成人における内因性瞬目の年齢差と性差

東北大学医学部保健学科

杉山 敏子¹⁾

白鷗大学教育学部

田多 英興

Age and gender differences in endogenous eyeblinks and the standard blink rate of normal adults.

Toshiko SUGIYAMA

Department of Health Sciences, Tohoku University School of Medicine

2-1 Seiryomachi, Aoba-ku, Sendai, 980-8575, Japan

Hideoki TADA

Faculty of Education, Hakuoh University

1117 Daigyouji, Oyama, 323-8585, Japan

The major purpose of this study was to establish the standard rate of blinking in adults using relatively large samples of subjects. A subsidiary purpose was to investigate gender and age differences in eyeblink behaviors. The identical task, watching an edited video tape for three minutes, was administered to 671 subjects aged from 20 to 93 years. Eyeblinks of each person were videotaped during task performance and were analyzed using a special software. The results were as follows: (a) the average blink rate in adulthood was approximately 20 blinks per minute, (b) no remarkable age effects was found, but (c) the gender difference in eyeblink rate was significant, with females blinking more frequently than males. In addition, the opening and closing durations of eyeblinks, the synchronization between right and left eyelids, and the effects of wearing contact lenses and eyeglasses on eyeblink rates were examined in terms of age and gender differences. A specific influence of contact lens wearing on blink rate was obtained, namely a significant increase in blinking and prolongation of blink duration. (*Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 25(3) : 255-265, 2007.)

Key words : endogenous eyeblink, age difference, gender difference, standard eyeblink rate of normal adults.

2006.4.20 受稿, 2007.4.9 受理

1) データの取得に際しては多くの施設と皆様にご協力いただきました。ここに記して深く感謝いたします。ご協力いただいた方々は次の通りです。仙台市台原老人福祉センター、宮城県利府町保健福祉センターと仙台市泉中央老人福祉センターの職員の皆様とそこでの企画に参加されていた皆様、宮城ふそう仙台支店の皆様、東北学院榴ヶ岡高等学校の教員の皆様、公立刈田綜合病院の職員の皆様、東北大学病院の看護師の皆様と放射線技師の皆様、東北大学医療技術短期大学部看護学科の学生の皆様。

【要 約】 本研究は健常成人の内因性（自発性）瞬目の諸属性についてその標準値を得ることを第一の目的とし、さらに年齢差、性差、コンタクトレンズ装着の影響などを検討した。実験参加者は20歳代から93歳までの男女成人617名で、共通の課題として3分間に編集したビデオ刺激の視聴を課し、その際の瞬目をビデオに記録し解析した。結果は、(a)成人の標準的な瞬目率はほぼ20／分であった、(b)女性の方が高頻度傾向という性差が認められたが、(c)著明な年齢差は認められなかった。さらに、開瞼時間、閉瞼時間、左右眼瞼の同期の程度、瞬目の時間分布、メガネやコンタクトレンズの影響などを性と年齢段階別に解析した。その結果、コンタクトレンズ装着者は非装着者に比べて瞬目率が高いことが明らかになった。

はじめに

ヒトの成人は1分間におよそ20回の瞬目を行う（Stern, Walrath & Goldstein, 1984; 田多・山田・福田, 1991; Hart, 1992）が、乳幼児はほとんど瞬目をしないといわれている（Ponder & Kennedy, 1927）。瞬目の発達過程についての研究は比較的早期に開始されたにもかかわらず、Knorr（1929）以降組織的研究はほとんど見られない。そのような状況の中でZametkin, Stevens, & Pittman（1979）の論文が、最も組織的な研究のひとつであると思われる。その報告によると、瞬目は出生時にはほとんど生起しないが、徐々に増加して青年期までに安定期に達し、成人期以降はそれが維持するとしている。他にも（Karson, Burns, LeWitt, Foster, & Newman, 1984）同様の報告があるが、これらの結果はまだ完全に確認されたものではない（Bentivoglio, Bressman, Cassetta, Carretta, Tonali, & Albanese, 1997）。そこで筆者らは数年間にわたり、これらの結果を大標本で確認するために、新生児から高齢者までの瞬目行動の発達過程に関するデータの収集を行ってきた。本報告は、横断的方法による新生児から高齢者までの瞬目行動の生涯発達に関する研究の一部である。

したがって、この研究の第一の目的は、新生児から高齢者までの約1400名の実験参加者のうち、成人から高齢者までの年齢による瞬目の差異に焦点を絞り報告することである。一般には、その生起因が比較的容易に特定できる反射性や随意性瞬目以外の瞬目を周期性、自発性または内因性瞬目（endogenous blink）と称するが、本稿ではStern et al.（1984）のいう内因性瞬目の名称を用いる。それは、この種の瞬目には情報処理過程という高次神経活動が関与する（Stern, 1990）と考えているからである。

