健常者におけるタブレット端末のアプリケーションを用いた 聴覚検査の有用性に関する基礎的検討

徳永 仁¹, 高村徳人¹, 甲斐晃弘², 切通博巳², 井手上真弓¹, 金子藍里¹, 長命章佳¹
平井 駿¹, 緒方賢次¹, 瀬戸口奈央¹, 田中恵美², 興梠靖幸², 千代反田晋²
九州保健福祉大学薬学部¹, 社会医療法人泉和会千代田病院²

Preliminary Evaluation of the Usefulness of Hearing Tests Using Tablet Device Applications in Healthy Volunteers

Jin Tokunaga¹, Norito Takamura¹, Mitsuhiro Kai², Hiromi Kizushi², Mayu Ideue¹,
Airi Kaneko¹, Ayaka Cyoumei¹, Shun Hirai¹, Kenji Ogata¹, Nao Setoguchi¹,
Emi Tanaka², Yasuyuki Kourogi² and Susumu Chiyotanda²
*School of Pharmaceutical Sciences, Kyushu University of Health and Welfare¹,
Chiyoda Hospital, Social Medial Corporation Senwakai²*

〔 Received July 28, 2013
Accepted November 20, 2013 〕

Since drug-induced hearing loss markedly diminishes the quality of life, the early detection of such hearing impairment is recommended. We evaluated the utility of tablet device applications for the early screening of hearing loss preliminarily. The subjects were 14 healthy young adults (in their 20's) and 6 middle-aged and elderly adults (30's or older). As the standard device, we employed a pure-tone audiometry device used in the clinic. In the pure-tone hearing test (125 – 8,000 Hz) using the standard device, there was no significant difference between young and middle-aged/elderly subjects. However, the middle-aged/elderly subjects revealed a significant difference in the higher frequency range (12,000 Hz or more) compared to the young subjects in the hearing test using two different applications, “Senses” and “Audiometry”. The results indicated the different characteristics of the standard pure-tone audiometry device and tablet device applications. Although we should clinically confirm hearing loss using the standard pure-tone audiometry device, the tablet device application “Senses” may be useful for the early and simple screening of high-frequency hearing loss such as drug-induced hearing loss.

Key words — hearing test, hearing loss, tablet device, physical assessment, application, Senses

緒 言

厚生労働省医政局は平成 22 年 4 月に「医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について」という通知を发出した。¹⁾ そのなかで、薬剤師について積極的な活用が可能な業務の具体例として、医師に対する処方提案、副作用の発現状況・有効性の確認、薬剤変更の提案などの業務を挙げている。一方、平成 23 年 4 月に改正された「第十六改正日本薬局方」を受け、平成 23 年 10 月に

改訂された「第十三改定調剤指針」における調剤の概念は、「第十二改定調剤指針」と対比し大幅に変更された。²⁾ ここでの調剤の概念とは「薬剤師が専門性を活かして、診断に基づいて指示された薬物療法を患者に対して個別最適化を行い実施することを言う。また、患者に薬剤を交付した後も、その後の経過の観察や結果の確認を行い、薬物療法の評価と問題を把握し、医師や患者にその内容を伝達することまでを含む。」となっている。この概念から、薬剤師の基本的な業務である調剤

* 〒882-8508 宮崎県延岡市吉野町1714-1

に〈患者への最適な薬物療法を実施するために医師に対し処方提案を行い、さらに薬物投与後の患者に対して副作用などが起きていないかどうかの経過の観察および薬剤師自らが調剤した薬物による効果の確認〉までをも含んでいるように解釈することができる。よって、これらを実施するためには薬剤師の立場から薬物治療における副作用防止と適正使用の確保を行わなければならないだろう。フィジカルアセスメントは、その副作用防止と適正使用の確保のための薬剤師の技能として今後いっそう重要となり、必要となると考えられる。そこで、我々は近年のIT技術の発達により数多く存在しているタブレット端末のアプリケーション（アプリ）を利用し、臨床現場で薬剤師が非侵襲的かつ容易に副作用の状況の把握を行うことはできないかと考えた。

