

原 著

パソコンゲーム使用による水平・垂直眼球運動が 視機能に及ぼす影響

立川容子^{*1*2} 難波哲子^{*1*2} 末松オリエ^{*2} 瀬戸口望美^{*3} 田淵昭雄^{*1*2}

要 約

パソコン使用により引き起こされる眼球運動と視機能変化との関連性を明らかにするため、持続的に水平・垂直眼球運動を行えるパソコンゲーム・テトリスを用いて、視機能及び自覚症状の変化を比較、検討した。また、健常者と斜視既往者における視機能への影響を比較した。

対象は、健常者が屈折異常以外の眼疾患を伴わない18名36眼、斜視既往者が7例14眼である。1時間のテトリス前後に、屈折、眼圧、涙液、調節、動体視力、立体視、眼位の視機能を測定し、アンケートはテトリス後に実施した。

結果は、縦テトリス後は健常者で涙液減少、斜視既往者で連続近点幅が増加し、横テトリス後は健常者で動体視力が低下した ($p < 0.05$)。その他の検査についてはテトリス前後で有意差はなかった。アンケートでは、目の疲れ、目の乾き、体のだるさを訴える意見が多かった。水平眼球運動と垂直眼球運動が、健常者と斜視既往者で視機能に異なる影響を与えることがわかった。

緒 言

近年、インターネットの普及に伴い、家庭や職場においてパーソナルコンピュータ（以下パソコンとする）を利用する人が増加している。パソコンなどの視覚端末機（Visual display terminals：以下VDTとする）を使用して作業を行うことをVDT作業と呼ぶが、この作業は、従来の黒白の印刷物を見つめて行うハードコピー作業よりも、眼を使用する機会を非常に増加させることとなった¹⁾。菰池²⁾は、VDT症候群とはVDT使用により引き起こされる身体・精神の違和感を伴う健康障害の総称と定義し、これまでVDT症候群の研究はさかに行われてきた。その結果、VDT使用により、屈折、眼圧、涙液、調節などに影響を与えることが報告されている³⁻⁵⁾。渥美ら⁶⁾は1時間のテレビゲーム注視作業により調節機能の有意な低下があったと報告している。またVDT作業と一般事務作業の視機能に与える影響を比較した研究では、VDT作業において眼圧の上昇、調節緊張時間の延長を報告している³⁾。しかしVDTを使用する上で、眼球運動方向や斜視既往の有無の違いが、視機能に与える影響を調べた研究は少ない。そこで我々は、持続的に水平・垂直方向の

眼球運動を行えるパソコンゲーム・テトリス（以下テトリスとする）を用いて、屈折、眼圧、涙液、調節、動体視力、立体視、眼位の視機能及び自覚症状の変化について比較、検討した。

対象および方法

1. 対象

健常者は屈折異常以外の眼疾患がない男性2名、女性16名の計18名36眼で、年齢は20~24歳（平均21.4歳）である。斜視既往者（調節性内斜視、間欠性外斜視等で弱視や偏心固視は伴わない）は男性1例、女性6例の計7例14眼で年齢は21~23歳（平均22.2歳）である。近見眼位は内斜視が4例、外斜視または外斜位が3例であった。

2. 作業環境

視標の呈示には14インチのノートパソコン LaVie L LL500/2（NEC）を用いた。パソコン画面と眼の距離は40cmに設定し、いすの高さやパソコン画面角度は対象者に応じて設定した。なお、テトリスは屈折矯正下で行い、室内照度は500ルクスであった。

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 感覚矯正学科 *2 川崎医科大学 眼科学教室 *3 宮田眼科病院
(連絡先) 立川容子 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

3. 呈示視標および方法

テトリスは、インターネットからダウンロードしたものを改良して用いた。テトリスとは、様々な形のブロックを組み合わせて、ブロックを消していくゲームである。縦テトリスはブロックが上方から下方へ移動し(図1-a)、横テトリスはブロックが左方から右方へ移動する(図1-b)。縦テトリスはブロックの一辺が視角75分であり、ブロックが縦20cm、横7.5cmの外枠の中を3.3cm/秒の速さで移動する。横テトリスは、縦テトリスを90度回転させたものであり、ブロックの視角や移動速度は縦テトリスと同様で、ブロックの移動範囲は縦7.5cm、横20cmである。眼球運動は Electro-nystagmograph 1B21(日本電気三栄株式会社)を用いて測定した。その結果、縦テトリス時の平均垂直眼球運動幅が16.7°、平均水平眼球運動幅が4.0°、横テトリス時の平均垂直眼球運動幅が2.9°、平均水平眼球運動幅が13.3°であった。

