 조사한 역듬의 生體電位의 변화는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 刺戟을 가한 직후인 20~21분에 生體電位가 급격히 증가하다가 감소한 후 다소 증감하는 경향을 보였는데, 刺戟의 세기에 따라 生體電位의 증감현상이 다르게 나타났다.

電氣刺戟 직후인 20~21分(1분간)에서의 刺戟別 最大生體電位는 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 晝間에 7.61  $\mu$ V, 夜間에 6.24  $\mu$ V였고, 30 Vp인 경우, 晝間에 8.81  $\mu$ V, 夜間에 9.56  $\mu$ V였으며, 40 Vp인 경우, 晝間에 21.31  $\mu$ V, 夜間에 18.01  $\mu$ V로, 電氣刺

戟의 세기가 강할수록 最大生體電位가 더 높았다.

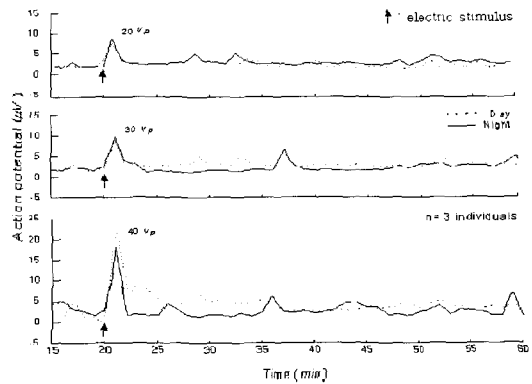


Fig. 5. Variation in action potentials of three level electric stimulus.

刺戟別 平均生體電位는 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~30分)에서 平均生體電位는 晝間에 2.54  $\mu$ V, 夜間에 2.39  $\mu$ V였고, 回復狀態(30~60分)에서 晝間에 1.92  $\mu$ V, 夜間에 1.95  $\mu$ V였다. 30 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~37分)에서 晝間에 3.30  $\mu$ V, 夜間에 2.30  $\mu$ V였고, 回復狀態(37~60分)에서 晝間에 2.78  $\mu$ V, 夜間에 2.21  $\mu$ V였다. 40 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~39分)에서 晝間에 6.05  $\mu$ V, 夜間에 3.23  $\mu$ V였고, 回復狀態(39~60分)에서 晝間에 3.60  $\mu$ V, 夜間에 2.98  $\mu$ V였다.

刺戟別 平均生體電位를 比較해 보면, 電氣刺戟의 세기가 강할수록 刺戟-回復狀態가 오래 지속되었고, 晝間과 夜間의 平均生體電位 차이는 크지 않았으며, 3가지 電氣刺戟源에 따른 刺戟-回復狀態의 平均生體電位가 回復狀態보다 더 높았다.

刺戟別 生體電位의 변화폭은 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~30分)에서 晝間에 평균 6.21  $\mu$ V, 夜間에 5.06  $\mu$ V였고, 回復狀態(31~60分)에서는 晝間에 2.79  $\mu$ V, 夜間에 2.38  $\mu$ V였다. 30 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~37分)에서 晝間에 6.49, 夜間에 8.61  $\mu$ V였고, 回復狀態(37~60分)에서 晝間에 2.10  $\mu$ V, 夜間에 3.39  $\mu$ V였다. 40 Vp인 경우, 刺戟-回復狀態(21~39分)에서 晝間에 18.62  $\mu$ V, 夜間에 16.65  $\mu$ V로 晝間에 더 높았고, 回復狀態(39~60分)에서 晝間에 2.63  $\mu$ V, 夜間에 5.52  $\mu$ V였다.

刺戟別 生體電位의 변화폭을 比較해 보면, 電氣

刺戟의 세기가 강할수록 刺戟-回復狀態가 오래 지속되었고, 晝間과 夜間의 平均生體電位 차이는 크지 않았으며, 3 가지 電氣刺戟源에 따른 刺戟-回復狀態의 生體電位の 변화폭이 回復狀態보다 더 높았다.