第二の目的は成人における瞬目率の性差について検討することである。瞬目の個人差が大きいということはよく知られているが、性差についての見解は必ずし

も一致していない（南・山城・南, 1957; Norn, 1969）。ある研究者達は、瞬目率は男性よりも女性の方が高い（Ponder & Kennedy, 1928; Peterson & Allison, 1931; Newhall, 1932; Zametkin et al., 1979; 田野, 1995; 田多, 1996; Stern, Boyer, Schroeder, Touchstone, & Stoliarov, 1996; 田多・皆川, 1996; Bentivoglio et al., 1997）としているが、差がないという報告も多い（長田・斎藤・太田・中村・崔・楠本・谷嶋, 1990; Yolton, Yolton, López, Bogner, Stevens, & Rao, 1994; Doughty, 2002）。これらの研究はいずれも標本数が少なく、性差そのものを目的にした研究ではないため、性差の原因について明確に論じてはいない。本研究ではまず大標本によってこの性差の存在の有無を確認することを目的とした。

一般に、内因性瞬目の研究は、実験参加者内と被実験参加者間デザインの2つのタイプに分けることができる。実験参加者内デザイン実験の場合、実験参加者に対して課題遂行の前後の瞬目率を比較することで条件は満たされるため、瞬目の標準あるいは基線水準はそれほど重要な役割を果たさない。これに対して、実験参加者間計画の実験の場合、通常健常者の瞬目率が統制群の値として設定されるため、その統制群の瞬目の基線水準が非常に重要になる（田多・杉山, 2006）。この方面の最も優れた研究者の一人であるC. N. Karsonの研究を検討しても、基準値となる統制群の健常成人の瞬目率は、最小15.0回／分（以下この単位をbpm（Blinks Per Minute）と表記する）、最大26.0bpm、という大きな開きがあるのが現状である（田多・杉山, 2006）。これは必ずしも彼らの研究上のミスではなく、瞬目が本来もつ広範囲に及ぶ個人差に由来するところが大きいと考えられる。したがって瞬目率の基線水準は報告によって異なることになる。

Doughty（2001）はこの事実に強い注意を払い、内因性瞬目研究に関する53件の論文を総覧した。その

結果、報告ごとに基線瞬目率に大きな幅があるために、本質的には基線瞬目率は存在せず、具体的には読書瞬目率、安静時瞬目率、あるいは会話瞬目率があるに過ぎないのではないか。つまり、Stern et al. (1984) が主張するような「課題要求」ごとの瞬目しか存在しないと記述している。しかし、ある程度正確な基準値を共有することがない限り比較研究そのものが成立せず、研究ごとに恣意的に基準値を採用した場合、正確な瞬目の機構説明には至らない。そこで、本研究の第三の目的は、これらの問題の一部を解決するために、大標本でありかつ均質の実験条件のもとで、詳細な記録と解析を行うことにより、健康な成人の瞬目率の基準値あるいは標準値を得ることである。

また、瞬目行動について多角的にその特徴を記述することが瞬目のメカニズムを理解するために有益と考えられる (Stern et al., 1984) ため、従属変数として、(a) 瞬目率、(b) 瞬目時間、(c) 両眼瞼の同期の程度、(d) 群発瞬目の発生率を測定した。両眼瞼の同期や群発瞬目については現在あまり注意が向けられていないが、例えば Benvigoglio et al. (1997) は“瞬目の群発は眼瞼痙攣と運動性チックの2つの神経学的状態の特徴的サインになる”ことを予測しており、この指標が将来は神経学的特徴の有力なサインになる可能性がある。したがって、この研究の第四の目的は、特に左右閉瞼の同期と群発瞬目に焦点を絞り、瞬目におけるこれらの指標の有効性を検討することである。

方 法

実験参加者 617 名の実験参加者の内訳を Table 1 に示す。年齢集団は、20 代 (20-29 歳) から 80 代 (80 歳以上) まで 10 歳単位で 7 群を設けた。90 歳以上の実験参加者は 80 代に含めた。20 代から 50 代の実験参加者の職業は、看護師、病院事務、放射線技師、自動車販売会社の社員、高等学校の教員などであった。60 代以上の高齢者群は退職者か主婦が中心であったが、週に数回高齢者のための活動に集まるさまざまなキャリアを持つ健康な人々であった。また、裸眼・コンタクトレンズ着用者・眼鏡着用者の区別をしたが、その人数などの内訳は Table 1 に示す。

倫理的配慮 実験を依頼する際に、まずその施設長または所属長にその内容、実施方法を説明し了解を得た。さらに、全ての実験参加者に対して実験開始前に実験の内容を説明し、承諾を得られた人だけに実験の協力を依頼し実施した。

課題 全対象群に対して均質の実験条件を設定する目的で、全ての実験参加者に対して同じ課題を課した。課題刺激はドイツの古い町並みを写しているビデオを 3 分間に編集した映像で、背景音楽はモーツァルトのアイネ・クライネ・ナハトムジークと鐘の音である。実験参加者の課題は 3 分間そのビデオを見ているだけである。基線水準の瞬目率を得るために 5 分間記録している例も近年出てきた (Doughty, 2002) が、データ収集開始時はまだ 3 分間でよいという説が一般的だった (Zaman & Doughty, 1997; Depue, Iacono, Muir &

Table 1
Specification of participants

Age Groups	Female			Female total	Male			Male total	Total
	NE	CL	GL		NE	CL	GL		
20s	22	29	3	54	25	20	6	51	105
30s	16	20	3	39	25	6	16	47	86
40s	31	9	22	62	11	1	25	37	99
50s	15	3	22	40	14	1	22	37	77
60s	38	0	15	53	13	0	16	29	82
70s	35	0	25	60	21	0	25	46	106
80s	19	0	23	42	12	0	8	20	62
Total	176	61	113	350	121	28	118	267	617

Note. NE= naked eyes ; CL= with contact lenses ; GL= with glasses.