薬剤投与による副作用としての難聴（薬剤性聴覚障害）の出現は、17世紀に報告があつて以来の古典的な問題であるが、抗がん剤や抗生物質投与の機会の増加などから、今日の医療においても問題となっている。³⁾ これらの薬剤による難聴は耳鳴りを伴うことが多く、障害は両側性で左右対称性である。薬剤投与中止後も難聴が進行する可能性が実験的に示されている。⁴⁾ 一方で、サリチル酸製剤およびループ利尿剤による難聴は投薬中止により改善する（可逆性）、またはアミノグリコシド系抗生物質およびシスプラチンによる難聴の多くは改善しない（不可逆性）、などの報告もある（厚生労働省ホームページ、重篤副作用疾患別対応マニュアル“難聴”、<http://www.mhlw.go.jp/topics/2006/11/tp1122-1p.html>、平成25年7月28日）。いずれにせよ、難聴が生じた患者の quality of life は大きく低下するため、薬剤性聴覚障害の早期発見は重要である。よって、我々は薬剤性聴覚障害に着目し、その早期発見のために聴覚検査アプリを用いることができないかを検討した。本論文では、臨床現場で実際に使用される標準純音聴力検査装置（オーディオメータ、標準検査装置）とタブレット端末アプリを用いた聴覚検査について、健常者の協力のもとで行った検査結果とそれらの有用性について報告する。

方 法

1. 使用機器と被験者

標準検査装置としてオーディオメータ（AA-78, リオン(株)、東京）を使用した。タブレット端末には iPad2（Apple Inc, Cupertino, CA, USA）を使用し、Apple Store からダウンロードした3種類の聴覚関連アプリ“Senses”（D'Lumen, SA, Australia）, “Audiometry”（Bina Ltd, Haifa District, Israel）, “uHear”（Unitron Hearing Ltd, Kitchener, ON, Canada）を使用した。これらのアプリの特徴を表1に示す。タブレット端末による聴覚検査には、ノイズキャンセリング機能を有したヘッドホン（RP-HC700, パナソニック(株)、東京）を使用した。ノイズキャンセリング機能を有したヘッドホンを使用した理由は、標準検査装置では対側にマスキングを行っているが、タブレット端末アプリにはマスキング機能がないからである。なお、タブレット端末による聴覚検査はすべて平成24年3月4日に行った。

被験者は健常者20名（“uHear”のみ18名）であり、内訳は20代14名、30代4名、40代1名および50代1名であった（“uHear”のみ20代13名、30代3名、40代1名および50代1名）。被験者には研究内容についてあらかじめ十分に説明し、自由意思に基づく同意を文書で得た。なお、被験者の世代別による解析を行うために、若年層は20代14名の被験者（“uHear”のみ13名）、中高年層は30代以上6名の被験者（“uHear”のみ5名）とした。なお、本検査の実施および公表に関しては千代田病院および九州保健福祉大学の倫理委員会の承認を得た。

2. 標準検査装置を使用した聴覚検査

標準検査装置付属の防音室でヘッドホンを装着し、そこから聞こえる周波数125～8,000 Hz〔ヘルツ〕の音が、どの程度の音圧レベル dB〔デシベル〕まで聴取可能であるかを検査した。なお、検査中は対側の耳が応答しないようにマスキングを行った。