パソコンゲームを行う時間は1時間で、縦テトリスと横テトリスをそれぞれ別の日に行った。テトリスのブロック操作はキーボードで行い、画面外注視時間を少なくするため、実験前に数分間の操作練習時間を設けた。統計学的検定はt検定を用い、危険率5%未満を有意な差とした。

4. 視機能検査

視機能検査は、以下1~7の検査を縦・横テトリス前後に行った。アンケートは縦・横テトリス後に行った。

4.1. 屈折:オートレフケラトメーターARK-700A(NIDEK)を用いて、片眼5回ずつ測定し、その代表値を等価球面度数に変換して求めた。コンタクトレンズ装用者は、屈折矯正下で測定した。

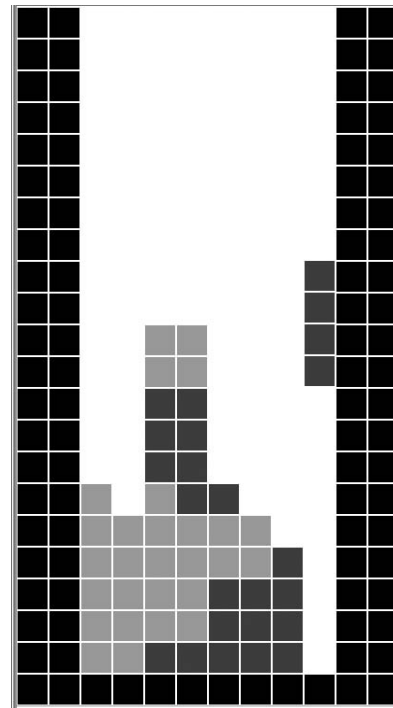


図1-a 呈示指標(縦テトリス)

- 4.2. 眼圧: オートノンコンタクトトノメーターNT-3000(NIDEK)を用いて、片眼3回ずつ測定し平均値を求めた。テトリス前後でおきた3mmHg未満の眼圧変化は、日内変動の範囲内とした⁷⁾。
- 4.3. 涙液: 目盛り付シルメル試験紙(メニコン)を用い、両眼の下眼瞼に5分間はさみ涙液を測定した。
- 4.4. 調節機能: アコモドポリレコーダーHS-9G(Kowa)を用いて、連続近点を片眼10回ずつ測定し、平均値を求めた。また、連続10回のSTEP応答により調節時間を測定し、調節緊張時間と調節弛緩時間を求めた。

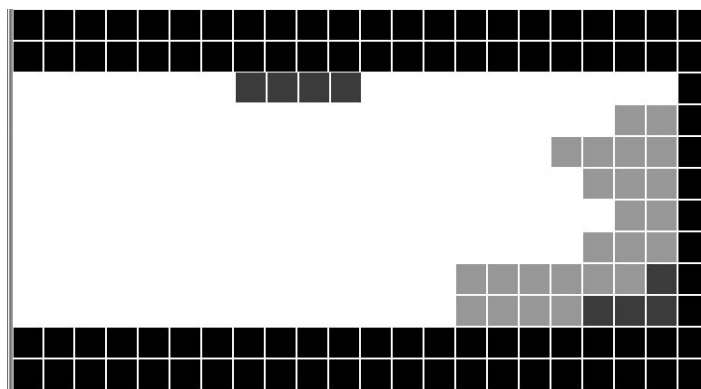


図1-b 呈示指標(横テトリス)

表1 縦テトリス前後と横テトリス前後におきた屈折変化

		軽度 近視化群	不変群	軽度 遠視化群
縦テトリス	健常者 n=36	2 (5.5)	29 (80.6)	5 (13.9)
	斜視既往者 n=14	3 (21.5)	10 (71.4)	1 (7.1)
横テトリス	健常者 n=36	3 (8.3)	30 (83.4)	3 (8.3)
	斜視既往者 n=14	0 (0)	14 (100.0)	0 (0)

眼数 (%)

4.5 . 動体視力：動体視力計 AS-4C(Kowa)を用いて ,片眼ずつと両眼をそれぞれ 3 回ずつ測定し , 平均値を求めた .