Arbisi, 1988) ため、この研究では3分間の課題とした。実験条件により一度に1名から6名一組で実験を行った。

記録装置と実験室 ビデオ映像を見ている間の実験参加者の瞬目を記録するために、実験参加者一人につき一台のデジタル・ビデオ・カメラを使用した。カメラは民生用のデジタルカメラである、Sony DCR-VX2000 とその類似品で、1秒30フレームの精度である。実験場所は実験参加者の所属している会社、学校、病院、老人施設、などでそれぞれの施設で許される範囲の部屋を使用させてもらった。場所の条件によって、14～20インチのテレビに刺激を提示し、その前に1～6名が平均的に見えるように椅子を配置して見てもらった。また、デジタルビデオカメラを三脚に固定し、実験参加者からおよそ1.5mの位置にセットした。撮影の前に画面に顔全体が入るように調整した後、録画ボタンを押して映像が終了するまでそのまま録画を継続した。動きが多い実験参加者や画面からはずれてしまった実験参加者34名は瞬目属性の測定は行わず、瞬目数のみを目視で計測し瞬目率に換算した。

ビデオの解析 ビデオに収録された瞬目映像はパーソナルコンピュータ (SONY 製 VAIO PCV-L730/BP, PCG-984N を中心に何種類かのコンピュータを使用した) に取り込んだ後、DITECT 社製の運動解析ソフト Dipp Motion 2D (このソフトはさまざまな運動の解析を目的にして開発されたものであるが、今回はさらに特注で瞬目検出機能を加えた) によって虹彩の重心を座標化した。また同時に顔の動き (主に耳朶) も座標化し、その後座標化された虹彩の重心から顔の動きを座標上で減じることによって、眼瞼の運動に相当する波形を得た。この波形は眼球電図 (EOG: electrooculogram, 以後 EOG とする) と同様の変化を示す。今回は、特に左右の眼瞼の動きの差を知るために左右の眼瞼の動きを検出した。このソフトは基本的に全て自動検出のためのソフトである。しかし、なおノイズなどによりいくつかの検出ミスもあるため、さらにそこから得られたデータはもうひとつの独自に開発したソフト (水野ソフト製 Event Marker) によって、実際のビデオ映像と Dipp Motion2D から得られた波形とを照合しながら瞬目を確認し、手動で検出瞬目の編集 (追加, 除去, 波形の修正など) を行って、最終的な瞬目として同定した。その際瞳孔を眼瞼によって完全に覆われたもの

を1回の瞬目として確認した。瞬目と同定すると自動的に下記の諸属性が算出される。詳細は別稿 (田多・高橋・相川・杉山, 2006) に記載した。

得られた瞬目指標 その結果最終的に得られた瞬目指標は、以下の測度である。

- (a) 瞬目率: 3分間測定した瞬目数から1分間の平均値に換算したもの。
- (b) 閉瞼時間: 瞬目開始から眼瞼が最下部 (ピーク) に到達するまでのフレーム数を計測し、そのフレーム数に 1/30s を乗じて時間に換算した値。
- (c) 開瞼時間: 開瞼開始から完全に開瞼するまでのフレーム数に 1/30s を乗じて時間に換算した値。
- (d) 瞬目時間: 閉瞼時間と開瞼時間を加えた値。瞬目開始から瞬目終了までの時間。
- (e) 左右それぞれの眼瞼のピークに達した時間 (以下ピーク時間とする): 各実験参加者の全瞬目の両眼間のピーク時間の差の平均値を求めた。ピーク時間の差が 0ms のものは同調として取り扱った。
- (f) 群発瞬目の頻度: 群発瞬目は、瞬目間間隔が 0.5s 以下で連続して発生する瞬目を指す。

結 果

瞬目率

20歳代の青年から高齢者までの平均瞬目率の変化を Figure 1 に示した。コンタクトレンズ着用の瞬目への影響については後述するが、コンタクトレンズ着用品が大きく影響していたため、ここではコンタクトレンズを着用していない 528 名と、コンタクトレンズを着

Figure 1. Blink rates as a function of age and groups between all subjects and without contact lens (CL).

用した実験参加者を含めた 617 名についての結果を示した。

また年代・性別の瞬目率（コンタクトレンズを着用している実験参加者は含まない実験参加者 528 名）の基本統計量を Table 2 に示した。瞬目率の全体の平均値（コンタクトレンズ着用者を含まない）は、 19.9 ± 14.6 bpm（平均値±標準偏差、以下同様に示す）、また、男性 18.2 ± 14.4 bpm、女性 21.3 ± 14.7 bpm、20-50 代の成人は 19.2 ± 12.2 bpm、60-80 代の高齢者は 20.7 ± 16.9 bpm であった。性と年齢の 2 要因の分散分析では、女性の瞬目率が有意に高かった（性要因 $F(1, 514) = 4.54, p < .05$ ）が、年齢要因では主効果は見られなかった（ $F(6, 514) = 1.25, n.s.$ ）。交互作用はなかった（ $F(6, 514) = .51, n.s.$ ）。

瞬目率分布

Figure 2 では、成人（20-50 代）と高齢者（60-80 代）の瞬目率の分布の特徴を表現するために、それぞれの瞬目率の分布を示した。図に見るように、20-

50 代の瞬目率のピークは 11-20bpm にあり、60-80 代では 0-10 bpm にピークが移動し逆 J-型の分布を示し、頻度の低い人が多いことが分かる。一方、瞬目率が

Figure 2. Distributions of blink rates in people aged 20-50 and 60-80.

