

低ストレス事態下における自発性瞬目, α アミラーゼおよび 心臓血管系指標の特性について¹

田 中 裕*

The Characteristic Trends of Spontaneous Eyeblink, Alpha-Amylase and Cardiovascular System During Low Level Stress

Yu TANAKA

Abstract

The present study aims to investigate the characteristic trends of spontaneous eyeblink, alpha-amylase and the cardiovascular system during low level stress conditions. Music stimuli (hard rock and classical) were used for setting low level stress conditions. Spontaneous eyeblink, blood pressure, heart rate, alpha-amylase activity and profile of mood states (POMS) were used to measure stress under the two types of music stimuli. Results indicated that only eyeblink rate and the vigor scale of POMS were affected by the two types of music stimuli. These results suggest that alpha-amylase and the cardiovascular system are not affected by low-level stress conditions created by music stimuli.

Key Words: Stress, Alpha-amylase activity, Spontaneous eyeblink, Cardiovascular activity

はじめに

ストレス評価指標としての α アミラーゼ：唾液からストレスを測定する際、視床下部-脳下垂体-副腎（HPA 軸）の変動を反映するコルチゾルが使用されることが一般的である。コルチゾルは血液や尿からでなく、唾液から測定することも可能である。そのため研究協力者への負

*准教授 生理心理学

荷も低く、数多くの研究が行われている（たとえば、Lovallo & Thomas, 2000）。近年同じく唾液から測定可能なストレス評価指標として、 α アミラーゼが注目されている。

Nater, Rohleder, Gaab, Berger, Jud, Kirschbaum, & Ehlert (2005) および Gordis, Granger, Susman, & Trickett (2006) は、Kirschbaum, Pirke, Hellhammer (1993) によって開発されたスピーチを使用した実験室場面におけるストレステスト (The Trier Social Stress Test; TSST) 下での α アミラーゼ亢進を確認している。小田原・田中・端詰 (2007) は、評価者の評価を伴う実際のスピーチ場面において惹起されたストレス事態において、 α アミラーゼの亢進を確認した。Nater et al. (2005) と小田原ら (2007) では心電図, Gordis et al. (2006) ではコルチゾルといったストレスを反映する指標を同時測定して、ストレス指標としての α アミラーゼの頑健さを確認している。すなわち、 α アミラーゼはこれらの研究で使用されたスピーチ場面のような急峻なストレス事態に対して、鋭敏な指標としての位置づけを固めつつある。

α アミラーゼは消化酵素という側面が強い。しかし唾液に含まれる α アミラーゼは耳下腺が発生機序とされている。耳下腺は交感神経系支配を受けているので、 α アミラーゼは交感神経変動を反映した指標とも考えることができる。交感神経にも支配を受ける心電図を同時測定した Nater et al. (2005) と小田原ら (2007) において、心電図と α アミラーゼの変化が類似していること、および Gordis et al. (2006) においてコルチゾル反応が α アミラーゼに比べ緩やかであることは、 α アミラーゼが HPA 軸の反応と異なるものであることを示していると考えられる。

α アミラーゼはストレス指標として使用され始めたばかりの指標であるが、同じ唾液から検出可能で数多くの研究実績を持つコルチゾルには無い利点もある。たとえば、コルチゾルより α アミラーゼは日内変動の影響が緩やかである (Nater, Rohleder, Schlotz, Ehlert, & Kirschbaum, 2007; 佐々木・森・小田原・田中, 2007)。そのため、測定時間の制限が α アミラーゼは少ない。しかし未だ不明瞭な点が多く、特にスピーチとは異なる低ストレス事態での有用性は未確認である。

心臓血管系指標によるストレス評価：心臓血管系指標、たとえば心拍数や血圧はとても身近な指標であり、測定も簡便（心拍数は機器無くとも測定可能）である。心臓血管系は主に自律神経系支配であるが、全身性の動脈血圧のように中枢神経系の支配が及ぶことが明らかなものもある (澤田, 1990)。利用簡便な心臓血管系指標はこれまで数多のストレス研究において使用されてきている。その結果、ストレスに対する相反する反応が確認されている。すなわちパターン I (能動的対処) とパターン II (受動的対処) である (澤田, 1997)。両者の特徴によって類似のストレス場面においても心臓血管系指標の反応が異なることが明らかになって以来、基礎的研究のみならず応用的研究においての利用が増加したと言える。近年連続的に実験室場

面では血圧測定することも一般化しつつある。指標の持つ問題点が α アミラーゼのような新規なものとは異なり、多くの研究実績によって解決されていることが多い。そのため、心臓血管系指標は今後もさまざまな場面で使用され続けられると思われる。

認知-覚醒指標としての自発性瞬目：自発性瞬目は田多・山田・福田（1991）以降の約15年の間に数多くの研究が積み重ねられてきた。近年、認知的側面および覚醒水準の両者を同時に評価する研究が増えている。