4.6 . 立体視：Titmus Stereo Tests と TNO test により評価した .

4.7 . 眼位：交代プリズムカバー試験で遠見眼位 , 近見眼位を測定した .

4.8 . アンケート：選択アンケートと記述アンケートを行った . 選択アンケートは「眼が疲れている」などの視機能症状に関する設問を 9 問 , 「体がだるい」などの全身症状に関する設問を 8 問 , 「いらいらする」のように精神状態に関する設問を 2 問の計 19 問である . 答え方は 3 段階に区分し , 該当する項目に をつけ , 「大変そうである」を 2 点 , 「少しそうである」を 1 点 , 「そうではない」を 0 点とし , 合計を算出した . 記述アンケートはテトリス後の体調の変化や感想などを書く欄を設けた .

5 . 分析

分析 1：縦テトリス前後の視機能変化

分析 2：横テトリス前後の視機能変化

健常者と斜視既往者それぞれにおいて , テトリス前後の視機能の差を比較する .

結 果

縦テトリス前後と横テトリス前後で比較した結果を視機能別に示す .

(1) 屈折：テトリス前後におきた±0.50D 未満の屈折変化は , 生理的範囲内とした . そこで軽

度近視化群は-0.50D 以上-1.00D 未満の変化 , 不変群は±0.50D 未満の変化 , 軽度遠視化群は+0.50D 以上+1.00D 未満の変化とし 3 群に分けた . その結果 , 縦テトリス前後において健常者で 36 眼中 29 眼 (80.6%) , 斜視既往者で 14 眼中 10 眼 (71.4%) , 横テトリス前後においては健常者で 36 眼中 30 眼 (83.3%) , 斜視既往者に関しては 14 眼中 14 眼 (100.0%) が不変群に属し , -1.00D 以上近視化した者はいなかった . 屈折は , 縦テトリス前後と横テトリス前後で , 健常者も斜視既往者も有意差はなかった (表 1) .

(2) 眼圧：テトリス前後に生じた眼圧変化を , 上昇群が 3 mmHg 以上上昇したもので , 不変群が 3 mmHg 未満の変化 , 下降群が 3 mmHg 以上下降したものと 3 群に分けた . その結果 , 縦テトリス前後において健常者で 36 眼中 31 眼 (86.1%) 斜視既往者で 14 眼中 14 眼 (100.0%) , 横テトリス前後においては健常者で 36 眼中 33 眼 (91.7%) 斜視既往者で 14 眼中 13 眼 (92.9%) が不変群に属していた . 眼圧は , 縦テトリス前後と横テトリス前後で , 健常者も斜視既往者も有意差はなかった (表 2) .

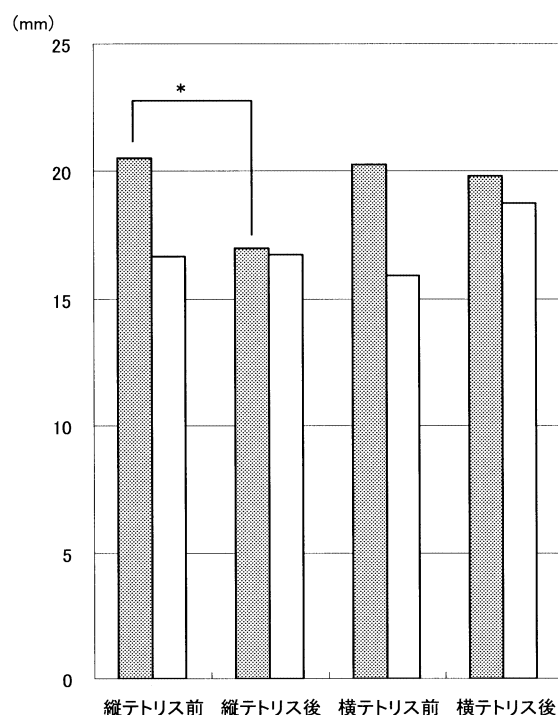
(3) 涙液：涙液をテトリス前後で比較し , 平均値 ± 標準偏差で示す . 縦テトリス後は健常者で 3.6±7.0mm 減少 , 斜視既往者で 0.4±4.3mm 減少し , 横テトリス後は健常者で 0.1±7.0mm 増加し , 斜視既往者で 2.9±7.3 mm 増加した (図 2) . 縦テトリス前後における健常者の涙液は有意差があった (p<0.05) .

