A study of the Vibrotactile Thresholds by two points of vibration in the young person

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/12695

原　著

金大医保つるま保健学会誌 Vol. 32(2)
33～38　2008

若年者における二点振動による振動覚閾値の研究

吉岡　学　清水　順市*

要　旨

本研究の目的は、手指の使用頻度と触覚判別能力の高まりについて検証することである。対象は、パソコンでタイピング練習を1日5時間以上おこなうパソコンクラブに在籍する高校生（実験群）とパソコン使用頻度が週1時間以下であり、手指を使った細かな作業を行わない一般の高校生（対照群）とした。

過去の触覚に関する研究では振動子の断面積が0.02cm²以下の1点振動刺激に対する閾値では周波数特性が存在せず、振動子の断面積が0.08cm²以上では200Hz付近の周波数で最小閾値を示す周波数特性を有することを見出した報告がある。しかしながら、触覚受容器は他の受容器とは異なり刺激を直接感知するのではなく皮膚の変形から感知することやその受容器の分布密度などから1点振動は限局刺激であり日常の生活で使用する触覚能力の評価を行ったとはいえない。そこで、本研究では、「キーボードを打つという手指運動を長い期間行っているヒトの指先は触覚が敏感になっている」という仮説を立て、指先の使用を日ごろから多く行っているパソコンクラブに在籍する高校生と一般の高校生に対して静的2点識別法（s2PD）、動的2点識別法（m2PD）および1点振動刺激から2点振動刺激に変えた2点振動子識別法を用いた実験を行った。

その結果、静的2点識別法（s2PD）、動的2点識別法（m2PD）においては、パソコンクラブに在籍する高校生（実験群）は、一般の高校生（対照群）より識別能力が高いという結果がでた、また、2点振動識別法では振動子の断面積の大きさに関係なく振動覚の閾値に対する周波数特性が存在することや125Hz、250Hzの高い周波数帯における識別能力は、パソコンクラブに在籍する高校生（実験群）が一般の高校生（対照群）より高い値を示したことを確認した。これにより指先使用頻度の高さが触覚判別能力を高めることを明らかにした。

Key words

Meissner's corpuscle, Pacinian corpuscle, Frequency, Two point vibration, Contact area

緒　言

人はある目的の物事を行う場合、その行動の大半の判断を視覚情報に依存している[1)]。しかしながら、視覚情報のみがすべての行動に作用しているとは言い難い。たとえば、視覚障害者が白杖を使用して単独歩行する場合、彼らは白杖で路面をタッピングやスライドという方法で操作して白杖を介して伝わる振動を基に路面状況を判断するといわれている[2,3,4,5)]。このように人は、特に、手（指先）から入力される触覚を適格に使いこなして日常の行動を行っていると言えよう。

触覚に関する研究で、Verrilloは右手の母指球において振動子の断面積が0.02cm²以下での1点振動刺激に対する閾値において周波数特性は存在せず、振動子の断面積が0.08cm²以上では200Hz付近の周波数で最小閾値を示す周波数特性を有することを見出した[6)]。その後の1点振動子による触覚研究においても結果は同じであった[7,8,9)]。

1点振動識別法は刺激を加える箇所での受容器の分布密度に大きく作用される[11)]限局振動刺激法であるため、触覚受容器が他の受容器とは異なり刺激を直接感知するのではなく皮膚の変形から感知すること[10)]や広範囲な箇所に振動が加わる日常の生活に対する触覚能力の評価を行えるとはいえない。

金沢大学大学院医学系研究科　保健学専攻博士後期課程　リハビリテーション科学領域
* 金沢大学医薬保健研究域保健学系　活動能力回復講座

そこで、本研究の目的は、2点の振動子の間隔(距離)を変化させることや振動を手指に2点で加えることによって様々の振動の表現が可能であり、日常の刺激に近い条件を作ることができる2点振動識別法を用いて、振動子の断面積の大きさに依存することなく振動覚の閾値に対する周波数特性が存在することを確認し、指先の使用頻度が触覚判別能力を高めることを明らかにする事とした。

方　法

1．対　象

対象者は、パソコンでタイピング練習を1日5時間以上おこなうパソコンクラブに所属するキーボード利用高校生群（実験群）（16歳から17歳の男子6名、女子4名）とパソコン使用頻度が週1時間以下であり、手指を使った細かな作業等を行わない高校生群（対照群）（16歳から17歳の男子8名）とした。対象者は神経疾患および整形外科疾患の既往がなく、利き手は右手であった。