Table 2
Basic values of blink rate as a function of gender and age without contact lenses

Age groups	Gender	N	Mean (bpm)	SD	Min. (bpm)	Max. (bpm)
20s	Female	25	24.0	13.2	6.0	62.7
	Male	31	22.2	15.2	2.7	79.7
	Total	56	23.0	14.2	2.7	79.7
30s	Female	19	19.1	10.1	3.7	38.0
	Male	41	20.1	12.2	3.3	53.0
	Total	60	19.8	11.5	3.3	53.0
40s	Female	53	18.7	11.3	1.0	56.0
	Male	36	15.4	11.9	0.0	67.0
	Total	89	17.3	11.6	0.0	67.0
50s	Female	37	19.6	11.5	5.3	55.3
	Male	36	16.3	11.1	0.0	50.7
	Total	73	18.0	11.4	0.0	55.3
60s	Female	53	23.2	15.0	0.7	75.3
	Male	29	16.7	13.3	1.0	57.3
	Total	82	20.9	14.7	0.7	75.3
70s	Female	60	23.3	17.7	0.3	69.0
	Male	46	18.1	19.0	2.3	82.3
	Total	106	21.1	18.4	0.3	82.3
80s	Female	42	19.9	18.1	0.3	86.0
	Male	20	19.2	15.4	0.0	47.7
	Total	62	19.7	17.1	0.0	86.0

Note. Blinks per minute=bpm.

41 bpm 以上の高頻度の比率でも 60-80 代の割合が成人よりも大きい。つまり、60-80 代は 20-50 代に比較して低頻度傾向者の比率が高く、また高頻度傾向者の比率も高いことが観察できる ($\chi^2 = 26.5 > \chi^2 (8, 0.05) = 15.5$)。

瞬目時間

瞬目時間の結果を Figure 3 に示した。閉瞼・開瞼・瞬目時間別を記述する。

閉瞼時間 閉瞼時間の 494 名（コンタクトレンズ着用者を除き測定可能であった実験参加者数）全体の平均値は $121.7 \pm 16.2\text{ms}$ であった。Figure 3 を見ると、閉瞼時間は性・年齢要因とも明らかな差は見られず、ほとんど一致しているように見える。しかし、2 要因分散分析を施すと、年齢要因において有意な主効果が認められた ($F(6, 480) = 3.35, p < .01$)。しかし、性要因の主効果 ($F(1, 480) = .71, \text{n.s.}$) も、交互作用 ($F(6, 480) = .90, \text{n.s.}$) も有意差は見られなかった。年齢要因での水準間の多重比較によると、40 代 ($119.1 \pm 2.19\text{ms}$) と 70 代 ($127.3 \pm 2.57\text{ms}$) ($p < .05$)、40 代と 80 代 ($126.0 \pm 3.47\text{ms}$) ($p < .05$) において有意差が認められ、高齢者に比べて 40 代の閉瞼時間が有意に短いことが示された。

開瞼時間 同様に開瞼時間の全体の平均値は $280.9 \pm 46.3\text{ms}$ であった。性と年齢の 2 要因分散分析によれば、性要因では女性の開瞼時間が長く有意な主効果が得られたが ($F(1, 480) = 5.21, p < .05$)、年齢要因では有意差は認められなかった ($F(6, 480) = .71, \text{n.s.}$)。また、交互作用はなかった ($F(6, 480) = .27, \text{n.s.}$)。

瞬目時間 閉瞼時間と開瞼時間の合計である瞬目時間の全体の平均値は $402.4 \pm 50.8\text{ms}$ であった。2 要因

分散分析では、性要因には女性に有意に長い主効果が認められたが ($F(1, 480) = 6.19, p < .05$)、年齢要因の主効果 ($F(6, 480) = .84, \text{n.s.}$) にも交互作用 ($F(6, 480) = .30, \text{n.s.}$) にも有意差はなかった。

これらの結果から、瞬目時間は女性のほうが長く、それは開瞼に要する時間が長いことが主因であることが示された。

コンタクトレンズ着用の影響

当初コンタクトレンズ着用の条件は考慮せずに解析した結果、上記の瞬目率には性差に加えて、年齢差の主効果も現れた。しかし、コンタクトレンズ着用者を除いて解析し直してみると、Figure 1 に見られるようなコンタクトレンズ着用者と非着用者では著しい差が認められた。さらに、詳しく解析すると、以下の 2 点に影響することが明らかになった。

瞬目率 純粋にコンタクトレンズの効果を検討するために、ここでは Table 2 から明らかなように、60 代以上になるとコンタクトレンズ使用者はほとんどいないため、20 代から 50 代までの 367 名の実験参加者に限って比較検討した。Figure 4 に眼鏡やコンタクトレンズ着用時の瞬目率を示す。コンタクトレンズを着用していると瞬目率のピークが瞬目率増加方向にずれることがわかる。それぞれの平均値は、裸眼 $19.2 \pm 11.9\text{bpm}$ 、コンタクトレンズ $26.7 \pm 14.0\text{bpm}$ 、眼鏡 $19.1 \pm 12.7\text{bpm}$ であった。そこで、裸眼、コンタクトレンズ、眼鏡の 3 水準の 1 要因分散分析を行うと主効果が得られ ($F(2, 366) = 11.69, p < .01$)、多重比較の結果コンタクトレンズ > 裸眼 ($p < .01$)、コンタクトレンズ > 眼鏡 ($p < .01$) とコンタクトコンタクトレンズ

Figure 3. Blink durations in closing and opening phases as a function of age and gender.