(4) 調節機能：テトリス前後における連続近点の変化を図 3 に示す . 連続近点は , テトリス前

表2 縦テトリス前後と横テトリス前後におきた眼圧変化

		上昇群	不変群	下降群
縦テトリス	健常者 n=36	3 (8.3)	31 (86.1)	2 (5.6)
	斜視既往者 n=14	0 (0)	14 (100.0)	0 (0)
横テトリス	健常者 n=36	1 (2.8)	33 (91.7)	2 (5.5)
	斜視既往者 n=14	1 (7.1)	13 (92.9)	0 (0)

眼数 (%)



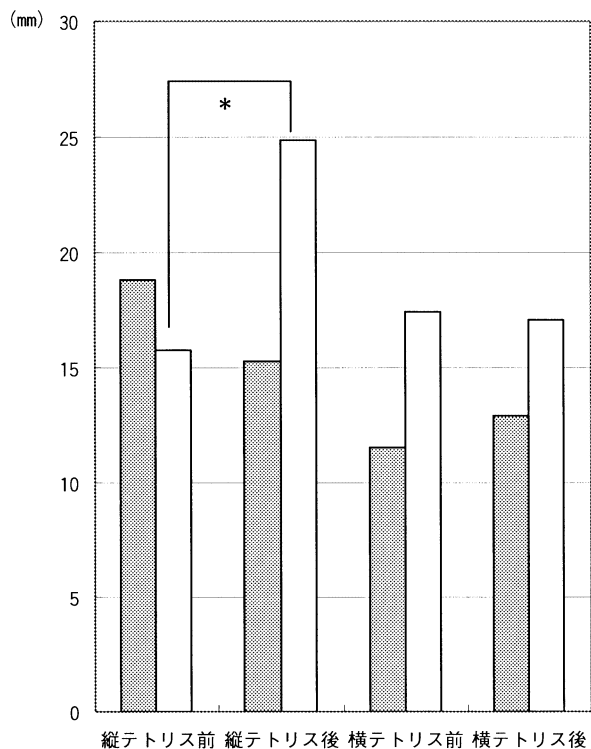
注) ■ は健常者 (n=36 眼), □ は斜視既往者 (n=14 眼) を示す.

* : $p < 0.05$

図2 縦テトリス前後と横テトリス前後の涙液変化

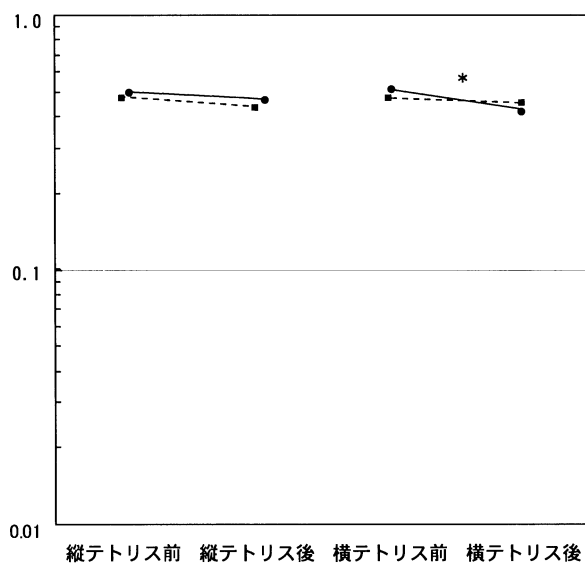
後において健常者も斜視既往者も有意差はなかった。我々は、連続近点を10回測定したうちの最大値と最小値の差を連続近点幅とし、テトリス前後におきた変化を調べた。連続近点幅は縦テトリス前後において斜視既往者で平均9.1mmの有意な増加がみられた ($p < 0.05$)。調節緊張時間と調節弛緩時間については、テトリス前後において健常者も斜視既往者も有意差はなかった。