電氣刺戟의 세기에 따른 역돔의 刺戟-回復狀態와 回復狀態에서의 生體電位를 비교해 보면, 電氣刺戟의 세기가 강할수록 刺戟-回復狀態가 오래 지속되었고, 生體電位の 변화폭 차이도 晝間과 夜間이 높게 나타났다. 그리고 電氣刺戟의 세기에 따라 역돔의 晝間과 夜間の 생리주기가 달라질 수 있고, 光 刺戟에 대한 향어의 心電圖(梁·金, 2001)에서도 光 刺戟의 세기가 강할수록 향어의 生體電位の 변화폭 차이가 높게 나타났다고 보고된 바 있다.

고, 30 Vp인 경우, 晝間에 47.9 beat/min, 夜間에 49.0 beat/min 였으며, 40 Vp 인 경우, 晝間에 51.4 beat/min, 夜間에 50.7 beat/min로 나타났다.

3. 刺戟別 平均生體電位는

- ① 刺戟-回復狀態에서 電氣刺戟이 20Vp인 경우, 晝間에 2.54 $\mu$ V, 夜間에 2.39 $\mu$ V였고, 30Vp인 경우, 晝間에 3.30 $\mu$ V, 夜間에 2.30 $\mu$ V 였으며, 40 Vp 인 경우 晝間에 6.05 $\mu$ V, 夜間에 3.23 $\mu$ V로 나타났다.
- ② 回復狀態에서 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 晝間에 1.92 $\mu$ V, 夜間에 1.95 $\mu$ V 였고, 30 Vp인 경우, 晝間에 2.78 $\mu$ V, 夜間에 2.21 $\mu$ V 였으며, 40 Vp인 경우 晝間에 3.60 $\mu$ V, 夜間에 2.98 $\mu$ V로 나타났다.

要 約

電氣刺戟에 대한 역돔, *Oreochromis niloticus* [Linnaeus]의 心電圖를 구명하기 위하여, 어체내에 전극을 삽입하여 3가지 電氣刺戟源(20, 30, 40 Vp ; 10 msec)으로 실험어에 刺戟을 가하였을 때의 心電圖를 晝間과 夜間으로 구분하여 60분간 조사한 心搏數와 生體電位를 刺戟 전(癱醉狀態, 安定狀態)과 刺戟 후(刺戟-回復狀態, 回復狀態)로 구분하여 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1. 역돔은 癱醉 후 3 분 뒤에 安定狀態에 도달하였고, 安定狀態에서의 平均心搏數는 晝間에 45.8 beat/min, 夜間에 45.0 beat/min였고, 平均生體電位는 晝間에 1.76 $\mu$ V, 夜間에 1.75 $\mu$ V 였다.
- 2. 刺戟別 平均心搏數는
  - ① 刺戟-回復狀態에서 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 晝間에 34.9 beat/min, 夜間에 33.4 beat/min였고, 30 Vp인 경우, 晝間에 36.8 beat/min, 夜間에 36.0 beat/min였으며, 40 Vp인 경우 晝間에 38.0 beat/min, 夜間에 36.4 beat/min로 나타났다.
  - ② 回復狀態에서 電氣刺戟이 20 Vp인 경우, 晝間에 45.5 beat/min, 夜間에 45.1 beat/min였

參考文獻

- 1) Alan H. C. (1983) : Physic for the life sciences, R. R. Donnelley & Sons Company, 396~403.
- 2) Oets, J. (1950) : Electrocardiograms of fishes, Physiologia comp. Oecol., 2, 181~186.
- 3) Otis, L. S., Cerft, J. A. and Thomas, G. J. (1957) : Conditioned inhibition of respiration and heart rate in the goldfish, Science, 126, 263~264.
- 4) 강두희(2000) : 生理學(5판), 신광출판사, 8장 23~31.
- 5) 山森邦夫(1992) : 電氣シヨツクに對する魚類の反應. 水産工學, 28, 121~126.
- 6) 安永泰·金仁守(1976) : 生電子學, 서울신문사출판국, 49~80.
- 7) 梁龍林·金榮起(2001) : 光 刺戟에 대한 향어의 心電圖. 韓國漁業技術學會誌, 37, 124~132.
- 8) 川本信之(1975) : 魚類生理生態學, 恆星社厚生閣版, 65~67.
- 9) 한국심장질환연구소(1986) : 심전도 판독법, 고려의학, 1~4.