たとえば、鎌倉・大須賀・井上・野口（2007）は、これまでも行われてきた居眠り運転防止のための自発性瞬目研究に、瞬目波形を再分類する視点からアプローチしている。また、Papadelis, Chen, Kourtidou-Papadeli, Bamidis, Chouvarda, Bekiaris, Maglaveras（2007）は、居眠り運転防止の指標としての脳波および自発性瞬目の有用性を、これまでも行われてきた実際の運転場面で再確認することを試みている。その結果、多誘導脳波と同等、もしくはそれ以上の居眠り運転防止検出能力を、自発性瞬目波形の持続時間が持つことを明らかとした。これらの研究は日常場面における認知-覚醒機能と、自発性瞬目の関係を論じている応用研究である。自発性瞬目は脳内機序も明らかになりつつあり（浅田・水谷・山口・外池・福田，2003）、今後その有用性を確認する研究が国内外でさらに増加すると予測する。

問題の所在：これまでのストレス研究は、操作的定義によるストレス事態を評価することが多い。しかし、そのストレス事態には厳密にはストレスとは異なるものが含まれていることは避けきれない。それが故に、ストレス研究では多用な指標が用いられていると考える。相対的に高ストレス場面は設定しやすく（たとえば冷水に手を入れる寒冷昇圧検査）、他の要因が混入しにくい。しかし相対的に低いストレス場面は操作もしにくく、結果的に別要因も含まれること避けがたいと思われる。たとえば、刺激の質で相対的に低いストレス負荷を操作する場合、刺激そのものの特質の方がストレス負荷より影響が大きいはずである。刺激の操作を工夫してもこのような状況が避けきれない場合、刺激の特質も評価でき、かつストレス的な側面も測定する余地も持った測定指標を同時記録ことは必須と思われる。

本研究においては低ストレス事態として、Nater, Abbruzzese, Krebs, & Ehlert（2006）に類似した音楽刺激を使用する。質的に異なると思われる二種類の音楽刺激（Hard Rock と Classic）によって、ストレス事態を設定する。その刺激下において、交感神経系の反射を反映すると言われている α アミラーゼ、ストレス評価時に頻繁に使用され自律神経系との関連が明確な心臓血管系指標を連続測定する。加えて、認知覚醒系の側面を主に反映すると言われる自発性瞬目も同時に記録する。これらの結果から、音楽刺激で設定された低ストレス事態の評価可能性および各指標の特性を明確にすることを目的とする。

本研究の目的および仮説

本研究において、Nater et al. (2006) に類似した音楽刺激を使用して、 α アミラーゼ、自発性瞬目および心臓血管系指標という3測度の特性を評価することを目的とする。仮説として、心臓血管系指標および α アミラーゼはこれまで比較的多くの研究が比較的高ストレス下での特性のみを確認しているため、この両者は音楽刺激下での低ストレス弁別力は低いと予測する。また認知-覚醒系指標である自発性瞬目は、覚醒水準変化のみならず音楽刺激の持つ興味という認知的側面にも反応すると予測する。

方法

被験者：大学生および大学院生女子 17 名

課題：本研究では Nater et al. (2006) に準拠し、Classic と Hard Rock という異なった二種類の音楽を刺激として使用した。Classic は Pomerium 演奏による Guillaume Du Fay 作曲の “Bon jour, bon mois, bon an (収録 CD : Archiv 457 586-2)” を Hard Rock は Deep Purple 演奏による “Speed King (収録 CD : EMI CD-FA3212)” を使用した。両方の楽曲の演奏時間は共に約 5 分であった。全被験者にとってこの 2 曲は、実験参加時に初めて聴取したものであった。

測定指標および装置：本実験では唾液から α -アミラーゼも測定を行った。また、非観血的連続自動血圧計を使用して心臓血管系指標（血圧および心拍数）を連続的に測定した。さらに垂直 EOG 法を使用して自発性瞬目を記録した。加えて、実験中の気分変化を確認するために POMS 短縮版（金子書房）を使用した。

α -アミラーゼは唾液からのサンプルをアルファ・アミ（ヤマハ発動機）によって測定・分析を行った。血圧は APM-2050（日本光電）の Continual モードで、収縮期（SBP）・拡張期（DBP）および心拍数（HR）を左手首橈骨動脈上に巻いたセンサーから連続測定（1 分間 4 回）した。自発性瞬目は MP150 SYSTEM（BIOPAC 社）を使用して右眼窩縁の上下から垂直 EOG 法によって測定した。血圧および自発性瞬目は、それぞれの測定機器からオンラインで接続された PC にデータの取り込みを行った。音楽刺激は CD プレーヤー（Nakamichi CDPlayer2）およびアンプ内蔵スピーカー（Roland EDIROL MA-10A）で被験者に提示した。