表1 3種類のタブレット端末アプリと標準検査装置の特徴

タブレット 端末アプリ ・ 標準検査 装置	“Senses”	“Audiometry”	“uHear”	標準検査装置
周波数 (Hz)	50~16,000	20~20,000	250~6,000	125~8,000
音圧レベル (dB)	0~30	×	0~	-20~130
耳	片方ずつ	片方ずつ	片方ずつ	片方ずつ
結果表示 (例)	表形式	簡易図	グラフ (線)	グラフ (線)
測定時間	約2分	約2分	約6分	約8分
利点	耳鳴りの検査に求められる高音域での検査が可能	結果がメールで送信可能, 広範囲の音域の聴覚検査が可能	表示が標準検査装置と類似しており比較が容易	精密検査や診断・治療効果の確認に最も有効
欠点	30dBで聴取不可の場合は30+dBと表示	設定dB条件下での検査のため各Hzでの聴覚が可能か不可能での色による表示	表示されるdBの数値が不明	高音域での検査が不可能, ベッドサイドでの使用困難
備考	ノイズキャンセリング機能を有したヘッドホンを使用	ノイズキャンセリング機能を有したヘッドホンを使用	ノイズキャンセリング機能を有したヘッドホンを使用	付属のヘッドホンを使用 (対側にマスキング)
言語	英語	英語	英語	日本語
価格	¥170 (平成23年3月時点)	¥250 (平成23年3月時点)	無料 (平成23年3月時点)	—

3. タブレット端末アプリを使用した聴覚検査

タブレット端末では, 3種類のアプリ“Senses”, “Audiometry”および“uHear”を用いて聴覚検査を行った。“Senses”では, 各耳における各周波数(50~16,000 Hz)の聴取可能な音圧レベル(0~30 dB)を測定した。解析には音圧レベルの実測値を使用した。30 dBで聴取不可の場合には30+dBと表示されるために, この場合は35 dBとして解析した。“Audiometry”では, 各耳における設定音圧レベル条件下での聴取可能な周波数(20~20,000 Hz)を測定した。なお音圧レベルの値は表示されていないが, 16段階の中間に設定した。その際の音圧レベルは30 dB以下であった。音の採取が可能な場合を聴覚力100%, 聴取不可能な場合を聴覚力0%として解析した。“uHear”では, 各耳における各周波数(250~6,000 Hz)の聴取可能な音圧レベル(0

~dB)を測定した。音圧レベルの最大値は不明であるが, 30 dB前後の大きさであった。解析には結果が表示されたグラフ縦軸の0からの長さ(cm)を音圧レベルであるdB値の代わりに使用した。

万が一, これらの試験中に体調不良が起きた場合には, 千代田病院において適切な医学的対応を行う予定としていた。

4. 統計解析

若年層と中高年層の比較にはMann-Whitney U-testを用い解析を行った。

結 果

1. 標準検査装置を使用した聴覚検査

図1に標準検査装置を使用した聴覚検査の結

図1 各耳における世代別の標準検査装置による測定結果

○ 20代, ● 30代以上, Mean $\pm$ SEM (n = 20).

果を示した. 各周波数 (Hz) において表示されている音圧レベル (dB) が小さいほど聴こえが良いことを示している. 音圧レベルに関しては, 若年層と中高年層の間には有意な差はみられなかった. また, 各耳の若年層と中高年層に共通して周波数 2,000 Hz において一過性の音圧レベル dB 値の増加がみられた.

2. タブレット端末アプリを使用した聴覚検査

1) “Senses”

図2にタブレット端末アプリ “Senses” を使用した聴覚検査の結果を示した. 左右の周波数 12,000 Hz 以上の音域において, 中高年層が若年層よりも音圧レベル dB 値が高く推移する傾向が

みられた. 特に 12,000 Hz においては, 左右ともに有意に高かった ($P < 0.05$).

2) “Audiometry”

図3にタブレット端末アプリ “Audiometry” を使用した聴覚検査の結果を示した. 若年層と中高年層の世代に関係なく, 左右の周波数 50 Hz 以下または 18,000 Hz 以上の音は確認が困難であることが示された. また, 左右の周波数 12,000 ~ 17,000 Hz において, 中高年層が若年層よりも聴覚力が低く推移する傾向がみられた. 特に左耳 15,000 Hz において, 中高年層が若年層と比較して聴覚力に有意な差 ($P < 0.05$) が認められた.

3) “uHear”

図4にタブレット端末アプリ “uHear” を使用

図2 各耳における世代別のタブレット端末アプリ “Senses” による測定結果

○ 20代, ● 30代以上, Mean $\pm$ SEM (n = 20), * $P < 0.05$.