2．実験装置

s2PDとm2PDの測定には、測定範囲1−25mmのTouch-Test Two-Point Discriminator（North Coast Medical, Inc）を使用した。2点振動子を用いた識別実験装置図1は、梶本ら[11]の採用した1点振動装置を改良し、スピーカ（Toptone製、Model No. T77C16C-1）で振動周波数や振幅を変えて各種の振動を発生させ2点振動子を介して皮膚に伝える。また、振幅値は圧電素子とハイトゲージによる電圧出力関係より較正されている。振動子の周波数は、Intercross社製の加速度センサー（intercross-40-25、応答周波数0.5Hz〜500Hz）を使い較正した。また、測定点の定位確保のためにアルミ製のレール上に指において測定した。

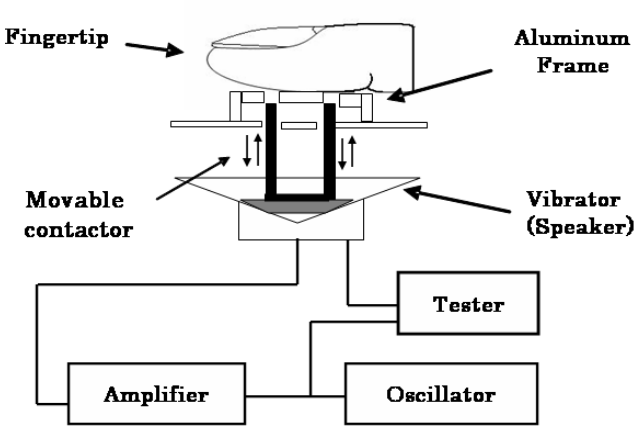


図1．2点振動発生装置

3．測定部位

本研究の測定は、図2のように被験者の利き手の示指とした。

4．統計方法

本実験におけるデータの統計処理は、SAS Institute Inc.のSTAT VIEW5.0を用いてt検定を行った。有意水準を0.05とした。

5．静的2点識別法

被験者は、室温（22〜25℃）にて椅子に座り、リラックスした姿勢でおこなった。検査指は示指とした。被験者は、示指にTwo-Point Discriminatorの先端が触れたとき、2点か1点であるかを遮眼状態で答えさせた。また、被験者が2点であると識別できなくても2点であると返答する可能性がある。そのため、正確に識別できているのかどうかを検査するために、2点接触の間に1点接触を含めた。そこで1点刺激であるにもかかわらず2点刺激であると返答した場合は、その前の距離を識別距離とした。

2点間距離の決定は予備実験と先行研究[13]の報告および触覚受容器の分布密度により2mm、3mm、5mmの間隔に決定し反応を求めた。

6．動的2点識別法

s2PDと同じ実験環境で2点刺激を中枢から末梢方向に一定の速度で移動させた。

7．2点振動子識別法

1）機器の設定

2点振動子の距離は、s2PD及びm2PDと同様に2mm、3mm、5mmとした。また、指に加えた垂直振動の周波数は、各触覚受容器の同調曲線[14,15]により、30Hz、125Hz、250Hzとした。振動子のサイズにおいて、今回の実験では指先を使用している人は触覚判別能力に優れているという予想から既にVerrilloの実験で報告された振動子のサイズより更に小さな振動子径0.008cm²（φ1.0mm）、0.005cm²（φ0.8mm）、0.002cm²（φ0.5mm）の3タイプとした。

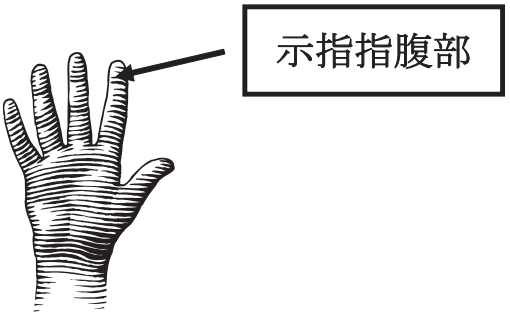


図2．測定部位図

表１．s2PDとm2PDに対する識別正答率

	2点間隔 (mm)	対照群 n=8	実験群 n=10
s2PD	2	6/8（ 75%）	10/10（100%）
	3	8/8（100%）	10/10（100%）
	5	8/8（100%）	10/10（100%）
m2PD	2	6/8（ 75%）	10/10（100%）
	3	8/8（100%）	10/10（100%）
	5	8/8（100%）	10/10（100%）