手続き：被験者には自発性瞬目測定用電極および血圧測定用センサー装着後、5 分間無音の開眼安静状況（Baseline）を測定した。その後約 5 分間の音楽聴取を 2 セッション（Classic および Hard Rock）実施した。Classic と Hard Rock の提示順序は被験者間でカウンターバランス

低ストレス事態下における自発性瞬目、 α アミラーゼおよび心臓血管系指標の特性について

(Classic 最初提示 9 名, Hard Rock 最初提示 8 名) をとった。自発性瞬目および心臓血管系指標は実験実施中連続測定した。 α アミラーゼは Baseline 前, 両曲提示前後, および両曲提示中の計 7 回計測を行った。POMS は Baseline 前および両曲提示終了後の計 3 回実施した。

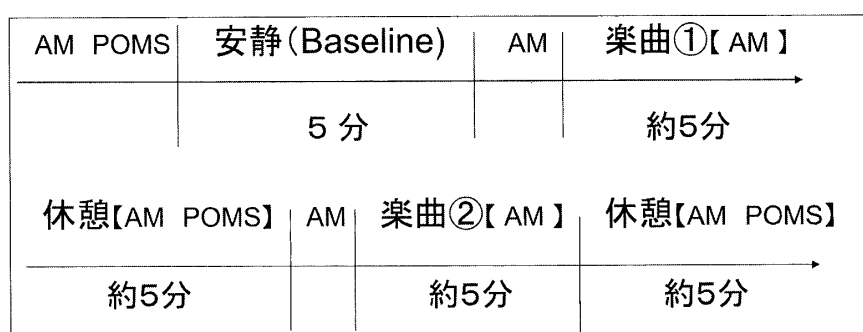
結果の処理: α アミラーゼおよび POMS は測定条件毎の全被験者の平均値を算出した。血圧は Baseline, Classic, Hard Rock 条件毎に 1 分毎の SBP, DBP, HR を算出した。自発性瞬目も血圧同様に 3 条件毎の瞬目率および瞬目波形の 50% 持続時間を BBAS.id (Bio-Behavior Analysis Systems) を使用して算出した。各指標の条件毎の分析には分散分析を使用した。なお, 統計分析を行う際には有意水準 $p < .05$ とし, 実験目的に沿った効果のみを報告する。

結果

条件別 α -アミラーゼ反応: Figure 2 にセッション中 6 回測定した全被験者の α -アミラーゼの平均値および標準偏差を示す。Baseline および両楽曲中の α アミラーゼの平均値は Baseline > Classic > Hard Rock であったが, 有意な差は認められなかった。

POMS プロフィールの変化: Figure 3 に実験中に実施した POMS の平均プロフィールを示す。V (活気) 因子の平均値は Baseline > Hard Rock > Classic であった。分散分析を行ったところ主効果のみ有意で ($F(2, 32) = 4.58$)。多重比較 (Tukey 法) より Baseline と Classic の間に有意な差が確認された ($Mse = 10.81985$)。その他の因子には明確な差は見られなかった。

条件別の心臓血管系反応: SBP, DBP および HR は経時的变化が見られなかったため, 条件毎の値を算出した。Figure 4 ~ 6 に SBP, DBP および HR の条件をまとめた平均値を示す。条件, すなわちの楽曲の効果は認められなかった。



注: AM は Amylase 測定, POMS は PMOS 実施である。また, 楽曲①および②は Classic および Hard Rock で, 提示順序は被験者によって異なる