図3 各耳における世代別のタブレット端末アプリ“*Audiometry*”による測定結果
○ 20代, ● 30代以上, Mean $\pm$ SEM (n = 20), * $P < 0.05$. 音の採取が可能な場合は聴覚力 100%, 不可能な場合は聴覚力 0%として解析.

図4 各耳における世代別のタブレット端末アプリ“*uHear*”による測定結果
○ 20代, ● 30代以上, Mean $\pm$ SEM (n = 18). 結果が表示されたグラフ縦軸0からの長さ (cm) を音圧レベルである dB 値の代替値として解析.

した聴覚検査の結果を示した。左右の周波数 250 Hz～6,000 Hz の音域において、若年層と中高年層の世代による違いはみられなかった。また、各耳の若年層と中高年層に共通して周波数 4,000 Hz において一過性の音圧レベルの増加がみられた。

考 察

標準検査装置を用いた 125 Hz～8,000 Hz の周波数帯の検査では、認知可能な音圧レベルに若年層と中高年層の間に有意差は認められなかった。しかしながら 2 種類のタブレット端末アプリ“*Senses*”と“*Audiometry*”においては、中高年

層が若年層と比較して周波数 12,000 Hz 以上の一部の高音域において聴覚力が低くなることが確認された。

2 種類のタブレット端末アプリ“*Senses*”と“*Audiometry*”において中高年層が若年層と比較して聴覚力が低く認められた音域は、標準検査装置では測定不可能な周波数 12,000 Hz 以上の音域であった。一般にヒトにおいては約 20 Hz～20,000 Hz まで感受可能とされているが,⁵⁾ 実際に用いられる聴覚の音域は狭く約 100 Hz～8,000 Hz であり、そのなかで会話音域は約 500 ～2,000 Hz とされる。よって一般的な標準検査装置を使用した聴覚検査は、125, 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000,

8,000 Hz の 7 周波で検査する。しかしながら、薬剤性聴覚障害を引き起こす薬剤として代表的なシスプラチンによる聴覚障害の初発症状である耳鳴りは、高音域での障害が生じた段階で初めて自覚されることが報告されている。^{6,7)}つまり、一般の標準検査装置で測定できる最高周波数 8,000 Hz より高音域で聴力が低下しても、聴覚検査上は薬剤性聴覚障害を確認することができない。実際に薬剤性聴覚障害を想定した高音域の検査は、通常では行われてはいない。よって、耳鳴りが検査可能な高音域での検査が求められ、その検査による早期発見が重要となる。我々の 2 種類のタブレット端末アプリ“Senses”と“Audiometry”を使用した検査においては、若年層と比較して中高年層の 12,000 Hz 以上の一部の高音域における聴覚力は有意に低いことが確認できた。通常、ヒトの聴覚は 20 歳代を頂点に少しずつ低下するとの報告がある。⁴⁾我々は中高年層が有意に低かった理由として、老化による聴覚の低下が原因であると考えている。中高年層の周波数 12,000 Hz 以上の高音域における聴覚力の低下を標準検査装置では確認できなかったが、“Senses”と“Audiometry”において確認できたことは非常に有益であると考えている。しかしながら“Audiometry”は、不明の音圧レベルで検査するために聴覚可能 (100%) または不可能 (0%) のみで結果が表示されるため、標準検査装置と同様にどの程度の音圧レベル (dB) まで聴覚可能かを検査する場合は、“Audiometry”の使用は適していない。よって“Senses”が、標準検査装置の結果と近似すると考えている。

“uHear”の検査では、周波数 4,000 Hz での音圧レベルがわずかながら上がっている傾向が認められた。これは一般に騒音性難聴の初期の段階で認められる特徴である。⁴⁾騒音性難聴とは、一定以上の騒音が繰り返し曝露されることにより難聴が現れ、これが治らなくなった状態であり、4,000 Hz から徐々に高音域の難聴となる。よって、今回の被験者においては騒音性難聴の傾向が認められた。騒音性難聴は、近年は強大な音楽を聞いたためのディスコ難聴やヘッドホン難聴も報告されている。⁸⁾実際に検査終了後に被験者にイヤホン

