

随意性瞬目の基礎的特性について (1)¹

田 中 裕*

The Characteristic Tendencies of Voluntary Eyeblink

Yu TANAKA

Abstract

The purpose of this study was to investigate the characteristic tendencies of voluntary eyeblink. Voluntary blink was examined under two different conditions in two experiments. One was a period in which the frequency of voluntary eye blink was similar to the frequency of spontaneous eye blink. The other was a period in which voluntary eyeblink frequency was twice (Experiment 1) or one and a half times (Experiment 2) the spontaneous eyeblink frequency. Blink duration was compared for spontaneous eyeblink and voluntary eyeblink in Experiment 1. Blood pressure, heart rate, alpha-amylase, cortisol and positive and negative affect schedule (PANAS) scale were used which measured stress in Experiment 2. Results indicated that Blink duration of voluntary eyeblink was longer than that of spontaneous eyeblink and there was no stress under the two conditions.

Key Words: Voluntary eyeblink, Spontaneous eyeblink, Cortisol, Alpha-amylase, Cardiovascular activity

はじめに

私たちが意図的に実施するまばたきは随意性瞬目という。この随意性瞬目はコミュニケーションツールとして（たとえば重度肢体不自由者のコミュニケーションインターフェイス（大矢・山下・小山・川澄，2008））使われてきているだけではない。近年非コミュニケーション

*准教授 生理心理学

ツールとして眼の休息機能を促進するために、意図的な随意性瞬目に求められ始めている（たとえば、坪田（2001））。

これまでの一連の研究（たとえば、田中，2002a；田中，2003a；田中，2006a；田中，2008a）から、随意性瞬目に自発性瞬目と類似した特徴を持つことが示唆されつつある。すなわち、自発性瞬目が持つ心理的休息効果（福田，1991）を随意性瞬目で補完することが可能性がある。

本報告では、これまでの研究を再検討しつつ、具体的な応用方法についても検証を始める。特に随意性瞬目実施の応用段階において問題となるのは、随意性瞬目の実施頻度および随意性瞬目の具体的な実施方法である。本報告の前半（実験1）では、後者に焦点を当てる。すなわち、随意性瞬目を自発性瞬目にできるだけ類似の状況で実施させるために瞬目波形から検討する。瞬目波形の点から随意性瞬目と自発性瞬目を比較検討すると、前者は後者より眼瞼が閉鎖している時間（瞬目持続時間）が長いことが指摘されている（宮田・山田，1985）。本報告ではこの点の再検証を行う。同時に、瞬目持続時間の短い随意性瞬目実施方略を検討するために、随意性瞬目波形についてより詳しい分析を行う。

また、これまで一連の研究では棄却されている「随意性瞬目実施はストレスである」という仮説についても再度検討を加える。今回は一連の研究で使用してきたストレス指標として頑健な心臓血管系指標（たとえば澤田，1997）、近年ストレスとの関連が指摘されている α -アミラーゼ（たとえば，Nater et al., 2005；小田原・田中・端詰，2007）に加え、内分泌系指標としてストレス反応計測に多用されているコルチゾル（山田，1998；Lovallo & Thomas, 2000）を使用する（実験2）。コルチゾルは近年、唾液からの計測が容易になってきている（たとえば、井澤・鈴木，2007）。そのため今後ストレス指標としての利用が更に増えると思われるものである。

本報告の目的および仮説

本報告は、随意性瞬目の特徴をこれまでのと異なった視点から再確認することを目的とする。まず、随意性瞬目の基本特性、特に波形についての検討を行うことを目的とする（実験1）。さらに、随意性瞬目実施時の評価尺度としてストレス指標として多くの研究知見を持つコルチゾルも使用する。加えて随意性瞬目実施時の状態像評価尺度として、PANAS（Watson, Clark & Tellegen, 1988）をも指標とする。これらに複数の尺度を使用することで、随意性瞬目のストレス評価をより多次元的なものにするを目的とする（実験2）。

実験 1

方法

被験者：女子大学生 7 名。全員この実験参加することを同意している。

随意性瞬目実施条件：安静条件に測定した自発性瞬目生起頻度を基準（サンプリングタイム 10 秒）に、自発性瞬目頻度とほぼ同等の頻度の随意性瞬目を行う条件（瞬目 A）および自発性瞬目頻度の 2 倍の随意性瞬目を行う条件（瞬目 B）を設定した。両条件について、瞬目 A/B 条件開始前の 1 分間にのみ電子メトロノーム（SEIKO ECM-40）による音刺激にて瞬目生起間隔を提示した。両条件は被験者毎に異なる順序で実施した。

測定指標および装置：非観血式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 法を使用して随意性瞬目実施の確認を行うと同時に、その波形を検討対象とした。

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。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 にデータを取り込みを行った。