Figure 1: 実験手続き

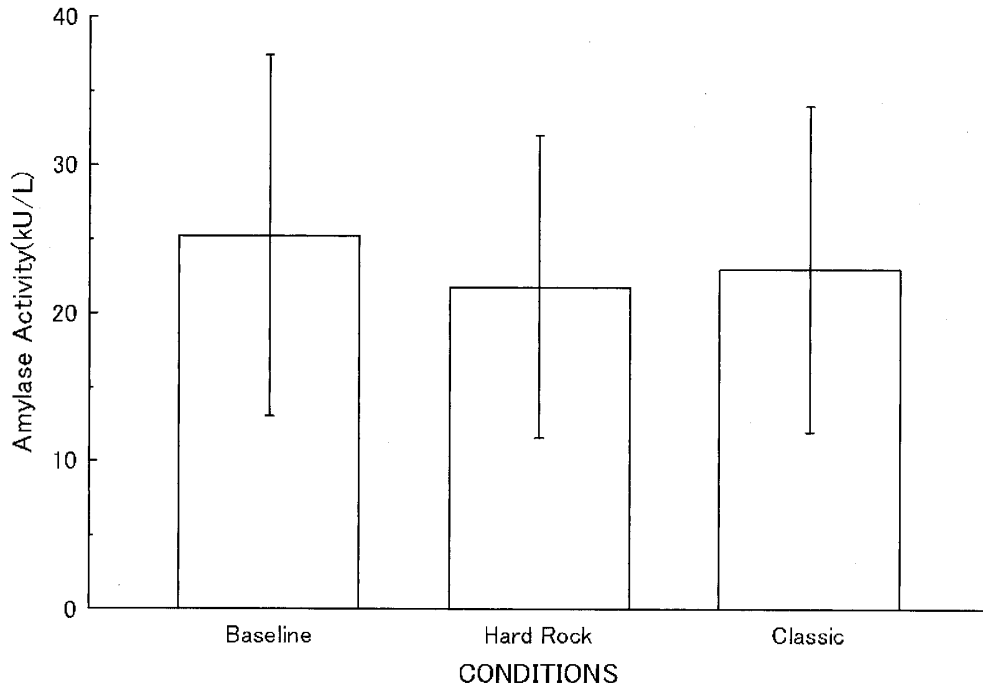


Figure 2: 条件別αアミラーゼ平均値

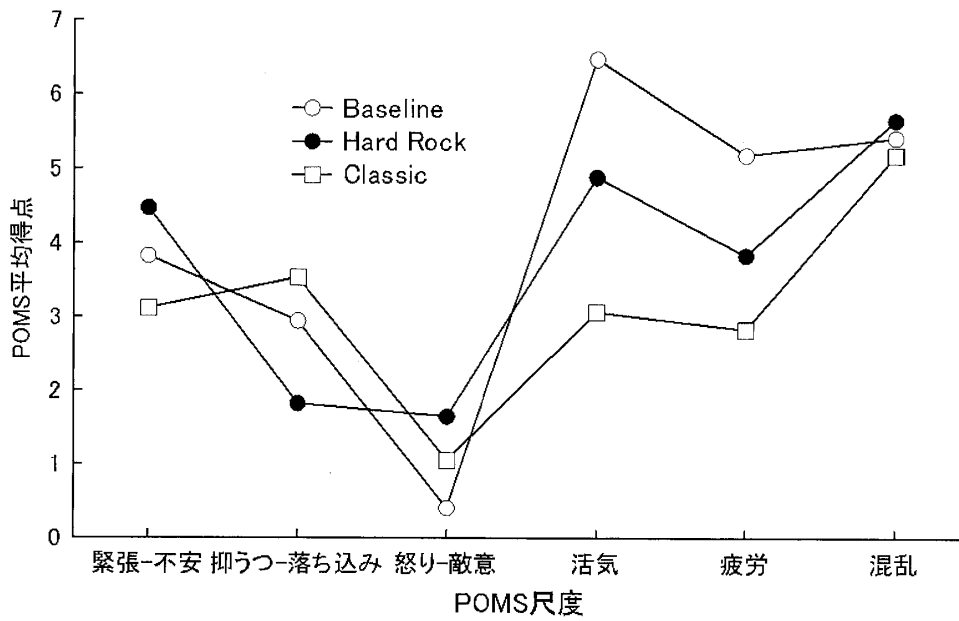


Figure 3: 条件別 POMS 平均得点によるプロフィール

低ストレス事態下における自発性瞬目、 α アミラーゼおよび心臓血管系指標の特性について

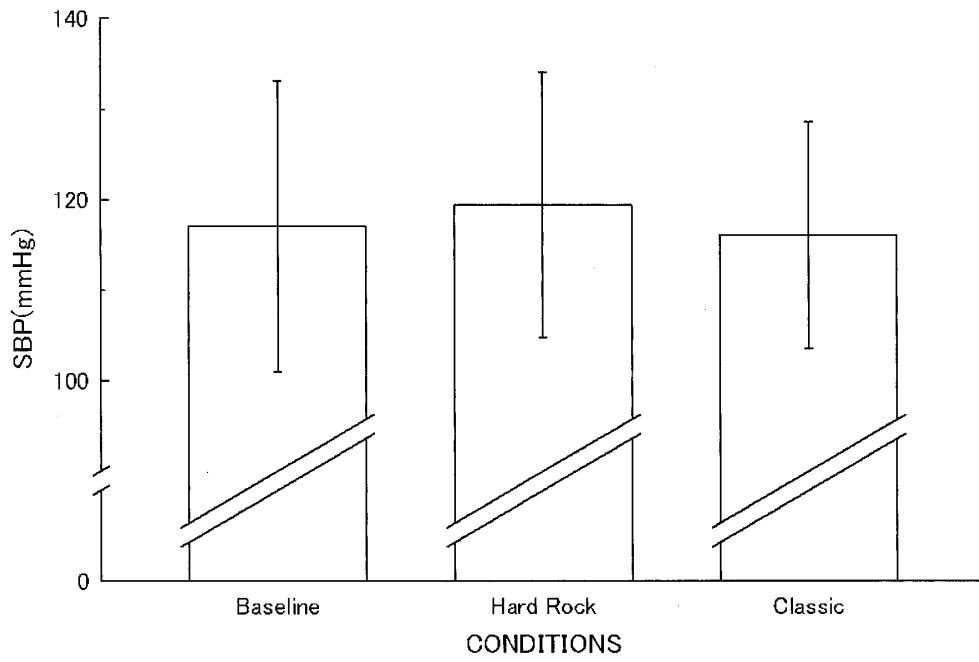


Figure 4 : 条件別収縮期血圧平均値

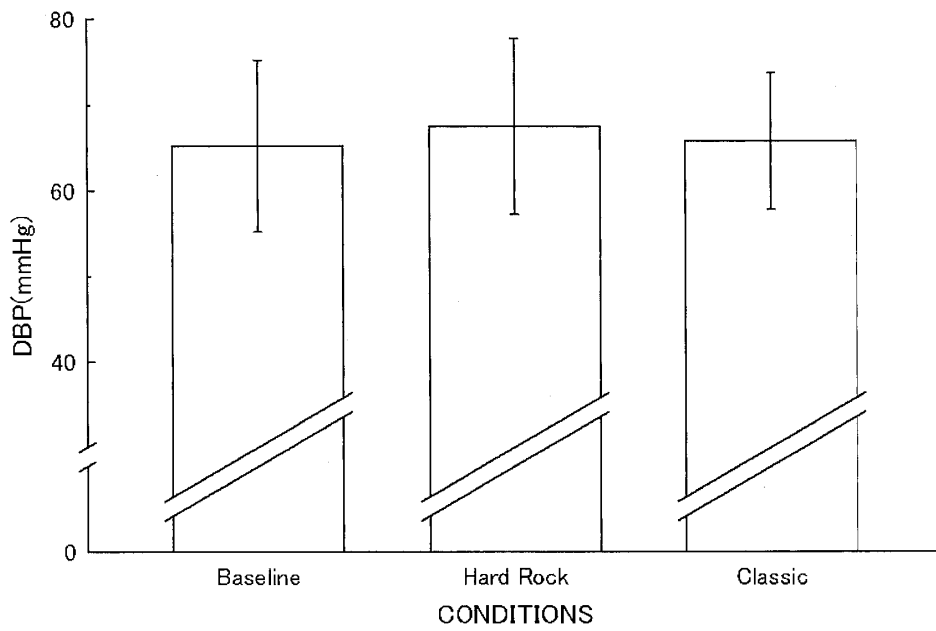


Figure 5 : 条件別拡張期血圧平均値