(5) 動体視力：テトリス前後の動体視力の変化を図4に示す。動体視力は、縦テトリス前後において健常者で0.50から0.47に低下、斜視既往者で0.47から0.43に低下し、横テトリス前後において健常者で0.49から0.42に低下、斜視既往者で0.47から0.45に低下した。とくに横テトリス前後の健常者に有意差があった ($p < 0.05$)。



注) は健常者 (n=36 眼), は斜視既往者 (n=14 眼) を示す.
* : p < 0.05

図3 縦テトリス前後と横テトリス前後の連続近点変化



注) ●● は健常者 (n=36 眼), ■■■ は斜視既往者 (n=14 眼) を示す.
* : p < 0.05 (健常者における横テトリス前後)

図4 縦テトリス前後と横テトリス前後の動体視力変化

- (6) 立体視：テトリス前後で健常者も斜視既往者も立体視は20seconds 以上の変化はなかった。
- (7) 眼位：テトリス前後で健常者も斜視既往者も眼位に変化はみられなかった。
- (8) アンケート：選択アンケートの点数を集計した結果、縦テトリス後の健常者は186点、斜視既往者は75点、横テトリス後の健常者は171点、斜視既往者74点であった。選択アンケートの中で最も点数が高かった症状は「眼が疲れている」で、次点が「眼が乾いている」、「まばたきが多くなる」であった(表3)。記述アンケートには「瞬きを忘れていた感じがした」、「だんだん眼が乾いてきた」、「集中力がなくなってそわそわしてしまう」という回答があった。

考 察

屈折に関して、テトリス前後に有意な変化はなかった。しかし、VDT 作業後に近視化するという報告は多数ある^{4,6)}。一方、澤ら⁸⁾は合計4時間半のビデオゲームを行っても近視化はみられなかったと報告している。従って1時間のパソコンゲームでは近視化を引き起こす可能性が低いのではないかと考察した。

眼圧に関して、テトリス前後に有意差はなかった。須田⁹⁾はVDT 作業従事者を対象とした場合、作業後に眼圧上昇を認めているが、谷島ら¹⁰⁾は若年者において数時間のVDT 作業は房水流出にあきらかな影響を与えないと報告している。このことから1時間のパソコンゲームは眼圧に急性影響を及ぼさないと考えられる。

涙液に関して、縦テトリス後に健常者の涙液が減少した。VDT 作業時は精神的集中により瞬目が抑制され、眼表面の乾燥が起こるといわれている¹¹⁾。鈴木ら¹²⁾は上転眼位での注視作業は眼表面積の拡大を招き、涙液蒸発量を増加させ、加えて上方視で近見作業を続けることは人間にとって不自然な状態であり、過剰な注視努力が要求されると報告している。横テトリスが下転眼位を維持しながら水平眼球運動を行うのに対し、縦テトリスは垂直眼球運動を反復するため、角膜露出面積が拡大し、涙液蒸発量が増したと考えられる。

調節機能に関して Taptagaporn ら¹³⁾は、下転眼位は輻湊安静位が近方移動することから、下転眼位での画面注視は視覚疲労をより少なくすることがで

きると述べている。縦テトリス後におきた連続近点幅の増加は、縦テトリスが垂直眼球運動を繰り返すため、輻湊状態を長時間行う必要があり、調節機能への負担が増加したと考えられる。また、中村¹⁴⁾は眼位異常があるときには矯正運動による眼疲労が蓄積しやすいと述べており、斜視既往者における連続近点幅の増加は眼疲労により引き起こされたといえる。