手続き：被験者は実験室入室後、垂直 EOG 測定用電極および血圧測定用リストモジュールを装着し、まず 3 分間の安静記録を（安静）実施した。その後随意性瞬目条件を 3 分間実施（瞬目 A or B）した。条件終了後 1.5 分の休憩をとった後、再度随意性瞬目条件を 3 分間実施した（瞬目 A or B）。

結果の処理：血圧は安静、瞬目 A、瞬目 B の各条件 1 分毎に SBP, DBP, HR を算出した。随意性瞬目波形のデータ分析は、瞬目専用解析ソフト BBAS.ID（Bio-Behavior Analysis Systems: <http://www.biobehavioranalysis.com/>）を使用した。特に、Half Duration（Half Down Point から Half Up Point までの持続時間）と Descent Duration（Half Down Point から Peak Point までの持続時間）に着目（Figure 2 参照）し、条件毎に波形比較を実施した。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

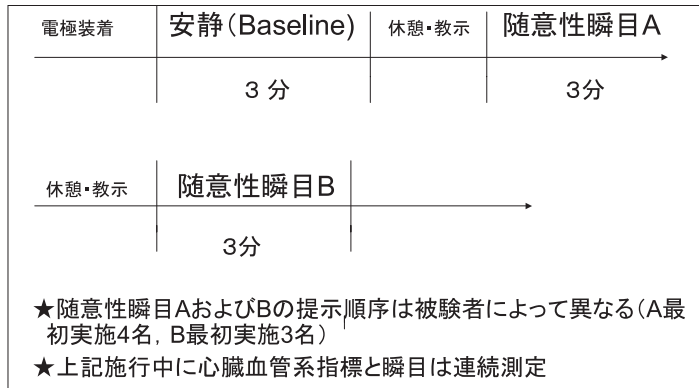


Figure 1 概要 (実験 1)

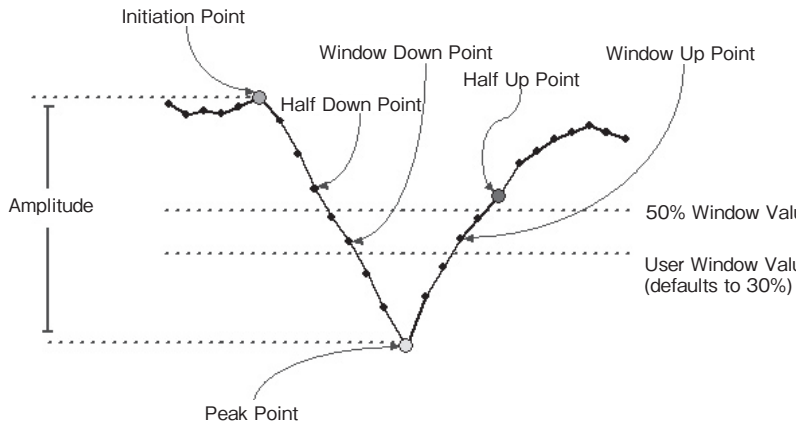


Figure 2 BBAS.IDによる瞬目波形算出データ

的に沿った効果のみを報告する。

結果

随意性瞬目実施条件：今回被験者全員が瞬目Aでは30回/分、瞬目Bでは60回/分の随意性瞬目を実施した。全被験者の両瞬目条件では、条件開始前の音刺激による生起間隔から大きくずれることなく随意性瞬目が3分間実施された。

随意性瞬目実施下における心臓血管系指標の変動：Figure 3～5に随意性瞬目実施下における

随意性瞬目の基礎的特性について (1)

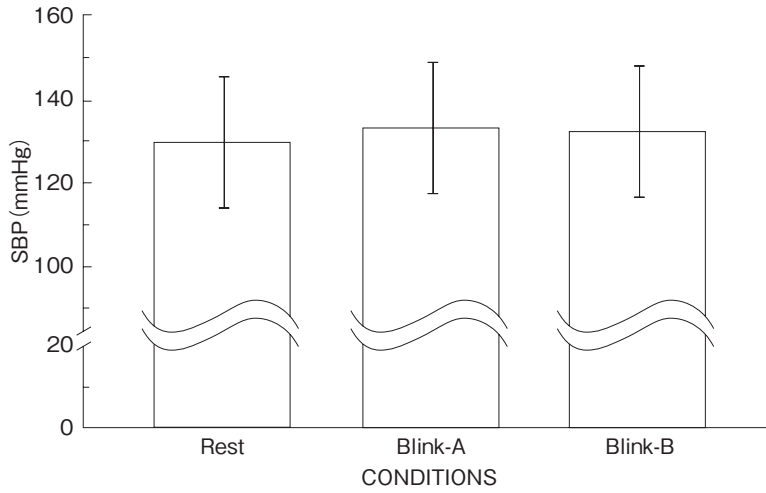


Figure 3 全条件の収縮期血圧の平均値および標準偏差 (実験 1)