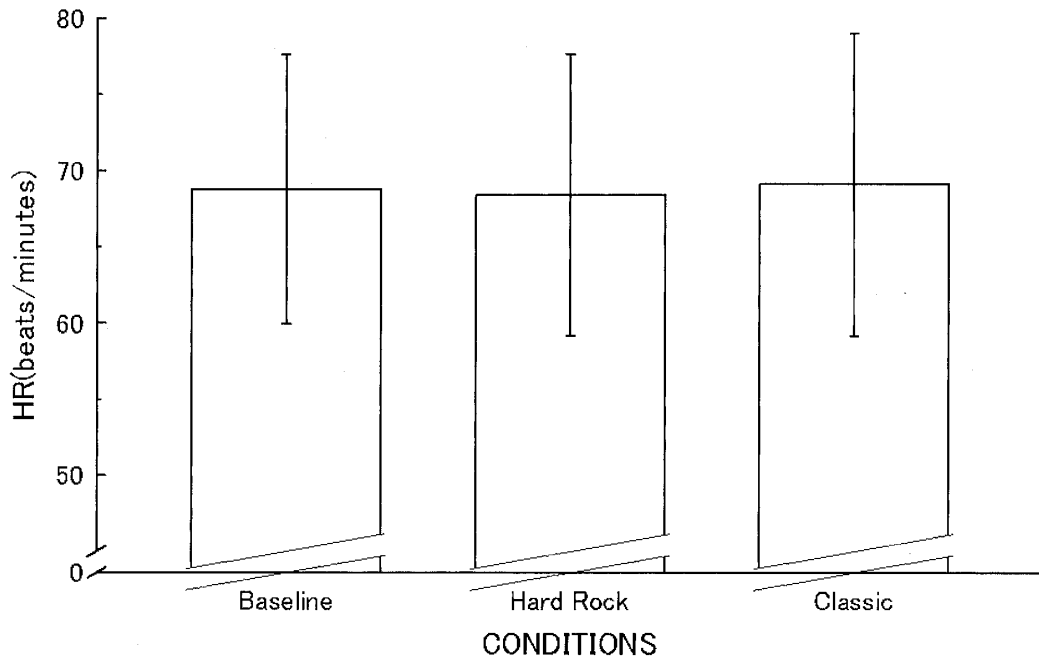


Figure 6 : 条件別心拍数平均値

条件別の瞬目指標の変動 : Figure 7 に 3 条件の瞬目率の 1 分毎の変化を示す。心臓血管系指標同様経時的变化が見られなかったため、条件間の差異を確認したところ主効果のみ有意であった ($F(2, 32) = 5.37$)。多重比較 (Tukey 法) を行ったところ、Baseline と Hard Rock および Classic と Hard Rock の間に有意な差確認された ($Mse = 32.15553$)。また、Figure 8 に瞬目波形の 50% 持続時間の 1 分毎の平均値を示す。条件の効果は認められなかった。