2）実験手順

本実験では、被験者の示指に対して垂直に振動する振動子２点で刺激を加えることにより、その振動子２点の振動が２点振動であるか１点振動であるかを判断してもらう。測定においては、同周波数内で振動刺激を３秒間、被験者の示指に加え、その後、１秒間休みを入れて次の刺激を加えるという方法にて行われた。加える刺激は、最小振動から徐々に振動強度を上げていき、閾値を測定する上昇系列、最大振動から徐々に振動強度を下げていき、閾値を測定する下降系列の２回おこなった。

結　　果

１．s2PDとm2PD

実験結果を表１に示す。

対照群８名は、２点間隔が５mm、３mmの場合は正答率100%であったが間隔が２mmでは２名が識別できなかった。一方、実験群は、２点間隔が２mm、３mm、５mmのいずれの間隔においても正答率100%であった。

２．２点振動子識別法

二点振動子識別による実験結果は、実験群と対照群による二点振動子識別閾値及び標準偏差で示した。(表２）30Hzでは、振動子間隔が３mmで振動子径が0.8mm、1.0mmの場合、２点振動子識別閾値に

表２．二点振動子識別法における実験結果

周波数(Hz)		30								
間隔(mm)		2			3			5		
振動子径φ(mm)		φ0.5	φ0.8	φ1.0	φ0.5	φ0.8	φ1.0	φ0.5	φ0.8	φ1.0
実験群	閾値(dB)	13.61	11.58	10.45	12.11	12.49	7.81	12.89	11.82	9.96
	標準偏差	±1.77	±3.38	±4.26	±2.23	±1.54	±4.84	±3.36	±3.54	±4.09
対照群	閾値(dB)	15.23	12.96	12.35	13.90	14.80	12.09	10.92	14.40	12.22
	標準偏差	±3.41	±2.10	±2.19	±3.04	±1.44	±1.66	±2.92	±1.99	±1.49

30Hzにおいて，振動子間隔3mm　振動子径0.8mm，1.0mmのみ有意差あり ＊ (P<0.05)

周波数(Hz)		125								
間隔(mm)		2			3			5		
振動子径φ(mm)		φ0.5	φ0.8	φ1.0	φ0.5	φ0.8	φ1.0	φ0.5	φ0.8	φ1.0
実験群	閾値(dB)	-5.36	-7.15	-9.38	0.55	-5.87	-10.32	-0.11	-8.82	-7.59
	標準偏差	±3.85	±7.64	±6.31	±6.60	±5.10	±6.08	±5.90	±9.95	±8.74
対照群	閾値(dB)	9.93	9.35	2.81	7.59	6.91	1.29	7.48	7.23	1.57
	標準偏差	±2.67	±3.25	±2.32	±3.60	±3.17	±2.67	±2.84	±7.12	±4.21

＊

125Hzの場合，すべての振動子間隔，振動子径において有意差あり ＊ (P<0.05)

周波数(Hz)		250								
間隔(mm)		2			3			5		
振動子径φ(mm)		φ0.5	φ0.8	φ1.0	φ0.5	φ0.8	φ1.0	φ0.5	φ0.8	φ1.0
実験群	閾値(dB)	-17.15	-13.13	-18.64	-8.43	-12.56	-17.12	-4.44	-17.84	-14.35
	標準偏差	±2.17	±8.18	±5.11	±6.54	±7.32	±7.79	±2.64	±6.44	±8.24
対照群	閾値(dB)	-2.39	-3.13	-8.60	1.61	-1.81	-2.87	2.20	-4.20	-6.37
	標準偏差	±8.72	±5.74	±4.36	±5.55	±6.39	±5.00	±4.03	±4.51	±3.36

＊

250Hzの場合，すべての振動子間隔，振動子径において有意差あり ＊ (P<0.05)