Figure 4. Distributions of eyeblink rates as a function of eye conditions.

群の瞬目率が有意に高く、裸眼と眼鏡には有意差はなかった。

閉瞼時間・開瞼時間・瞬目時間 さらに、同じ条件で閉瞼・開瞼・瞬目時間を分析すると、Figure 5に見られるように、閉瞼時間ではコンタクトレンズ群は眼鏡群よりも有意に時間がかかり ($F(2,362) = 3.91$, $p < .05$, コンタクトレンズ > 眼鏡 ($p < .05$)), 開瞼時間では、コンタクトレンズ群は眼鏡群より、裸眼群は眼鏡群より時間がかかることが示された ($F(2,362) = 5.57$, $p < .01$, 裸眼 > 眼鏡 ($p < .05$), コンタクトレンズ > 眼鏡 ($p < .01$)). したがって、コンタクトレンズ着用時は瞬目率が高く、一回の瞬目に時間がかかることが考えられ、眼鏡着用時は裸眼条件と比較すると、瞬目率は同率であるが、瞬目時間が短いことが示された。

両眼瞼のピーク時間の同期

両眼瞼のピーク時間と群発瞬目について、正確に検出できた実験参加者数は470名（コンタクトレンズ着用者を除く）であった。両眼瞼の同期の程度を検討す

るために、左右閉瞼のピーク点を比較して、左眼瞼のピークが早い実験参加者の割合 (Left), 右眼瞼のピークが早い実験参加者の割合 (Right), そして左右が1フレームも差がなかった実験参加者の割合 (Synch.) を、男女別、年齢群別に Table 3 に示した。今回は健常な実験参加者の特徴をとらえるために、実験参加者の人

Figure 5. Blink durations in closing and opening phases as a function of eye conditions.

Table 3
Synchronization frequency of both eyelids in peak time as a function of age and gender

Gender	male		Female	
Age groups	20s-50s	60s-80s	20s-50s	60s-80s
Right	41	20	38	48 ▲
Left	44	35 ▲	29 ▽	40
Synch.	55	19 ▽	66 ▲	35 ▽

Note. Right= the number of subjects whose right eyelid closed earlier than left eyelid ;

Left= the number of subjects whose left eyelid closed earlier than right eyelid;

Synch.=the number of subjects whose eyelids synchronized blinks perfectly.

▽=significantly-low, $p < .05$; ▲=significantly-high, $p < .05$.

Table 4
Flurry frequency as a function of age and gender

Gender	Male		Female	
Age groups	20s-50s	60s-80s	20s-50s	60s-80s
Single	6463 ▽	3190 ▽	6998 ▲	7022 ▲
Double	972 ▲	442	794 ▽	782 ▽
More over	325	249 ▲	256 ▽	308

Note. Single = blinks whose interval are longer than 0.5s ; Double = two consecutive blinks

whose intervals are shorter than 0.5s respectively ; More over = three or more

consecutive blinks whose intervals are shorter than 0.5s respectively;

▽=significantly-low, $p < .05$; ▲=significantly-high, $p < .05$.

数割合で算出した。 χ^2 検定では有意差 ($\chi^2=24.00 > \chi^2(6, 0.01)=16.81$) があり、残差分析では、女性男性ともに高齢者のピーク時間の同調の割合は有意に低く、高齢者男性では左眼瞼ピーク時間の早い割合が高く、高齢者女性の右眼瞼の間が早い割合が高いことが特徴として示された。

群発瞬目

群発瞬目の発生比率を、今回コンタクトレンズを着用していない実験参加者から検出できた総瞬目数 27,801 個を基にして、年齢と性別に Table 4 に示した。群発瞬目の数え方として、0.5s 以下の間隔で連続して発生した瞬目を 1 回とまとめて表現することもできるが、今回は連続した瞬目であってもそれぞれを 1 回として計算した。その結果単回瞬目は全体の 85% を占め、残りが群発瞬目と言える。2 回連続の瞬目は 11%，3 回またはそれ以上のものは 4% 以内であった。

χ^2 検定では、有意差 ($\chi^2=120.91 > \chi^2(6, 0.01)=16.81$) が認められた。残差分析では、成人、高齢者ともに女性の単回の瞬目の割合が高く、2 回以上連続する瞬目は男性に多いことが特徴であった。

一方、個人毎に群発瞬目の生起率を分析したところ以下の通りとなった。3 分間に全く群発瞬目が発生しなかった実験参加者は 35%，0～10% (0 は含まない) 発生の実験参加者は 29%，10～20% の実験参加者は 15%，20～30% の実験参加者は 11%，30～40% の実験参加者は 5.8%，40～50% の実験参加者は 2.8%，50% 以上の瞬目が群発瞬目で構成されていた実験参加者は 1.7% であった。