考察

音楽刺激下における α アミラーゼ変動 : 本研究で設定した二種類の音楽刺激下において、 α アミラーゼ濃度に差異は見られなかった。これは同様の音楽刺激を使用した Nater et al. (2006) と同様の結果である。すなわち、 α アミラーゼには音楽刺激の差異を弁別する感度に乏しいことを示唆する。この感度はストレスに関連するだけでなく、気分や感情にも関連すると考えることも可能である。

Het & Wolf (2007) は、コルチゾルの経口投与の効果が TSST を使用して変容させた気分を与える影響を検討し、その際に気分尺度のみならずコルチゾルと α アミラーゼを測度として使用した。その結果コルチゾル非投与条件においても、ネガティブな気分へ変容する際には α

低ストレス事態下における自発性瞬目, α アミラーゼおよび心臓血管系指標の特性について

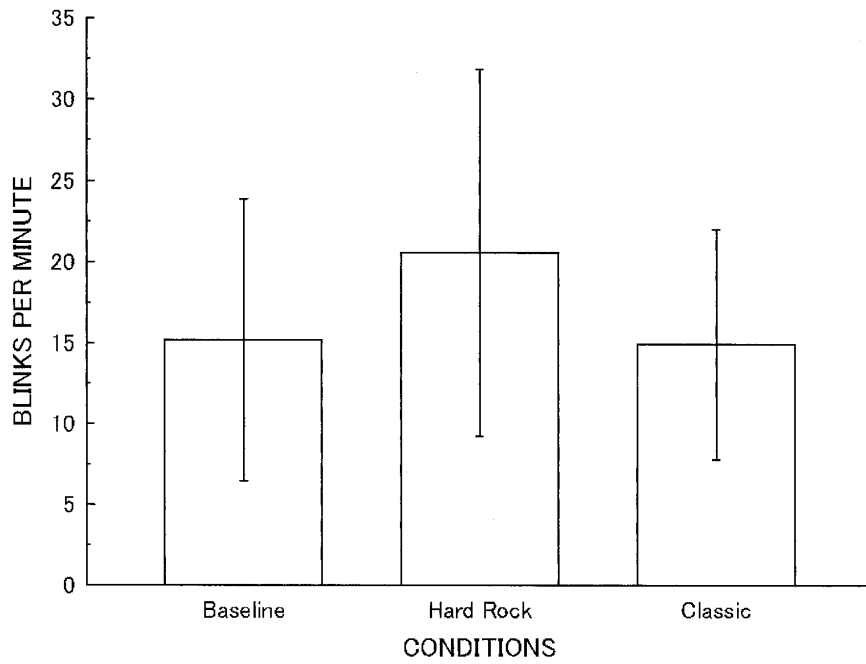


Figure 7 : 条件別平均瞬目率

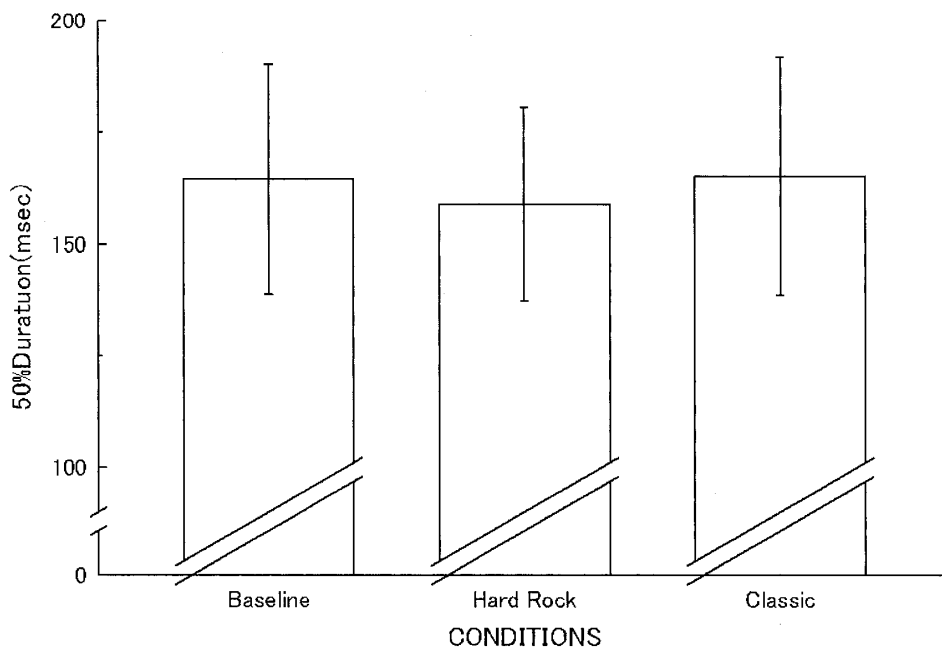


Figure 8 : 条件別平均 50%瞬目持続時間

アミラーゼの濃度が上昇することを確認した。この結果は気分変容と α アミラーゼとの関連を示唆させる。しかし Het & Wolf (2007) における気分変容は、スピーチ課題を伴う TSST というかなり強度なストレス負荷に依る。以上より α アミラーゼはある程度以上強い刺激下においてのみ高進すると考えられる。弱い刺激によるストレス場面等では利用することは得策でないと考える。ただ、その変容特性はまだ未解明である。特により強いポジティブ刺激下での検討が必要不可欠であろう。

POMS プロフィールと音楽刺激の関連：両音楽刺激聴取後の POMS の結果は、V (活気) 因子にのみ差があるというものであった。すなわち、Classic より Hard Rock の方が明確に活気があると認識された。音楽刺激を使用する際には曲の好みという認知的要因が混入することが多く、操作した音楽刺激の効果が不明瞭になる場合も多い。本実験では被験者に曲の好みを事前に確認していないため、V (活気) 因子の差違は本質的に曲の持つ効果に近いと考える。しかし、この V 因子の影響は前述の α アミラーゼおよび以下に記す血圧活動に影響を及ぼしていない。すなわち、今回の音楽刺激よりさらに強いものでなければ、自律神経系活動に影響を及ぼさないとも考えられる。

音楽刺激下の心臓血管系変動：本実験において、連続測定した心臓血管系活動 (SBP, DBP, HR) も α アミラーゼ同様、音楽刺激による効果は見られなかった。これも音楽刺激 (特に Hard Rock) が Het & Wolf (2007) で使用された TSST よりも弱かったことが原因と考える。特にストレス的効果を望む場合、刺激の質的なもの以外の要因としてたとえば寒冷昇圧検査のような強度が必要不可欠であることを示した結果と考える。なお Classic に関してはリラクゼーション効果が多少反映されることも考えられるが、今回の結果にはそれが見受けられない。その原因は明確ではないが、曲がルネッサンス期の宗教音楽であり被験者には新規な刺激であったことも一因であると推察する。