おいて実験群と対照群では有意差を認めた（P＜0.05）。

125Hz、250Hzの場合、いずれの振動子サイズ、振動子間隔でも実験群と対照群では有意差を認めた（ｐ＜0.05）。

考　察

触覚における先行研究は、右手の母指球に１点振動刺激を与えて閾値を測定した。Verrilloは１点振動刺激の振動子の大きさと閾値の関係において周波数特性が存在することを見出した。しかし、当時はその根拠となる受容器の因果関係が解明されていなかったため、現象を解剖生理学の観点から説明されることはなかった。その後、各受容器の応答特性が直接計測されるようになり各受容器と感覚の関係がわかるようになった[7]。今回の触覚の評価法として静的２点識別法、動的２点識別法、及び２点振動識別法を用いた。静的２点識別法の意義は持続的接触に対する反応を評価する試験法である。動的２点識別法は、動的接触に対する反応を評価する試験法であり、対象となる受容器はマイスネル小体である。また、振動覚の評価方法として１点振動識別法が知られている[6]が、１点振動刺激の場合は振動子が受容器間の存在しない箇所に接触して振動刺激を与える可能性が生じる。そこで振動子が受容器に接する確率を高めることや速い振動刺激に対する反応を評価するために２点振動識別法を用いた。

今回の実験対象では、目的をもった課題を手指に課すことにより触知能力が高まるという予測のもとで、手指に限定的に振動刺激がかかるパソコン入力作業を選んだ。パソコンによる入力作業では、指先には持続的な接触（キーボード上での接触）及び動的な接触（キーボード操作）、振動による刺激（タイピング操作）の３種類の刺激が手指にかかる。そのため、手指に与えられる振動刺激による触覚能力の評価には適しているといえる。また、振動刺激に関する受容器として指先に分布しているマイスネル小体とパッチニ小体について注目した。マイスネル小体は、40Hz付近にて最小閾値を示し、直径32μmのらせん構造の球体であり、指先での分布密度は、140個/cm²（個々の間隔は約1.0mm）である。一方パッチニ小体は、200Hz付近で最小閾値を示し、0.75mm×2.50mmの楕円形をしており分布密度は22個/cm²（個々の間隔は約2.5mm）である[16]。

実験の結果、表１のように静的２点識別法、動的２点識別法においては、実験群と対照群には識別率に差が生じた。これは、対照群のうち２名が２mmの間隔における判別において曖昧な回答であったため識別不可とみなしたからである。また、表２では、125Hz及び250Hzの高い周波数帯において、いずれの条件の場合も実験群が対照群より振動覚閾値が低い結果となった。また、静的２点識別法、動的２点識別法において２mmの間隔を識別できなかった対照群２名は、２点振動刺激法においても振動刺激に対する閾値が他の対照群よりも高い値を示した。

実験群は、毎日（平日は５時間以上）手指（特に指先）を使用してキーボードをタイピングしている。この活動は手指に多く存在する感覚受容器であるマイスネル小体及びパッチニ小体へ持続的及び動的接触及び振動刺激を絶えず与え続けていることになる。一方、対照群において、パソコンなどのキーボード操作による手指への持続的かつ動的接触及び振動刺激を与えてはいない。故に、実験群は、対照群より日常の手指の感覚受容器への刺激回数が多いため静的２点識別法及び動的２点識別法において識別率が高くなったと思われる。また、２点振動識別法では、手指に存在する感覚受容器であるマイスネル小体及びパッチニ小体への振動刺激が１点振動識別法より的確に与えられたことにより振動覚閾値が低値を示したと思われる。

以上より、手指に多く存在する感覚受容器マイスネル小体およびパッチニ小体に適度な刺激を与え続けること、つまり、目的をもった課題を手指に課すことによって識別能力が高められると推測できる。

今後は、今回の実験による対照群の中の２mm間隔が判別２名のように触覚能力の低い被験者や白杖による歩行や点字など生活全般において特に手指を多く使用している視覚障害者による触覚識別能力の調査を行い、目的をもった課題を手指に課すことにより触知能力が高められるのかどうかを検討していきたい。

結　論

今回の実験より以下のことが判明した。

１　パソコンでタイピング練習を１日５時間以上おこなうパソコンクラブに所属するキーボード利用高校生群（実験群）（16歳から17歳の男子６名、女子４名）とパソコン使用頻度が週１時間以下であり、手指を使った細かな作業等を行わない高校生群（対照群）（16歳から17歳の男子８名）をS2PD、m2PDおよび２点振動子識別法により比較した。