動体視力について、横テトリス後の健常者で有意な低下がみられた。須田⁹⁾は、テレビゲーム作業ではディスプレイのみを凝視することが、強い連続した調節作業となり、毛様体筋の緊張が亢進すると報告している。また、動体視力の低下は、特に調節機能の低下が原因であり¹⁵⁾、ゲームのように急速な眼球運動を要する作業を長時間行えば、動体視力は低下すると考えられる。

立体視および眼位について、梁間ら¹⁶⁾は眼位異常という因子は、VDT 作業により視機能に影響を及ぼすほどではないと述べた。我々の研究においても、テトリス前後で差がみられなかったことから、1時間のパソコンゲームでは眼位および立体視に影響を与えないと考察した。

アンケートを点数に換算した結果は、縦テトリス後および横テトリス後の自覚症状に差はなかった。項目別には「眼が疲れている」と回答した者が、縦テトリス後は健常者で18名中15名、斜視既往者では7例中4例、横テトリス後では、健常者で18名中17名、斜視既往者では7例中5例と最も多く、調節系の疲労を示唆している。自覚症状はゲームに対する興味、VDT 使用経験、性別、作業環境、健康状態なども関与していると考えられる。またこれらの症状に対する対策として Nakaishi ら⁵⁾はVDT 使用時には適切な眼鏡を装用し、パソコン使用時間をコントロールしたり、部屋の湿度・温度・照明をコントロールするなど作業環境の調整を行い、人工涙液を点眼するなどの眼精疲労対策が必要であると示唆している。

変化がなかった視機能に関してはゲームによる拘束時間が短かったこと、対象年齢が若く視機能の回復がはやいことが原因と考えられる。眼球運動が視機能に与える影響の大きさは健常者と斜視既往者で異なるものの、同様の傾向を示すことが多く、さらに症例数を増やして検討する必要がある。

結 論

パソコンゲーム(テトリス)による持続的な水平・垂直眼球運動が、視機能に及ぼす影響をテトリス前

表3 アンケート結果

設問項目	縦テトリス		横テトリス	
	健常者	斜視既往者	健常者	斜視既往者
1 眼が疲れている	25	8	26	8
2 眼が乾いている	20	6	19	9
3 眼が痛い	11	4	14	2
4 眼がかすむ	7	2	7	4
5 まばたきが多くなる	13	7	16	4
6 遠くのものにピントが合いにくい	11	2	11	2
7 ものが二つに見える	0	2	2	3
8 まぶたがピクピクする	3	0	4	0
9 周囲が暗く感じる	1	4	2	3
10 体がだるい	11	6	11	5
11 肩がこる・痛い	13	5	10	6
12 首がこる・痛い	14	6	14	5
13 腕や手がこる・痛い	11	7	8	4
14 頭が重い・痛い	10	4	5	5
15 腰が痛い	6	0	4	0
16 背中が痛い	10	1	6	0
17 足がしびれる・痛い	1	0	0	0
18 いらいらする	3	4	1	5
19 眠くなる	16	7	11	9
合計(点)	186	75	171	74

注) 2点:「大変そうである」, 1点:「少しそうである」, 0点:「そうではない」とし合計点で示す.

健常者:n=36眼 斜視既往者:n=14眼

後で検討した。その結果、縦テトリス後では、健常者の涙液が減少し、斜視既往者の連続近点幅が増加した。横テトリス後では、健常者の動体視力が低下した。また、眼の疲れ、眼の乾き、体のだるさといった自覚症状を持つことが明らかになった。パソコンゲームが視機能に及ぼす影響は眼球運動方向により異なることから、眼球運動を意識した眼精疲労対策