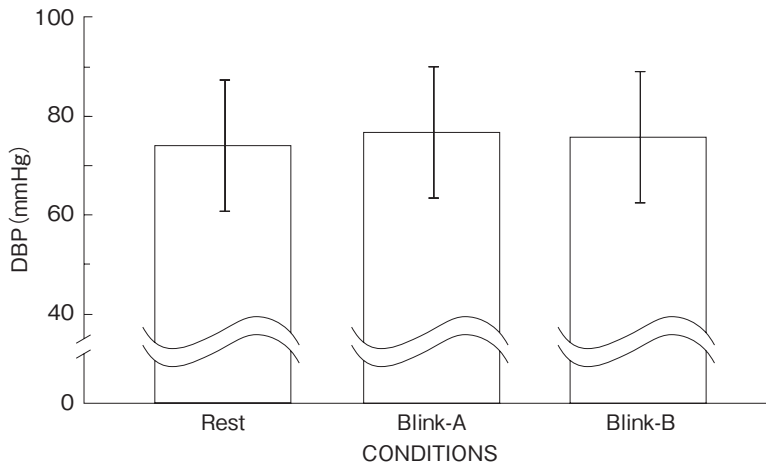


Figure 4 全条件の拡張期血圧の平均値および標準偏差 (実験 1)

SBP, DBP および HR の変動を示す。随意性瞬目実施による心臓血管系指標の変動は確認されなかった。

随意性瞬目の波形分析：Figure 6～7 に随意性瞬目波形の Half Duration と Descent Duration の結果を示す。安静条件は自発性瞬目の持続時間である。両波形について一要因の反復測

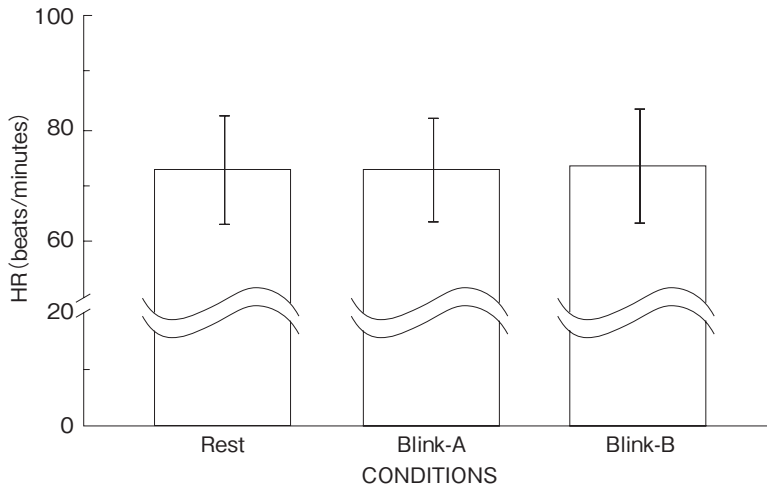


Figure 5 全条件の心拍数の平均値および標準偏差 (実験1)

定分散分析を行った。自由度は Greenhouse-Geisser の ϵ を使って補正した (Vasey & Thayer, 1987)。Half Duration は条件の主効果が有意 ($F(1.993, 11.955) = 6.032$) であり, Bonferroni 法による多重比較を行ったところ, 安静条件と瞬目 A 条件の間にのみ有意な差が確認された。Descent Duration は条件の主効果が有意 ($F(1.614, 9.684) = 11.508$) であり, Bonferroni 法による多重比較を行ったところ, 安静条件と瞬目 A 条件, 安静条件と瞬目 B 条件それぞれの間に有意な差が確認された。すなわち, 随意性瞬目波形の持続時間は自発性瞬目のそれより延長することが認められた。なお, 瞬目 A・B 間の波形の持続時間には明確な差はなかった。さらに Half Duration および Descent Duration とも類似の変動傾向を見せることが確認された。加えて, 持続時間の分散は自発性瞬目より随意性瞬目の方がかなり大きいことが認められた。

考察

心臓血管系指標変動から評価した随意性瞬目: 実験1において, 随意性瞬目実施時に心臓血管系指標に明確な変動は確認されなかった。この結果は, これまでの研究 (たとえば, 田中, 2002a; 田中, 2003a; 田中, 2006a; 田中, 2008a) と一貫している。すなわち, 心臓血管系指標の側面から検討した場合, 短時間の随意性瞬目実施状況はストレス状態ではないといえる。今後は随意性瞬目時間をより長くした場合の状態像の検討が必要と考える。

随意性瞬目の波形特性: 実験1において随意性瞬目の波形分析を行った。その結果, 宮田・山田 (1985) の指摘と同様に, 随意性瞬目の持続時間は自発性瞬目のそれより延長することが確

随意性瞬目の基礎的特性について (1)