2　2点振動子における識別では、振動子径が1mm以下においても可能である。
3　1mm以下の振動子径でも垂直2点振動では周波数特性が存在する。
4　目的をもった課題を手指に課すことにより触知能力が高まる。

謝　辞

本研究を行うにあたり被験者として参加及び協力していただきました金沢市立工業高等学校の先生及び生徒の皆さんに謝意を表します。

参考文献

1）前川聡，藤原義久：触刺激による指弁別課題における視覚優位現象：運動反応と言語反応の比較；電子情報通信学会技術研究報告，102：25-29，2003
2）平成18年身体障害児・者実態調査結果（平成18年7月1日調査），厚生労働省，pp 3-4，2008
3）Hill E: Orientation and Mobility Techniques, AFB PRESS, pp 3-10, 2003
4）Morioka M: Measurement of hand-transmitted vibration of tapping the long cane for visually handicapped pepole in japan; Industrial Health, 36 : 179－190, 1998
5）松原雅美，松澤正：移動補助具－杖・松葉杖・歩行器・車椅子，金原出版，pp 66-67，2000
6）Verrillo R. T: Effect of contactor area on the vibrotactile threshold, Journal of Acoustical Society of America, 35 : 1962-1966, 1963
7）Bolanowski, Jr. S. J et. al.; Four channels mediate the mechanical aspects of touch ; Journal of Acoustical Society of America, 8: 1680-1694, 1988
8）Novak C. B, Mackinnon S. E, et. al: Establishment of reliability in the evaluation of hand sensibility ; Plastic and Reconstructive surgery, 92: 311-321, 1993
9）坪田貞子，安江留璃子，横串算敏，他：視覚障害者と健常成人の手指における触圧覚の比較検討，北海道リハビリテーション学会誌 23：59-63，1995
10）前野隆司，小林一三，山　信寿：ヒト指腹部構造と触覚受容器位置の力学的関係，日本機械学会論文集63：607，C，881-888，1997
11）Robert F：感覚生理学，金芳堂，pp 31-47，1989
12）梶本裕之，舘　：経皮電気刺激における振動知覚の電極サイズ依存性，電子情報通信学会論文誌，J88D：2380-2387，2005
13）嶋脇聡，酒井直隆：静的及び動的二点識別法による視覚障害者と晴眼者の手掌面触覚の比較，日本機械学会論文集，72，715，C：829-834，2006
14）奈良高明，前田太郎，安藤繁，他：パチニ小体の連成共振系モデル－層状ラメラ構造のモードフィルタリング機能－，第15回生体・生理工学シンポジウム論文集：403-406，2000
15）奈良高明，前田太郎，安藤繁，他：皮膚の直交変形量に関する考察－マイスナー小体，パチニ小体が検出する皮膚変形量について－，第15回生体・生理工学シンポジウム論文集：407-411，2000
16）大山正，今井省吾，和気典二：感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，pp 1178-1184，1994

A study of the Vibrotactile Thresholds by two points of vibration in the young person

Manabu Yoshioka, Junichi Shimizu*

Abstract

The purpose of this study was to verify that using fingertips frequently makes vibrotactile threshold high.

Tactile sensibility of fingertips was compared between a personal computer club student group (experimental) who use their fingertips about five hours or more during a day and a general student group (control).

In a previous study on the same subject, it was report that frequency characteristics for a vibrotactile threshold of one point were not shown in a contact area of less than 0.02cm^2 but frequency characteristics indicating minimum threshold of around 200Hz were shown in a contact area of more than 0.08cm^2.

It cannot be said that vibrotactile threshold in dairy life was appropriately evaluated because tactile receptors in the finger tips which are different from other receptor organs do not perceive the stimulation directly but rather through deformation of finger tissue.

In this study, the static two-point discrimination test (s2PD) ,moving two-point discrimination test (m2PD) and two-point vibration discrimination test were used. The last test changed the vibration from one point to two point in both groups in order to appropriately evaluate based on the hypothesis that the finger tips which are often used for key punching is more sensitive.

After using the static two-point discrimination test (s2PD) and moving two-point discrimination test (m2PD), we found that the personal computer club student group (experimental) has more sensitive finger tips than a general student group (control) in the frequency of 125Hz and 250Hz. We also confirmed that frequency characteristics of vibrotactile threshold were shown regardless of the size of the contact area.

As a result, we clarified that using finger tips more frequently makes vibrotactile threshold high.