考 察

瞬目の発達と瞬目率の基準値 本研究の第一の目的として明らかにしようとした成人から高齢者にかけての標準的瞬目率は 19.9bpm となり、先行研究とほぼ一致した (Karson, Berman, Donnelly, Mendelson, Kleinman, & Wyatt, 1981; Stern et al., 1984; 田多他, 1991; Hart, 1992)。さらに、別稿 (田多・杉山, 2006) で論じた Karson et al. の一連の研究の平均値ともほぼ一致した。1979 年から 1990 年までの 13 件の論文で、患者群の瞬目の特徴を比較するために彼らのデータの統制群平均瞬目率を、筆者らが改めて計算したところ 20.2bpm であり本結果とよく一致した。ただし、個々の論文間ではかなりの開きがあり、その範囲は 15.0

～26.0bpm に散らばっているということを、従来の研究における大きな問題点として指摘した。したがって、これからの比較研究では、統制群の標準値は 20.0bpm に近い瞬目率を基準にすることを本研究では提案したい。その値から大幅に外れた瞬目率を、基準値とする統制群の瞬目率として設定することはこの上なく危険であるからである。

一方、成人から高齢者での瞬目率の変化について分散分析では有意な差はなかったため、“新生児の瞬目は極めて低率であるが、発達とともに増加して、20 歳でピークに達し、以後は成人期を通してこの水準を維持する” という従来の知見 (Zametkin et al., 1979; Karson et al., 1984) を成人から高齢者については追認するものであった。成人期以降の瞬目は大きな変動はなく、ほぼ同じ水準の瞬目率を維持するものと考えてよいだろう。ただし、Figure 2 に見るように成人と高齢者の瞬目率の分布をみると、高齢者の瞬目のばらつきが大きいことが示されていた。

瞬目率の性差 成人期にある女性の瞬目率が男性の瞬目率よりも高頻度で、瞬目時間が長いという本実験の結果は先行研究によって支持されている (Ponder & Kennedy, 1927; Zametkin et al., 1979; Stern et al., 1996; Bentivoglio et al., 1997) が、どの論文にもその由来についての詳細な説明はない。ひとつの可能性は、ある種の社会的要求のために女性の顔の表情が男性よりも豊かであることに起因するという解釈である。根拠のひとつとして、新生児からの発達の変化を検討した筆者らのデータ (杉山・田多, 2005a; Sugiyama & Tada, 2005b; 杉山・田多, 2005c) では、成人期において初めて性差が観察されるのであって、誕生時から成人に至る間の年齢群では観察されないという事実があるからである。あるいは、生物学的な意味で、例えば涙の量に性差があり、角膜の乾燥の時間に違いが見られる (Henderson & Prough, 1950) ことなども考えられる。いずれにしても、先行研究において瞬目の性差の有無についての記述はあっても、なぜ性差があるのかその理由について言及している論文は皆無に近く、この問題に関しては今後の課題となっている。

瞬目時間 瞬目時間の結果に関しては、閉瞼時間の変異は年齢集団間でわずかの差が見られた程度で、性差も個人差も極めて小さいことと開瞼時間において女性がゆっくりと目を開くことが特徴であった。

瞬目とコンタクトレンズ コンタクトレンズの瞬目率への影響に関しては従来必ずしも見解は一致していない。コンタクトレンズ着用時の瞬目率の著明な増加を直接指摘する研究も多い (Brown, Chinn, Fatt, & Harris, 1973; Carney & Hill, 1984; Tada & Iwasaki, 1984) が、新井・平井 (1992) ではハードレンズの場合に瞬目は増加し、完全瞬目回数はコンタクトレンズのサイズには大差はなかった。しかし不完全瞬目はレンズが大きいと増加する結果であったとしている。コンタクトレンズの着用期間は影響しないという報告 (Yolton et al., 1994) やコンタクトレンズ着用時の瞬目時間の延長は角膜上のコンタクトレンズの動きに影響されている可能性を指摘する研究 (金子・宗像・櫃田, 1981) などがありまだ確定的ではない。しかし、コンタクトレンズ着用時は裸眼や眼鏡着用時よりも有意に瞬目率は増加することを示した本実験の結果から、実験参加者間で瞬目数を比較する研究においては、コンタクトレンズ群を除いた方が無難であろう。また、実験参加者内で瞬目数を比較する研究においては、コンタクトレンズを着用することで条件が異なる影響を及ぼすのなら、コンタクトレンズを着用した実験参加者を除外すべきだろう。

瞬目の左右差 瞬目時の左右眼瞼の閉瞼時間や速度の違いなどを比較した研究は、顔面神経麻痺の患者 (小松崎, 1987) やあるいはネコ (Spidalieri, Franchi, & Guandalini, 1997) を対象にした研究、健康者の随意性あるいは反射性の瞬目 (Kassem & Evinger, 2006) について検討されているが、内因性瞬目に関しては筆者らの知る限りまだ報告はない。Spidalieri et al. (1997) や Kassem & Evinger (2006) は、ヒトでもネコでも随意性あるいは反射性さらに条件づけられた瞬目運動に左右差が認められるが、そのヒト (ネコ) 固有の側性・癖が認められ、全体を平均すると左右はほぼ等価になると述べている。個人固有の個性的行動として眼瞼運動の非対称が今後の瞬目指標の測度となる可能性もあるので、本稿では探索的な意味でこの検討を試みた。