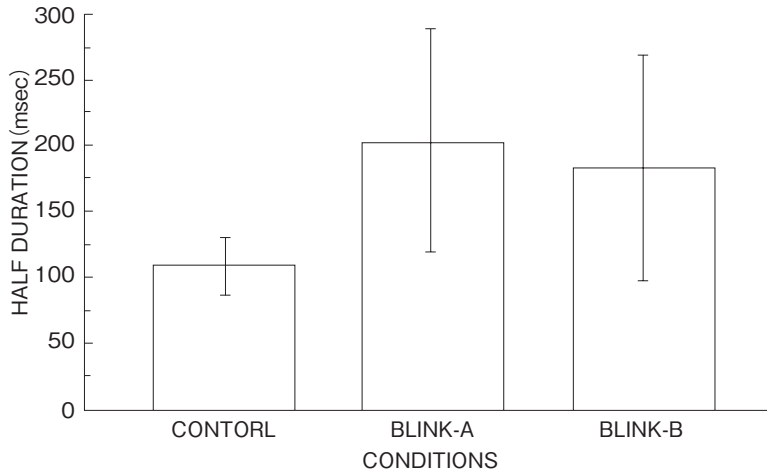


Figure 6 全条件の HALF DURATION の平均値および標準偏差

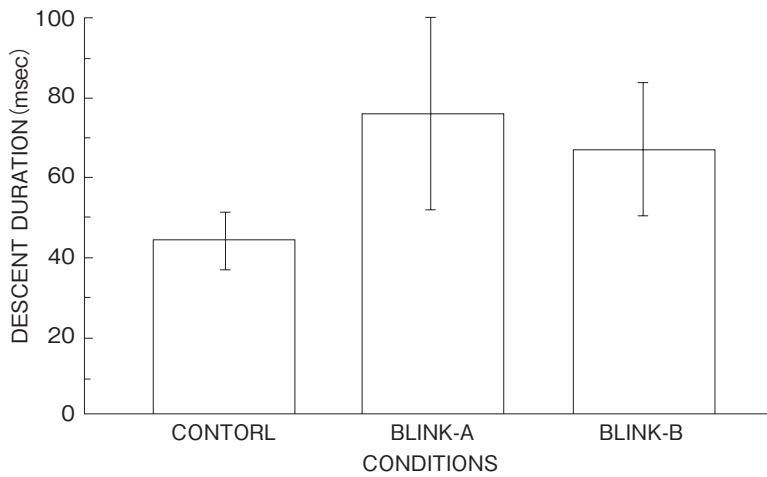


Figure 7 全条件の DESCENT DURATION の平均値および標準偏差

認められた。その延長状況を詳細に検討すると、複数の瞬目波形持続時間のパラメータで延長が認められた。以上の結果は、随意性瞬目は自発性瞬目と比較して眼瞼の開閉により長い時間を要しているといえる。この持続時間の長短の差は、瞬目生起の本質的な違いを反映していると推測する。

瞬目の発生機序は未だ不明確である。随意性瞬目の発生機序は、前頭眼野、補足眼野、頭頂眼野などが指摘されている (Bodis-Wollner et al., 1999)。自発性瞬目の発生機序について

Taylor et al. (1999) は、サルを被験体とした研究で、運動制御にかかわる大脳基底核の一部である尾状核であることを指摘している。さらに、Yoon et al. (2005) は、大脳辺縁系の一部であり、大脳の他の部位と海馬、扁桃体をつなぐ部位である海馬傍回と自発性瞬目の関連を指摘している。自発性瞬目も運動制御機能と関わっていることから随意性瞬目との関わりも弱くないことを示唆させる。また、海馬傍回は大脳から他経路への情報伝達の要ともいえる部位である。そのため海馬傍回が自発性瞬目の生起と関連するならば、自発性瞬目生起は、脳内の情報 ON/OFF を反映しているとも考えることは可能であろう。随意性瞬目は外界からの情報遮断 (OFF) という役割も持つ。その点からも随意性瞬目と自発性瞬目にはかなりの接点があると推測できる。

以上を踏まえ、持続時間の短い随意性瞬目実施を実行することが、自発性瞬目の疑似生起となることも十分予測できると考える。実験 2 では視点を変え、経験上もつと思われる随意性瞬目が惹起させるストレスについて再検討する。特に、ストレス評価測度としてコルチゾルも加えて検証する。

実験 2

方法

被験者：大学生および大学院生女子 9 名。全員この実験参加することを同意している。

随意性瞬目実施条件：実験 1 同様に安静時条件に測定した自発性瞬目生起頻度を基準（サンプリングタイム 10 秒）とした。実験 1 とは異なり、自発性瞬目頻度の 1.5 培の随意性瞬目を行う条件（瞬目 A）および自発性瞬目頻度の 2 倍の随意性瞬目を行う条件（瞬目 B）を設定した。実験 1 同様に、条件開始前の 1 分間にのみ電子メトロノーム（SEIKO ECM-40）による音刺激にて瞬目生起間隔を提示した。両条件は被験者毎に異なる順序で実施した。

