心周期は報酬関連刺激の処理を調節する

—事象関連脳電位を用いた検討—

○木村健太

(産業技術総合研究所)

Key words: reward processing, ERP, reward positivity, interoception

目 的

感情の末梢起源説に代表されるように、身体内部状態と感情が密接に関連することは古くから言われている。これを裏付けるように、近年、身体内部状態が感情に関連する脳活動に影響することで、感情経験や感情刺激処理を調節することが数多く報告されている (e.g., Garfinkel & Critchley, 2016)。特に、先行研究では、心臓の周期的活動により変化する動脈圧受容器からの求心性シグナルが表情、痛覚刺激といった感情刺激処理を調節することが報告されている。しかし、これまでの研究では、心臓の周期的活動が自身の行動に伴う報酬や罰といった行動結果の評価的処理に影響するかは検討されていない。事象関連脳電位 (ERP) を用いた研究では、行動結果の評価的処理が行動結果提示後約 280 ms 後に生じる報酬陽性電位 (Reward positivity, RewP) と呼ばれる ERP 成分に反映されることが分かっている。そこで、本研究は、動脈圧受容器からの求心性シグナルが行動結果の評価的処理に影響を及ぼすかを明らかにすることを目的に、心臓の周期的活動が RewP に及ぼす影響を検討した。

方 法

■参加者：成人 34 名 (女性 12 名, 平均 22.4 歳)
■刺激・手続き：参加者は 2 枚のカードから 1 枚を選択し、金銭の獲得/損失を受けるギャンブル課題を行った。課題では、注視点が 500 ms 提示された後に 2 つの無意味図形が左右に提示され、カード選択後高い音が低い音いずれかの聴覚刺激が金銭結果として 100 ms 提示された (図 1)。聴覚刺激の音の高低と金銭の獲得と損失の関連性は参加者間でカウンターバランスした。30 試行を 1 ブロックとして 9 ブロックを行った (全 270 試行)。ブロックごとの金銭の獲得/損失結果の提示頻度は等しくなるよう操作した。

図 1. ギャンブル課題の一試行の流れ。

■記録および分析：頭皮上 22 部位より脳波を記録した (A1 基準, サンプリング周波数 1 kHz)。脳波は、オフラインにて 0.1–30 Hz のバンドパスフィルタを適用後、眼電図および心電図由来のノイズ成分を独立成分分析により除去した。ノイズ除去後の脳波から、金銭結果提示前 200 ms を基線として提示後 600 ms の区間を切り出した。心周期の効果を検討するため、心電図上の金銭結果の提示タイミングに基づき、各試行を収縮期試行と拡張期試行に分類した (Kunzendorf et al., 2019)。その後、心周期条件 (収縮期・拡張期) と金銭結果条件 (獲得・損失) ごとに加算平均波形を算出した。各条件で損失引く獲得の差分波形を算出し、差分波形の 250–300 ms の平均振幅値を RewP の振幅値とした。加えて、各 ERP 波形の 250–300 ms の平均振幅値を算出した。

図 2. 上図：収縮期試行と拡張期試行における獲得および損失に対する ERP 波形と損失引く獲得の差分波形 (FCz)。下図：RewP の平均振幅値と各 ERP 波形の平均振幅値。

結果と考察

図 2 上に収縮期試行と拡張期試行における ERP 波形と差分波形を示した。金銭結果提示後 200–300 ms 付近で前頭中心部を中心とする RewP の出現を確認した。図 2 下に RewP および各 ERP 波形の平均振幅値を示した。RewP の振幅値は、収縮期試行で拡張期試行よりも大きかった ($t(33)=3.01, p<.01, d=0.52$)。加えて、金銭結果提示時の ERP 波形の振幅値に対して心周期条件×金銭結果条件の二要因分散分析を行ったところ、金銭損失時の振幅には試行間の差はない一方、金銭獲得時の振幅のみ収縮期試行で拡張期試行より大きかった ($F(1,33)=9.29, p<.01, \text{partial } \eta^2=0.22$)。先行研究は、RewP が行動結果の重要性の評価的処理を反映すること、行動結果の中でも報酬刺激処理に特に関わることを報告している。このことから、本研究の結果は心臓の周期的活動により変化する動脈圧受容器からの求心性シグナルは、行動結果の評価的処理、中でも報酬刺激の処理に影響を及ぼすことを示唆する。

文 献

- Garfinkel, S. N., & Critchley, H. D. (2016). Threat and the body: how the heart supports fear processing. *Trends in cognitive sciences*, **20**, 34–46.
- Kunzendorf, S., Klotzsche, F., Akbal, M., Villringer, A., Ohl, S., & Gaebler, M. (2019). Active information sampling varies across the cardiac cycle. *Psychophysiology*, **56**, e13322.

(Kenta KIMURA)