

瞳孔径に連動した脳活動の変化

機械情報工学科 120277 徳茂 宏之
指導教員 高橋 宏知 講師

1. 背景

人は、興奮状態にある時と沈静状態にある時とで、同じ刺激に対する反応が違う。これは、脳状態に応じて、脳の情報処理が異なることによる。興奮状態や沈静状態は、自律神経系で制御される。危機を感じて自律神経の交感神経が賦活すると、心拍数が上昇し、瞳孔が散大する。一方、安静状態に入り副交感神経が賦活すると、心拍数が下降し、瞳孔が縮小する[1]。特に瞳孔は、自律神経系の活動指標として、計測の非侵襲性や簡便さの点から有用であるが、瞳孔径と脳活動の連動について、特に、感覚情報処理との関連については不明な点が多い。よって本研究は両者の関係を明らかにするため、自律神経の指標として瞳孔径に、脳活動の指標として聴覚野における音に対する反応の大きさに、それぞれ着目した。

2. 目的

本研究の目的は、第一に、ラットの瞳孔径と脳表面の活動を同時記録する実験系を構築することである。第二に、瞳孔径と脳活動の関係性を、聴覚野における聴性誘発反応を用いて調べることである。

3. 方法

図1に、構築した実験系の概念図を示す。まず、ラットの可視光外である赤外線LED投光器を用い、左目を赤外光で照らし、拡散反射光を通じて赤外線カメラ付き顕微鏡でラットの眼を撮影した(図2)。撮影された瞳孔を、画像処理で二値化し、楕円近似した長軸を瞳孔径として推定した。なお、音刺激装置とトリガ用の赤外線LEDを接続し、音刺激と瞳孔撮影動画を同期させた。麻酔下のラットの脳表面から、聴性誘発電位を多点同時計測し、同時に開瞼器で見開いた左目の瞳孔径を計測した。右聴覚野に64点の計測点を持つ微小表面電極アレイを設置し、左耳から12 cm離れたスピーカから刺激音を呈示した。刺激音として、全周波数成分を含むクリック音と、様々な高さのトーンバースト音を用いた。

実験条件として、(i)瞳孔径の自発変化を調べる条件と、(ii)痛覚、光、散瞳薬(アトロピン)投与、縮瞳薬(ワゴスチグミン)投与、の四種類の刺激で瞳孔径を強制的に変化させる条件を用いた。条件(i)では、瞳孔径と聴性誘発反応の振幅との相関を計算し、(ii)の痛覚刺激の条件では、クリック音を1 Hzで継続して提示しつつ、ラット左足裏を30秒間電気刺激した時の聴性誘発反応の振幅の時間変化を調べた。また、光、散瞳薬投与、縮瞳薬投与条件では、刺激前後の聴性誘発反応の振幅をそれぞれ比較した。

4. 結果と考察

図3に、構築した計測系で得られた、瞳孔径の時系列変化の例を示す。このように瞳孔径は2分程度で周期的に変動した。交感、副交感神経のバランスが周期的に変化しているからだと思われる[2]。図4に、瞳孔径が自発変化する際の瞳孔径と聴性誘発反

応の振幅との相関を示す。高い音やクリック音条件で有意に負に相関した。痛覚刺激では、クリック音の誘発反応の振幅が有意に小さくなった。一方、散瞳薬投与では、特に低音で誘発反応の振幅が有意に小さくなった。このように、散瞳時すなわち交感神経優位な状態では、音誘発反応が相対的に減少した。それに対し、光刺激と縮瞳薬投与では、有意な変化は見られなかった。これは縮瞳時すなわち副交感神経優位な状態は、音誘発反応の変化に影響しないことを示唆する。

5. 結論

第一に、瞳孔径と聴覚野表面の活動を同時記録する実験系を構築できた。第二に、瞳孔径の変化は、刺激に対する脳の誘発反応と連動し、散瞳状態の時に誘発反応が小さくなった。

参考文献

- [1] D. Palomba, "Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli" Int J Psychophysiol 27 1997.
- [2] T. Blasiak, et al., "Infra-Slow Oscillation (ISO) of the Pupil Size of Urethane-Anaesthetised Rats" PLoS ONE, vol 8, April 2013

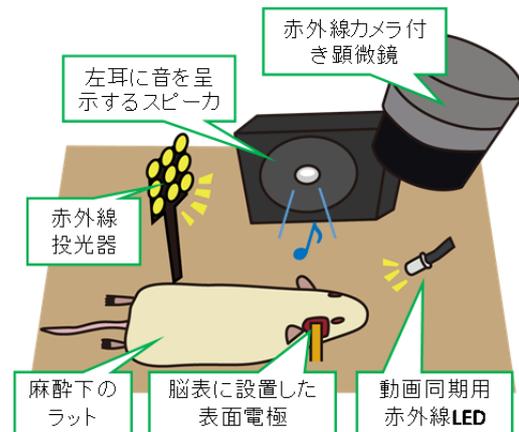


図1 瞳孔径脳活動同時計測実験系の概念図

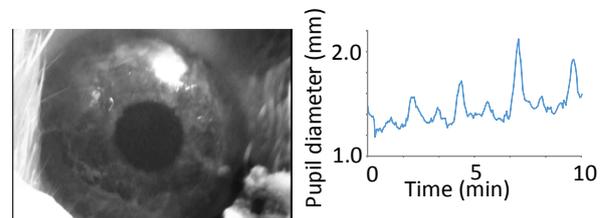


図2 撮影されたラット瞳孔

図3 瞳孔の変化の例

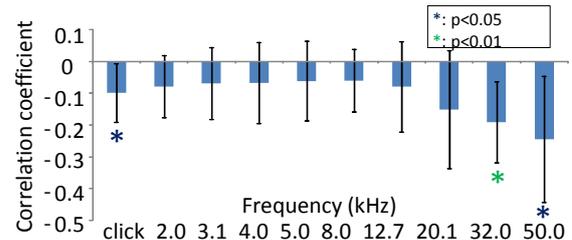


図4 自発的に変化する瞳孔径と聴性誘発活動の振幅の相関係数