測定指標および装置：心臓血管系指標（血圧および心拍数）および瞬目は、実験 1 と同様の方法で連続的に測定を行った。コルチゾルはサリベット（Sarstedt 社 51.1534）を使用して採取し、3000 rpm で 3 分遠心分離してサンプル作成した。 α -アマ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。PANAS 日本語版は佐藤・安田（2001）を使用した。

随意性瞬目の基礎的特性について (1)

AM POMS	安静(Baseline)	随意性瞬目①	AM POMS
Cortisol	3分	3分	Cortisol
随意性瞬目②	AM POMS	後安静	AM POMS
3分	Cortisol	3分	Cortisol
<p>★随意性瞬目①および②の提示順序は被験者によって異なる(①最初実施5名, ②最初実施4名)</p> <p>★上記施行中に心臓血管系指標と瞬目は連続測定</p>			

Figure 8 概要 (実験2)

手続き：被験者は実験室入室後、垂直 EOG 測定用電極および血圧測定用リストモジュールを装着し、まず3分間の安静記録を (Baseline) 実施した。その後随意性瞬目条件を3分間実施 (1.5倍条件：Blink1.5 および2倍条件：Blink2) した。最後に後安静条件 (After Session) を3分間測定した。Blink1.5 と Blink2 の提示順序は被験者間で変更した (Blink1.5 最初提示5名, Blink2 最初提示4名)。

実験実施中、瞬目および連続血圧は連続測定した。 α -アマラーゼ、コルチゾル、PANAS は Baseline 前および Blink1.5, Blink2, After Session 後の計4回実施した。

結果の処理：血圧は実験1と同様の処理を実施した。コルチゾルは Salivary EIA Kit (Salimetrics 社 1-3012) を使用して分析を行い、 α -アマラーゼおよび PANAS と共に測定条件毎の全被験者の平均値を算出した。なお、随意性瞬目波形のデータ分析は実験2では行っていない。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

随意性瞬目実施条件：実験1とは異なり随意性瞬目実施回数は被験者によって異なった。全被験者の両瞬目条件では、条件開始前の音刺激による生起間隔から大きくずれることなく随意性瞬目が3分間実施された。

随意性瞬目実施時のコルチゾル反応：Figure 9 に全被験者のコルチゾルの平均値および標準偏差を示す。Baseline と比較し Blink2 および After Session における濃度の上昇傾向が見受けられたが、有意な差は認められなかった。

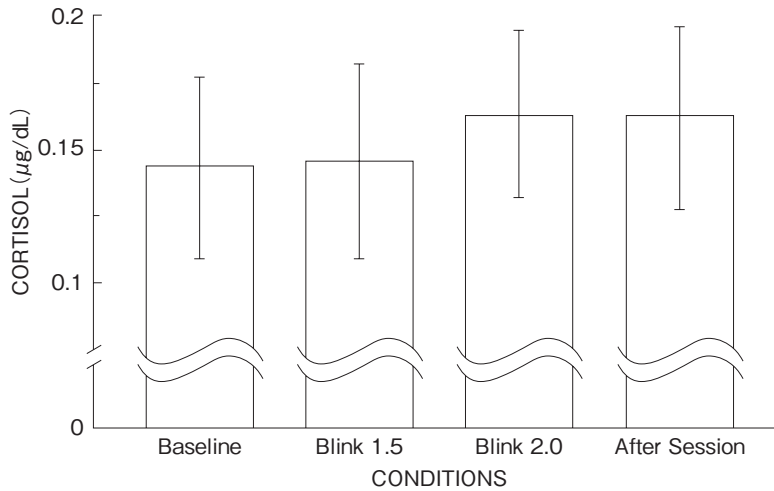


Figure 9 条件別コルチゾル平均値

随意性瞬目実施時の α -アミラーゼ反応：Figure 10 に全被験者の α -アミラーゼの平均値および標準偏差を示す。随意性瞬目実施条件において増加傾向が見受けられたが、有意な差は認められなかった。

PANAS の変化：Figure 11 ~ 12 に実験中に実施した PANAS の平均評定値（Negative および Positive 因子）を示す。統計的に有意な変動ではないが、Positive および Negative 両因子とも徐々に低下する傾向が見受けられた。

随意性瞬目実施時における心臓血管系指標の変動：Figure 12 ~ 14 に随意性瞬目実施下における SBP, DBP および HR の変動を示す。随意性瞬目実施による心臓血管系指標の変動は確認されなかった。

考察

心臓血管系指標評価による随意性瞬目のストレス：実験 2 においても、実験 1 同様に随意性瞬

随意性瞬目の基礎的特性について (1)