左右瞬目の同期に関する今回の結果では、健康な実験参加者全体で見た場合には、左右のピーク時間は完全に同調している瞬目がおよそ3割、左右どちらかが早いものも同比率であり、それらは左右相殺され、健康な実験参加者の場合左右ピーク時間は一致するものと言えるであろう。しかし、さらに詳細に見ると、年

齢と性などの条件でわずかながら違いが観察されたことも注目される点である。特に、成人女性は両眼瞼のピーク時間の同調割合が高いこと、高齢者男性で左眼瞼のピーク時間が早い割合が高く女性では右眼瞼で高いこと、左右眼瞼のピーク時間に性差があり、男性は左眼瞼が、女性は右眼瞼が早い傾向が見られたことなどが特記すべき事実である。

てんかん患者の著明な非対称性の報告 (Tada, Minakawa, Takenaka, & Sugiyama, 2004) と今回の結果を比較すると、てんかん患者の場合の左右不一致はてんかん患者の瞬目の特徴のひとつである可能性がある。しかし、まだ十分な考察に足るほどの証拠は蓄積されていないので、これは将来に残された問題のひとつである。

群発瞬目 さらに健康成人における群発瞬目の標準的生起率を得ることが、この研究の目的のひとつであった。Table 4 に示したように、2回連続、3回連続以上に分類すると群発瞬目全個数での比率は少ないものであった。

一方、実験参加者単位で見た場合、3分間に全く群発瞬目が見られなかった実験参加者は35%であり、健康な実験参加者の場合でも65%の実験参加者に群発瞬目が発生していたことがわかった。また、1割近い実験参加者は30%以上の瞬目が群発瞬目の形で発生していた。それがどのような意味を持つかはまだ定かではないが、群発が全体の半分以上を占めるような人の場合、Bentivoglio et al. (1997) の主張するような病理性を暗示するかもしれないし、あるいは単に個人的な「癖」なのかもしれない。現段階では解釈の手にかりに欠けるので記述するだけに留めざるを得ない。

結 論

本研究の結論として以下のことがまとめられた。

- (a) 瞬目率に関しては、20-90歳までの成人の平均瞬目率は19.9bpmで、先行研究の報告とほぼ一致した。
- (b) 成人期にある女性全体の瞬目率は男性の瞬目率よりも高いが、明確な年代差はなかった。成人期を通して一定水準を維持するとする従来の報告と一致した。
- (c) 瞬目時間に関しては、閉瞼時間には年代差があり40代が70代・80代よりも有意に速く、また女性の開瞼時間は有意に長かった。

- (d) コンタクトレンズは瞬目率を増加させ、瞬目時間を延長させた。
- (e) 両眼瞼の同期に関しては、健康な実験参加者の場合には左右のピーク時間は一致した。
- (f) 群発瞬目は観測された瞬目全体数の 15% 程度の発生頻度であったが、実験参加者により発生頻度は異なり、全く群発瞬目がない実験参加者は 35% である一方、50% を群発瞬目で占める実験参加者が 1.7% 存在した。

引用文献

- 新井勝彦・平井美加子 (1992). ハードコンタクトレンズ装用による涙液メニスカスの変化 日本コンタクトレンズ学会誌, **34**, 109-114.
- Bentivoglio, A. R., Bressman, S. B., Cassetta, E., Carretta, D., Tonali, P., & Albanese, A. (1997). Analysis of blink rate patterns in normal subjects. *Movement Disorders*, **12**, 1028-1034.
- Brown, M., Chinn, S., Fatt, I., & Harris, M. G. (1973). The effect of soft and hard contact lenses on blink rate, amplitude and length. *Journal of the American Optometric Association*, **44**, 254-257.
- Carney, L. G., & Hill, R. M. (1984). Variation in blinking behavior during soft lens wear. *International Contact Lens Clinic*, **11**, 250-253.
- Depue, R. A., Iacono, W. G., Muir, R., & Arbisi, P. (1988). Effect of phototherapy on spontaneous eye blink rate in subjects with seasonal affective disorder. *American Journal of Psychiatry*, **145**, 1457-1459.
- Doughty, M. J. (2001). Consideration of three types of spontaneous eyeblink activity in normal humans: during reading and video display terminal use, in primary gaze, and while in conversation. *Optometry and Vision Science*, **78**, 712-725.
- Doughty, M. J. (2002). Further assessment of gender- and blink pattern-related differences in the spontaneous eyeblink activity in primary gaze in young adult humans. *Optometry and Vision Science*, **79**, 439-447.
- Hart, W. M. Jr. (1992). The eyelids. In Hart, W. M. Jr. (Ed.), *Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application*, 9th ed., St. Louis: Mosby-Year Book, pp.1-17.
- Henderson, J. W., & Prough, W. A. (1950). Influence of age and sex on flow of tears. *Archives of Ophthalmology*, **43**, 224-231.
- 金子行子・宗像秀子・櫃田光太郎 (1981). 眼科用動的超音波断層装置を用いた瞬目時におけるコンタクトレンズの動きについて 日本コンタクトレンズ学会誌, **23**, 220-225.
- Karson, C. N., Berman, K. F., Donnelly, E. F., Mendelson, W. B., Kleinman, J. E., & Wyatt R. J. (1981). Speaking, thinking, and blinking. *Psychiatry Research*, **5**, 243-246.
- Karson, C. N., Burns, R. S., LeWitt, P. A., Foster, N. L., & Newman, R. P. (1984). Blink rates and disorders of movement. *Neurology*, **34**, 677 - 678.
- Kassem, I. S., & Evinger, C. (2006). Asymmetry of blinking. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **47**, 195-201.
- Knorr, A. (1929). Beiträge zur Kenntnis des Lidschlages unter normalen und pathologischen Verhältnissen. *Würzburg Abhandlungen aus dem Gesamtgebiet der Medizin*, **25**, 197-223.
- 小松崎篤 (1987). 瞬目運動による顔面神経機能検査法 *JOHNS*, **3**, 397-400.
- 南熊太・山城主計・南ミツ (1957). 瞬目回数に関する研究 (其の 1) 正常成人の瞬目回数に就て 臨床眼科, **11**, 1012-1014.
- Newhall, S. M. (1932). The control of eyelid movements in visual experiments. *American Journal of Psychology*, **44**, 555-570.
- Norn, M. S. (1969). Desiccation of the precorneal film. I . Corneal wetting-time. *Acta Ophthalmologica*, **47**, 865-880.
- 長田一臣・斎藤朗・太田浩二・中村絵理・崔二準・楠本恭久・谷嶋喜代志 (1990). スポーツと自律訓練 (2) —アーチェリー選手の眼瞼運動停止 (瞬目耐忍) に関する生理心理学的研究— スポーツ心理学研究, **16**, 37-41.
- Peterson, J., & Allison, L. W. (1931). Controls of the eye-wink mechanism. *Journal of Experimental Psychology*, **14**, 144-154.
- Ponder, E., & Kennedy, W. P. (1927). On the act of blinking. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, **18**, 89-110.
- Spidalieri, G., Franchi, G., & Guandalini, P. (1997).