やヘッドホンの使用の頻度を尋ねたところ、よく使用すると回答した者が多くいた。しかしながら、標準検査装置では周波数 4,000 Hz での聴覚の低下ではなく、周波数 2,000 Hz で聴覚が低下する被験者が多く認められた。これらの違いについては、今後、より詳細な検討が必要である。一方、標準検査装置と“uHear”を比較した結果、周波数 250~6,000 Hz の検査において左耳 250 Hz の閾値が 5 dB 異なったが、その他の周波数においては正確な聴力検査ができるとの報告がある (耳鼻科医の診療日記ホームページ, iPhone アプリ, uHear を検証する, <http://jibika.exblog.jp/11921981/>, 平成 25 年 7 月 28 日)。その検査では、カナルタイプのヘッドホンが使用されていた。

タブレット端末アプリは自己申告形式による検査であるため、標準検査装置に比べ信頼性に欠けるかもしれない。また、タブレット端末アプリを用いた検査において「検査中に耳が慣れて、聞えているような気がして“聞こえた”を選択した」「検査の状況がわからないため、不確かなまま“聞こえた”を選択した」「検査音と周囲の音との区別がつかず、不確かなまま“聞こえた”を選択した」との意見も少数ながら挙がった。これらの対処法としては、タブレット端末アプリで検査を行う前に薬剤師の適切な指導の下でチュートリアルを実施し、どのように検査が行われるかを体験することも検査の精度を上げる一因になると考えている。また本研究の聴覚検査では、2 群間の被験者数に偏りがあった。年齢による世代間の比較を行うためには本来、同一人数で比較することが望ましい。よって、今後は各世代の人数に偏りのない条件下で再度、詳細に検査を実施する必要がある。

タブレット端末アプリ“Senses”は、標準検査装置では測定不可能な周波数 12,000 Hz 以上の音域において、中高年層は若年層と比較して聴覚力が低く認められた。この高音域での難聴は、薬剤性聴覚障害においても確認されている。^{6,7)}このことから、薬剤性聴覚障害を想定した高音域の難聴の早期発見を目的とする場合などはタブレット端末アプリ“Senses”においてもスクリーニング的な使用が可能と考えられる。

謝 辞

健常者ボランティアとして快く承諾いただいた九州保健福祉大学薬学部臨床薬学第二講座の配属学生に心から感謝申し上げます。また、有益なご助言をいただきました宮崎大学医学部附属病院耳鼻咽喉科 鍋倉隆助教に心より御礼申し上げます。

本論文の一部は医療薬学フォーラム 2012 第 20 回クリニカルファーマシーシンポジウム（2012, 博多）および医療薬学フォーラム 2013 第 21 回クリニカルファーマシーシンポジウム（2013, 金沢）において発表した。

引用文献

- 1) 平成22年4月30日, 医政発0430-1, 医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について(厚生労働省医政局長)。
- 2) 日本薬剤師会, “第13改訂 調剤指針”, 薬事日報社, 東京, 2011, pp3-5.
- 3) 原 晃, 薬剤による難聴の臨床, 日本医事新報, 2003, **4140**, 42-47.
- 4) 立木孝監修, “聴覚検査の実際”, 改訂3版, 日本聴覚医学会編集, 南山堂, 東京, 2009, pp11-27.
- 5) 中井義明, “難聴－病態・診断・治療－”, 新興医学出版社, 東京, 1982, pp29-39.
- 6) 喜連照夫, 青柳 優, 布施健生, 横田雅司, 鈴木利久, 金 慶訓, 小池吉郎, シスプラチンによる聴力障害について, 耳鼻咽喉科臨床, 1991, 補冊 **51**, 57-63.
- 7) 齋藤武久, 聴覚障害をきたす薬物 抗悪性腫瘍薬による聴覚障害, *JOHNS*, 2006, **22**, 931-935.
- 8) 川田智之, 小山 洋, 鈴木庄亮, ヘッドホン使用による聴力レベルの低下について, 日本公衆衛生雑誌, 1990, **37**, 39-43.