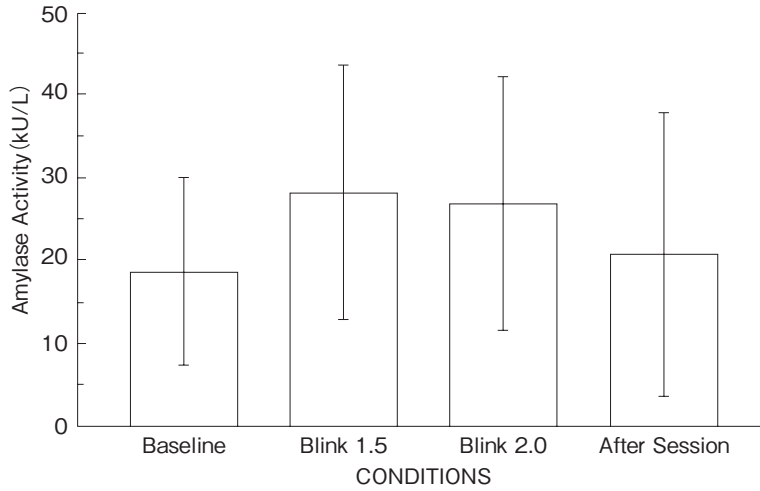


Figure 10 条件別 α アミラーゼ平均値

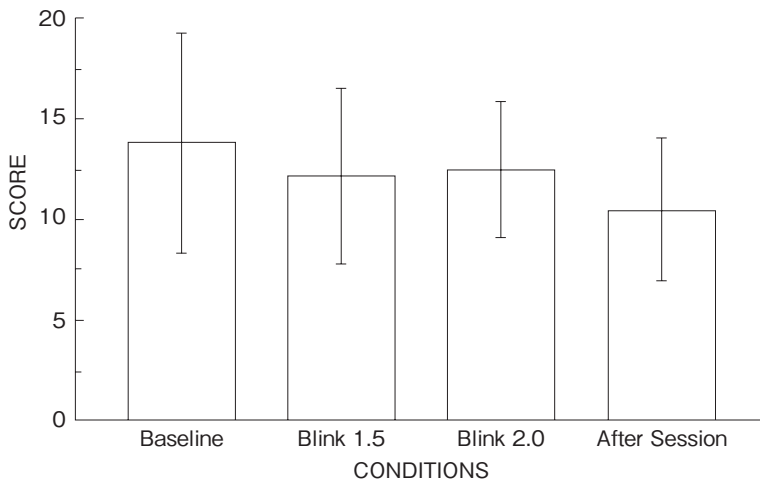


Figure 11 条件別 Negative 因子平均得点 (PANAS)

目実施時に心臓血管系指標に明確な変動は確認されなかった。両実験の結果を踏まえ、自発性瞬目生起頻度の1.5～2倍の随意性瞬目を3分程度実施することには、心臓血管系指標からの評価ではストレス要因は含まれないと断言する。

α -アミラーゼによる随意性瞬目評価：田中（2008a）同様に、実験2においても随意性瞬目実施時に α -アミラーゼの明確な変動は確認されなかった。すなわち、 α -アミラーゼによる評価

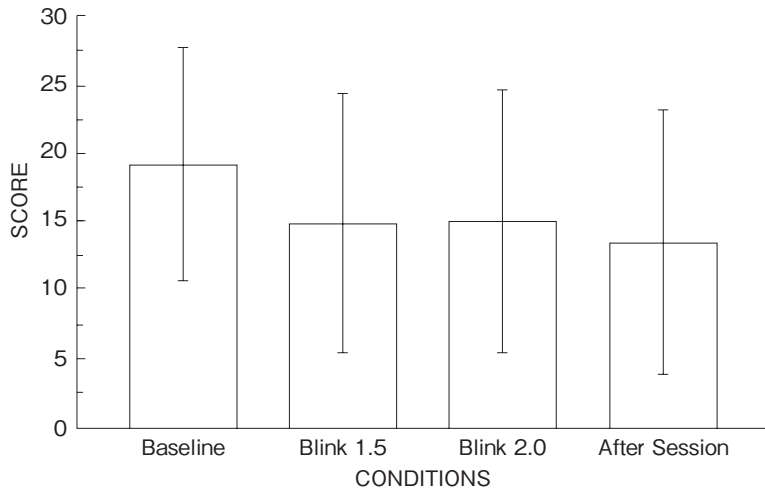


Figure 12 条件別 Positive 因子平均得点 (PANAS)