が必要である。

稿を終えるにあたり、今回の研究に協力いただきました対象者の皆様、テトリス作成に協力をいただきました感覚矯正学科10期生の山本真司君、医療情報学科10期生の河本晃宏君に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 秋谷忍: VDTと眼. 丸尾敏夫, 本田孔士, 白井正彦, 田野保雄編, 眼科診療プラクティス 39. 眼科不定愁訴, 第1版, 文光堂, 東京, 60-64, 1998.
- 2) 菰池義彦: 定義と種類. 石川哲編, VDT 医学マニュアル第2版, 全日本病院出版会, 東京, 1-5, 1990.
- 3) 渥美一成, 鈴村昭弘, 水谷聡, 辻中博子: Video display terminal 使用による視機能への影響. 臨床眼科, 40(9), 1027-1031, 1986.
- 4) 小川泰典, 青木繁: 眼精疲労と近視—VDT 作業と近視も含めて—. あたらしい眼科, 10(5), 605-608, 1999.
- 5) Nakaishi H and Yamada Y: Abnormal tear dynamics and symptoms of eyestrain in operators of visual display terminals. *Occupational and Environmental Medicine*, 56, 6-9, 1999.
- 6) 渥美一成, 竹本喜也, 田中千春, 駒井昇, 鈴木聡美, 田中英成: 液晶ディスプレイの視機能への影響. 日本眼科紀要, 41(3), 521-525, 1990.
- 7) 吉田晃敏: 眼圧・房水・涙液. 丸尾敏夫, 栗屋忍編, 視能矯正学, 改訂第2版, 金原出版, 東京, 48-50, 2001.
- 8) 澤充, 村尾元成, 大鹿哲郎: ビデオゲームの眼に与える影響について. 日本の眼科, 60(8), 768-770, 1989.
- 9) 須田雄三: Visual display terminal 作業と視機能について—調節系への影響を中心として—. 獨協医学会雑誌, 11(1), 285-298, 1996.
- 10) 谷島輝雄, 新家真: VDT 作業の健常人眼圧に及ぼす影響. 日本の眼科, 59(8), 841-842, 1988.
- 11) 戸田郁子, 坪田一男: ドライアイの症状と検査総論. ドライアイ研究会編, ドライアイ診療 PPP (Preferred Pattern of Practice) 第1版, メジカルビュー社, 東京, 14-20, 2002.
- 12) 鈴木亨, 秋谷忍, 斉藤進: VDT 画面注視時の眼球回転角. 臨床眼科, 47(8), 1519-1522, 1993.
- 13) Taptagaporn S, Saito S, Suzuki T, Sotoyama M and Saito S: Analysis of vertical gaze direction considering visual comfort in VDT operation. *Human Interface*, 8, 371-375, 1992.
- 14) 中村芳子: VDT 作業による眼精疲労. 日本の眼科, 74(8), 863-866, 2003.
- 15) 鈴村昭弘: 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発. 日本眼科学会雑誌, 75(9), 22-54, 1974.
- 16) 梁間真, 堀口俊一, 河合俊夫, 岩井和利: 印刷会社における VDT 作業者の健康診断成績の検討, とくに眼科学的健診結果と眼の自覚症状との関連. 産業医学ジャーナル, 11(5), 40-46, 1988.

(平成16年11月20日受理)

Immediate Effects of Horizontal / Vertical Eye Movements Playing Personal Computer Games on Visual Function

Yoko TATSUKAWA, Tetsuko NANBA, Oriie SUEMATSU, Nozomi SETOGUCHI and Akio TABUCHI

(Accepted Nov. 20, 2004)

Key words : personal computer game , eye movement, visual function,
visual display terminals(VDT), questionnaire

Abstract

This study investigated the effects of the horizontal and vertical eye movements induced when playing the personal computer game (TETORISU) on visual functions. Subjective symptoms were also obtained by questionnaires. Eighteen normal subjects without organic diseases except for refractive error and seven with strabismus participated in the study. Visual functions such as refraction, intra-ocular pressure, lacrimal secretion, accommodation, kinetic visual acuity, binocular vision (stereopsis), and eye position were measured before and after an hour's playing TETORISU. The questionnaire was distributed after subjects played the game. The results showed the following: A reduction of lacrimal secretion in normal subjects, an increase in amplitude of near-point serial accommodation after the vertical TETORISU in strabismus subjects, and a decline in kinetic visual acuity after the horizontal TETORISU in normal subjects. The questionnaires revealed many symptoms such as ocular asthenopia, dryness of eyes, and a feeling of enervation. Also the horizontal and vertical eye movements influenced visual functions differently in normal and strabismus subjects.

Correspondence to : Yoko TATSUKAWA Department of Sensory Science, Faculty of Medical Professions
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.14, No.2, 2005 313-321)