音楽刺激下の自発性瞬目変動：本実験において、自発性瞬目活動の瞬目率には明瞭な差が確認された。Hard Rock における瞬目率の増加傾向が確認されている。POMS での確認された曲の持つ活動的な認知的要因が、被験者の覚醒水準をも高めた結果と考える。また、安静および Classic 聴取時は、この要因が欠落したため覚醒水準が低下したことも有意な差を生み出した一因と推察する。覚醒水準と自発性瞬目の関連は多くの研究で認められつつある。多くの研究は低覚醒水準に注目するものが多い (たとえば、田中, 1999 など)。しかし、本研究の結果は比較的高い覚醒水準評価にも自発性瞬目が利用可能であることを示唆するものであろう。

三測度の変動特性：以上の結果から、音楽刺激下において α アミラーゼと心臓血管系の変動には類似したものがみられたと判断する。これは双方とも自律神経系支配による指標であること

低ストレス事態下における自発性瞬目、 α アミラーゼおよび心臓血管系指標の特性について

が原因であると考え。近年の研究（たとえば、Nater et al., 2005; 小田原ら, 2007 など）は、 α アミラーゼと心臓血管系指標の変動特性が類似していることを確認している。 α アミラーゼは心臓血管系指標のような連続測定は困難であるが、電極装着することなく簡便に測定可能である。加えて、数年前から化学分析用機材を使うことなく α アミラーゼを分析可能とする機器（東・山口・出口・若杉・水野, 2004）も開発されている。そのため、今後その特性を生かした多方面への応用が可能となると思われる。しかしながら、 α アミラーゼの特性にはまだ不明瞭な点（たとえば、ストレス刺激等が α アミラーゼ活性を惹起させるまでの時間）も多く、今後も基礎研究を継続する必要性があろう。

低ストレス事態の設定方略：本研究では二種類の音楽刺激（Rock および Classic）による低ストレス事態設定を試みた。その結果 POMS による気分評価において、Rock が Classic より活動性が高まること、さらに自発性瞬目の瞬目率が Rock において高いこと、を確認した。しかし本結果は、ストレス測度として頑健性の高い心臓血管系指標に変化がなかったことから、Rock が Classic よりストレス負荷が高かったことを示すものではない。単に Rock より Classic の方が活動のレベル（覚醒水準）が高かったことのみを確認しただけである。そのため、本研究はストレス事態実験としては失敗したものとも判断できる。このため、今後はより詳細な条件操作が必要不可欠であると考え。しかし逆にこの結果は、今回音楽刺激が α アミラーゼおよび心臓血管系指標にとって、ストレス反応対象より低い閾値であったことを示すものでもある。特に新規な指標である α アミラーゼにおいて本実験の結果は、今後このような事態での計測を行う場合、より詳細な基礎研究の必要性があることを確認したものとして意味あるものと考え。