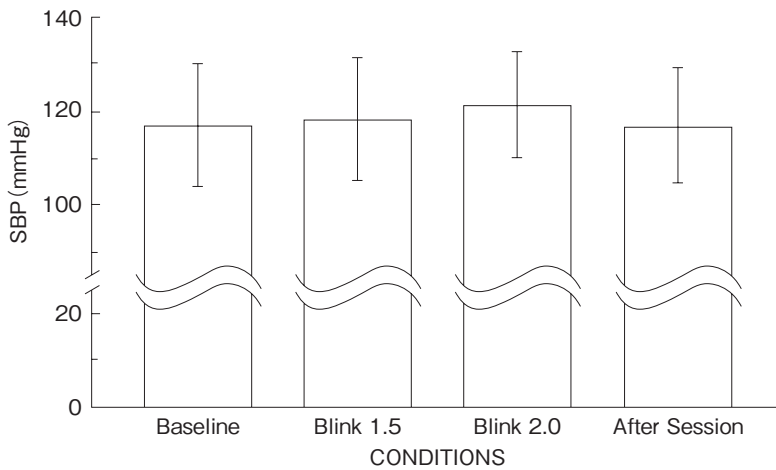


Figure 13 条件別収縮期血圧平均値 (実験 2)

でも随意性瞬目実施がストレッサーとは認められなかった。 α -アミラーゼが心臓血管系指標と同じく自律神経系支配による。そのため、心臓血管系指標の結果と α -アミラーゼのそれが類似しているということは、妥当なものといえる。

しかし、平均値のみの評価からするならば、 α -アミラーゼ値は多少ではあるが経時的に上昇している。今後より長時間の随意性瞬目実施時にはこの点に留意する必要があると考える。

コルチゾルによる随意性瞬目評価：実験 2 において、頑健なストレス指標であるコルチゾルに

随意性瞬目の基礎的特性について (1)

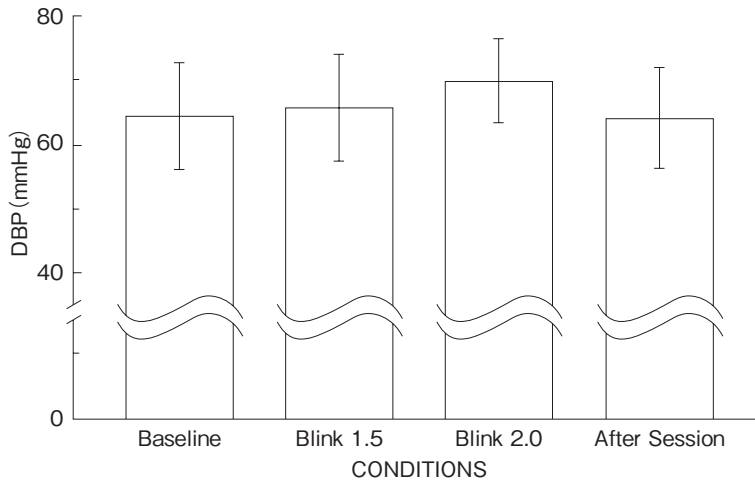


Figure 14 条件別拡張期血圧平均値 (実験2)

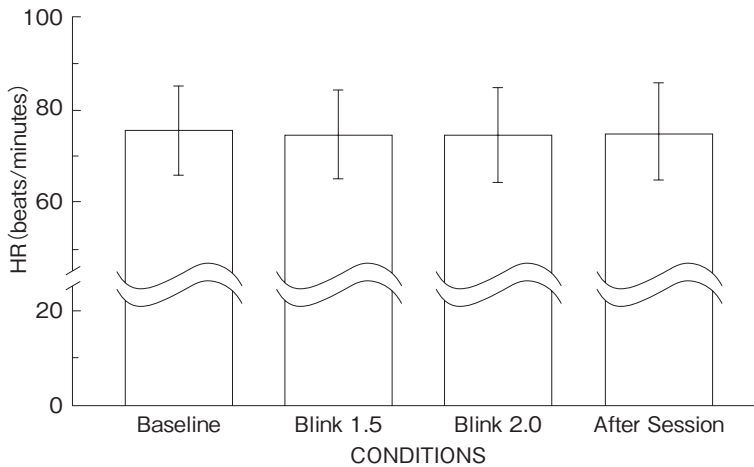


Figure 15 条件別心拍数平均値 (実験2)

よっても随意性瞬目のストレス的側面は確認されなかった。すなわち、コルチゾルによる評価においても、随意性瞬目実施はストレス事態ではないと判断できる。

しかしながら、多くの研究（たとえば、Lavallo & Thomas, 2000）の指摘通り、ストレス事態に対するコルチゾルの反応生起にはある程度以上（20～30分）時間を要する。実験2の実験条件では、想定されたストレス（随意性瞬目）に対するコルチゾル反応の設定時間がその時間より短い。そのためにコルチゾル反応が確認できなかったと考えることは可能である。

近年唾液を使用した指標の利用が容易になってきている。本実験同様に実験条件に合致しないと思われる用法をすることは、測度としての意味合いを薄めてしまいがちとなる。実験2のような短時間の条件設定の場合、コルチゾルより α -アミラーゼの方がより適切と判断する。

なお α -アミラーゼ同様、コルチゾルの平均値も多少上昇する傾向が確認される。この傾向は、ストレス場面におけるコルチゾル変動が α -アミラーゼのそれと同期するという点で、Gordis, et al. (2006) と同様の結果である。今後長時間の随意性瞬目実施時に再度この点を検討する必要がある。