- Bilateral coupling in learned blinking: side superiority, synchrony and temporal coordination in normal cats. *Brain Research*, **746**, 34-42.
- Stern, J. A. (1990). Blink and you'll miss it. *Human Factors Society Visual Performance Technical Group Newsletter*, **12**, 14-15.
- Stern, J. A., Boyer, D. J., Schroeder, D. J., Touchstone, R. M., & Stoliarov, N. (1996). Blinks, saccades, and fixation pauses during vigilance task performance: II. gender and time of day. *U. S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, DOT/FAA/AM-96/9*, 1-44.
- Stern, J. A., Walrath, L. C., & Goldstein, R. (1984). The endogenous eyeblink. *Psychophysiology*, **21**, 22-33.
- 杉山敏子・田多英興 (2005a). 乳幼児における内因性瞬目の発達 生理心理学と精神生理学, **23**, 140.
- Sugiyama, T., & Tada, H. (2005b). Life-long development and sex difference in endogenous eyeblinks (1): adulthood's standard data from 20's to 80's. *Psychophysiology*, **42** (Supplement 1), s119.
- 杉山敏子・田多英興 (2005c). 幼-少年期の内因性瞬目の特性 日本心理学会第69回大会発表論文集, 444.
- 田多英興 (1996). まばたきの個人差と性差。—まばたきで性格がわかるか— あたらしい眼科, **13**, 1657-1661.
- Tada, H., & Iwasaki, S. (1984). Effects of contact lens on the eyeblink frequency during a visual search task. *Tohoku Psychologica Folia*, **43**, 134-137.
- 田多英興・皆川美雪 (1996). 情動喚起刺激に対する生理反応 —笑いと悲しみビデオへの反応の比較— 人間情報学研究 (東北学院大学), **1**, 53-66.
- Tada, H., Minakawa, M., Takenaka, Y., & Sugiyama, T. (2004). Endogenous eyeblinks in epilepsy. *International Journal of Psychophysiology*, **54**, 128.
- 田多英興・杉山敏子 (2006). 内因性瞬目の変異の大きさと被験者群間比較, 東北学院大学教養学部論集, **144**, 1-14.
- 田多英興・高橋彌穂・相川利樹・杉山敏子 (2006). 内因性瞬目の個体・系統発生に関する研究 文部科学省科学研究費補助金・研究成果報告書
- 田多英興・山田富美雄・福田恭介 (1991). 瞬きの評価法と測度 田多英興・山田富美雄・福田恭介 (編) まばたきの心理学 北大路書房 pp.44-65.
- 田野礼子 (1995). 瞬目と人格特性：集団観察法を用いて 関西学院大学大学院文学研究科修士論文 (未公開).
- Yolton, D. P., Yolton, R. L., López, R., Bogner, B., Stevens, R., & Rao, D. (1994). The effects of gender and birth control pill use on spontaneous blink rates. *American Journal of Optometric Association*, **65**, 763-770.
- Zaman, M. L., & Doughty, M. J. (1997). Some methodological issues in the assessment of the spontaneous eyeblink frequency in man. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **17**, 421-432.
- Zametkin, A. J., Stevens, J. R., & Pittman, R. (1979). Ontogeny of spontaneous blinking and of habituation of the blink reflex. *Annals of Neurology*, **5**, 453-457.