結論：本研究において、二種類の音楽刺激下での低ストレス事態における α アミラーゼ、心臓血管系指標、および自発性瞬目の反応特性を確認した。その結果、同時測定した POMS による気分評価で示された活動性の上昇は、 α アミラーゼおよび心臓血管系指標に反映されなかった。この POMS の結果は自発性瞬目の瞬目率のみに反映された。すなわち、本実験で採用した音楽刺激は活動性を高めたが、ストレス負荷には至らなかったことを示唆する。しかし本結果は逆に、これまで未確認であった α アミラーゼの反応閾値が高くないことを確認させるものであった。

注

1 本研究は、平成 19-21 年度科学研究費補助金（基盤研究（C））、研究課題番号 19500582、研究代表者：

田中裕)の補助を受けた。また、本研究の一部は、第25回日本生理心理学会大会にて発表された。

引用参考文献

- 浅田博・水谷充良・山口雅彦・外池光雄・福田淳, 2003, 「自発性瞬目における後頭皮質視覚活動の脳磁図による解析」, 『神経眼科』, 20, pp.49-55.
- Gordis, E. B., Granger, D. A., Susman, E. J., Trickett, P. K., 2006, Asymmetry between salivary cortisol and α -amylase reactivity to stress: Relation to aggressive behavior in adolescents. *Psychoneuroendocrinology*, 31, pp.976-987.
- 鎌倉快之・大須賀恵美子・井上裕美子・野口祥宏, 2007, 「ドライバの覚醒水準評価をめざした瞬目の分類について」, 『自動車技術会論文集』, 38, pp.173-178.
- Het, S., Wolf, S. T., 2007, Mood changes in response to psychosocial stress in healthy young women: Effects of Pretreatment with cortisol. *Behavioral Neuroscience*, 121, pp.11-20.
- 東朋幸・山口昌樹・出口満生・若杉純一・水野康文, 2004, 「唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニタと運転ストレスの評価」, 『電子情報通信学会技術研究報告』, 104, pp.35-40.
- Kirschbaum, C., Pirke, K. M., Hellhammer, D. H., 1993, The 'Trier Social Stress Test' -A tool for investigating Psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28, pp.76-81.
- Lovallo, W. R., Thomas, T. L. 2000, Stress hormones in psychophysiological research. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., Berntson, G. G (Eds.). *Handbook of psychophysiology* (2nd Edition), pp.342-367. Cambridge University Press.
- Nater, U.M., Rohleder, N., Gaab, J., Berger, S., Jud, A., Kirschbaum, C., Ehlert, U., 2005, Human salivary alpha-amylase reactivity in a psychological stress paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, 55, pp.333-342.
- Nater, U.M., Abbruzzese, E., Krebs, M., Ehlert, U., 2006, Sex differences in emotional and psychophysiological response to musical stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 62, pp.300-308.
- Nater, U.M., Rohleder, N., Schlotz, W., Ehlert, U., Kirschbaum, C., 2007, Determinants of the diurnal course of salivary alpha-amylase. *Psychoneuroendocrinology*, 32, pp.392-401.
- 小田原幸・田中裕・端詰勝敬, 2007, 「唾液中 α アミラーゼのストレス指標としての有用性」, 『心身医学』, 第47巻, 第6号, p.509.
- Papadelis, C., Chen, Z., Kourtidou-Papadeli, C., Bamidis, P. D., Chouvarda, I., Bekiaris, E., Maglaveras, N., 2007, Monitoring sleepiness with on board electrophysiological recording for preventing sleep-drive traffic accidents. *Clinical Neurophysiology*, 117, pp.1906-1922.
- 佐々木友香・森まひわ・小田原幸・田中裕, 2007, 「 α アミラーゼ変動に及ぼす月経周期の影響」, 『心身医学』, 第47巻, 第6号, p.510.
- 澤田幸展, 1990, 「血圧反応性 —仮説群の構築とその評価—」, 『心理学評論』, 26, 209-238.
- 澤田幸展, 1997, 「心臓血管系における自律神経調節機能の評価 —批判的評論—」, 『心理学評論』, 40, pp.203-230.
- 田多英興・山田富美雄・福田恭介, 1991, 『まばたきの心理学』, 北大路書房.
- 田中裕, 1999, 「覚醒水準と瞬目活動」, 『心理学研究』, 70, pp.1-8.