PANAS による随意性瞬目評価：実験2において有意な変動ではなかったものの、Negative, Positive 両因子とも経時的な下降傾向が確認されている。PANAS は感情および気分を簡便に測定する尺度として安定性に富むものである。また、Negative および Positive 因子が独立した次元に存在することも、近年の研究（たとえば、Mineka, Watson & Clark, 1998）からも支持されつつある。以上から、実験2における随意性瞬目の実施は Negative および Positive 両方の側面を低下させる特質を持つことが推測される。今後より長時間の随意性瞬目実施時等で、PANAS の測定は継続すべきと考える。

結論

本報告において、随意性瞬目が自律神経系指標（心臓血管系指標および α -アミラーゼ）および内分泌系指標から確認できるストレス事態ではないことが示唆された（実験2）。随意性瞬目の瞬目持続時間が、自発性瞬目のそれより延長することを再確認した（実験1）。前者はこれまでの先行研究（田中, 2002a；田中, 2003a；田中, 2006a；田中, 2008a）を支持するものである。後者は、自発性瞬目と随意性瞬目の関連をも示唆する結果である。これらの結果を基に、田中（2006a）で提案された瞬目知覚法を使い、随意性瞬目の実場面で応用研究を進めることが可能となるであろう。

注

注1：本報告実施は、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、本報告の一部は、第26回日本生理心理学会大会および第72回日本心理学会にて発表された。

引用参考文献

- Bodis-Wollner, I., Bucher, S. F., Seelos, K. C., 1999, Cortical activation patterns during voluntary blinks and voluntary saccades. *Neurology*, 53, pp.1800-1805.
- 福田恭介, 1991, 「まばたきの分類と役割」, 『まばたきの心理学』, 北大路書房, pp.2-9.
- 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.
- 井澤修平・鈴木克彦, 2007, 「唾液中コルチゾールの測定キットの比較 —唾液中・血漿中コルチゾールの相関ならびに測定法間の比較—」, 『日本補完代替医療学会誌』, 第4巻, 第3号, pp.113-118.
- 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.
- Mineka, S., Watson, D., Clark, L. A., 1998, Comorbidity of anxiety and unipolar mood disorder. *Annual Reviews of Psychology*, 49, pp.377-412.
- 宮田洋・山田富美雄, 1985, 「瞬目反射とは」, 宮田洋・藤澤清・柿木昇治編, 『生理心理学』, 朝倉書店, pp.56-61.
- 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.
- 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.
- 大矢哲也・山下和彦・小山裕徳・川澄正史, 2008, 「眼電図を用いた随意性瞬目によるスイッチ操作の研究」, 『生体医工学』, 第46巻, 第2号, pp.254-260.
- 佐藤徳・安田朝子, 2001, 「日本語版 PANAS の作成」, 『性格心理学研究』, 第9巻, 第2号, pp.138-139.
- 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.
- 田中裕, 2002a, 「視覚作業休息下における随意性瞬目の効果」, 『川村学園女子大学研究紀要』, 第13巻, 第1号, pp.159-168.
- 田中裕, 2003a, 「視覚作業休息下における随意性瞬目の効果 (3)」, 『川村学園女子大学研究紀要』, 第14巻, 第1号, pp.141-152.
- 田中裕, 2006a, 「随意性瞬目の及ぼすストレス効果について」, 『川村学園女子大学研究紀要』, 第17巻, 第2号, pp.1-8.
- 田中裕, 2008a, 「低ストレス事態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」, 『川村学園女子大学研究紀要』, 第19巻, 第1号, pp.117-128.
- Taylor, J. R., Elsworth, J. D., Lawrence, M. S., Sladek, J. R. Jr., Roth, R. H., Redmond, D. E. Jr., 1999, Spontaneous blink rates correlate with dopamine levels in the caudate nucleus of MPTP-treated monkeys. *Experimental Neurology*, 158, pp.214-220.
- 坪田一男, 2001, 『眼科医療最前線 —近視, 乱視, 老眼, 眼精疲労はここまで回復する—』, 双葉社.
- Vasey, M. W., Thayer, J. F., 1987, The continuing problem of false positives in repeated measures ANOVA in

- psychophysiology: A multivariate solution. *Psychophysiology*, 24, pp.479–486.
- Watson, D., Clark, L.A., Tellegen, A., 1988, Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social psychology*, 54, pp.1063–1070.
- 山田富美雄, 1998, 「免疫系・内分泌系指標」, 宮田洋監修, 藤澤清・柿木昇治・山崎勝男編, 『新生理心理学 第1巻』, 北大路書房, pp.280–289.
- Yoon, H. W., Chung, J. Y., Song, M. S., Park, H., 2005, Neural correlates of eye blinking; improved by simultaneous fMRI and EOG measurement. *Neuroscience Letter*, 381, pp.26–30.