④ スマートフォンアプリケーションによるリハビリテーション支援

藤田浩二　東京医科歯科大学大学院整形外科学
杉浦裕太　慶應義塾大学理工学部

超高齢化に伴う医療現場の変化

超高齢化社会に突入した我が国では，加齢に伴う変性疾患の患者数が急増しており，それに伴う医療費の高騰が大きな社会課題となっている．主には変形性関節症や腰部脊柱管狭窄症，絞扼性神経障害といわれる疾患で，このような疾患に対するリハビリテーション（リハビリ）は有効であるものの，医療費の高騰を理由に，医療機関では一定期間以上は十分なリハビリを受けることはできない状況にある．また同時に，手術前後などの専門的なリハビリを適切に行うことのできるスタッフも不足している．さらに，高齢者の医療機関へのアクセスがよくない地域も多くある．

このような状況で，医療施設に行かなくとも，生活環境の中で医学的に意味のあるリハビリができるシステムのニーズは大きい．たとえば，Wii Sports などを利用した自宅内リハビリの試みは多くあり，一定程度の効果が認められている．しかし，利用者側から見ると，各家庭へのデバイス導入は容易ではなく，開発者側から見ると，ソフトウェア開発がハードルとなっている．さらに，加齢に伴う疾患は多岐に渡り，疾患ごとの特性に合わせた試みは難しかった．

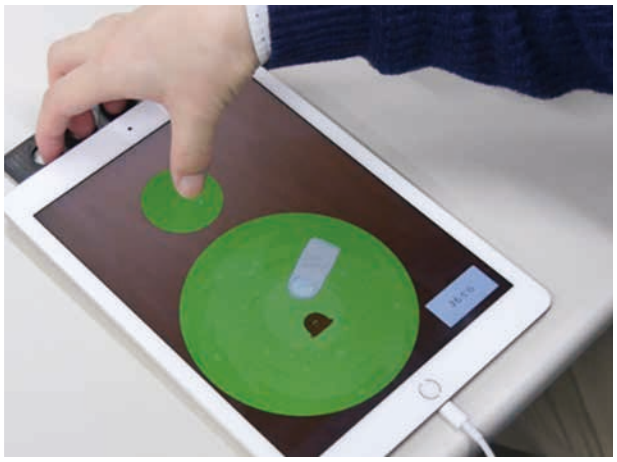
近年，スマートフォン，タブレット端末は高齢者にも広く普及している．端末に組み込まれた各種センサは著しく小型化，高機能化し使用者の状態を計測できると同時に，ソフトウェアの開発，カスタマイズが従来のデバイスより容易である点が特徴である．このため，疾患の特徴に合わせ，必要なリハビリ動作を誘発，測定することができる．スマートフォンアプリを用いた脳梗塞リハビリ[1]は，医療施設で開発され，自宅でのリハビリ内容のチェックや理学療法士によるオンライン指導などのコミュニケーションを目的としており，徐々に普及している．また，パーキンソン病に伴う振戦に対する解析，治療アプリ[2]は，足部に装着したスマートフォンを用いて歩行状態や振戦のデータを採取して，データベースを作成し，患者に状況のフィードバックを行うもので，患者数の多い欧米で広く研究されている．

我々は医療の問題点を抽出し，工学的なアプローチで解決する試みを 2015 年より進めている．医療行為は，医療スタッフの経験や暗黙知に基づくものが大部分をしめており，習得には長期間の研修を必要とする．整形外科では筋力測定や関節可動域測定，歩容評価を行うが，握力計や角度計などのアナログな機器による測定や目視によるグレード評価が大半である．これらの情報を，ディジタルデバイスの導入により可視化，数値化することで，医療の暗黙知を明らかにすることを目標にしている．中でも，スマートフォン，タブレット端末を用いた人間動作情報の収集，解析，リハビリへの応用を試みており，本稿ではそのうちの 2 つ，手根管症候群術後と橈骨遠位端骨折後のリハビリの検討を紹介する．

手根管症候群患者に対する術後リハビリアプリ

手根管症候群は，加齢や使いすぎが原因で手関節部における正中神経が圧迫されることで発症する末梢神経障害で，中高年女性に好発する疾患である．発症初期は，母指から環指のしびれが主だが，症状が進行すると母指基部の筋肉（母指球筋）の萎縮をきたす．母指球筋萎縮は母指の運動障害を引き起こし，書字やボタン，小銭のつまみなどの日常生活動作の支障となる．母指球筋萎縮のある手根管症候群では，手術を行っても筋萎縮の回復には時間がかかるため，動きにくい母指を積極的に動かして，筋肉の回復をはかるリハビリが必要となる[3]．

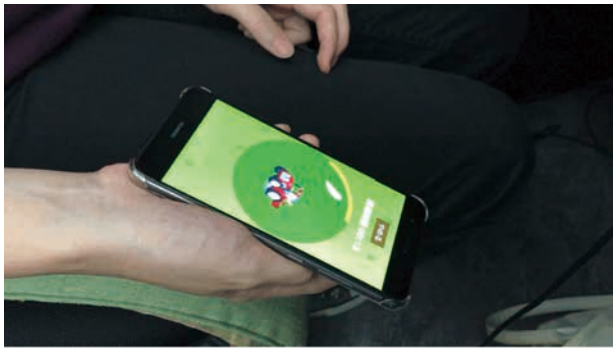
今回，我々はスマートフォンやタブレット端末（iPad）を利用した，手根管症候群術後患者専用のリハビリアプリを作成した（図-1）．タブレット端末では，図のようにiPad上部に示指から小指を固定するジグを取り付け，母指のみで操作する形態とした．被験者は母指をiPadのタッチパネル上で滑らせることで画面に出現するもぐらのキャラクタを回収する．もぐらは円の中心を基準としてランダムな順番で12方向に順次出現する．12方向にもぐらを出現させることで，被検者の母指運動能力を評価し，苦手な方向への運動を促すシステムとした．また，アプリの使用頻度（回数，時間）を医師，患者双方が可視化できるようにした．実際に，3名の手根管症候群術後患者をリクルートし，iPadを貸し出して，毎日1回は使用するように促したところ，3カ月間の継続使用が確認でき，術後の可動域改善，筋力回復を認めた．患者からは，リハビリのモチベーションになる，というポジティブな意見が確認できた．



■図-1　タブレットアプリケーションによる手根管症候群患者の術後リハビリ支援

橈骨遠位端骨折患者に対する手関節リハビリアプリ

橈骨遠位端骨折は，転倒転落時に手をついた際に発生する骨折で，中高年に好発する[4]．ギブス治療や手術治療が選択されるが，いずれの場合も数カ月間は手関節を十分に動かすことができないために，骨折部の癒合後に手関節が硬くなる（拘縮）状態が発生する．手関節拘縮は食事や洗顔などの日常生活動作や仕事での手の使用に支障をきたす．拘縮には医療機関でのリハビリが有用であるが，十分なリハビリが行われないことも多い．そこで，我々は手関節運動を促すスマートフォン用のゲームアプリを作成し，自宅でのリハビリとして使用した（図-2）．このアプリは，スマートフォンの加速度センサを使用し画面内で球転がしを行うゲームで，手関節の拘縮が強い方向への運動を促すようなシステムとした．医師は使用頻度や角度情報を確認できるようにし，診察時にそのデータに基づいた指導を行ってい



■図-2　スマートフォンアプリケーションによる手関節リハビリアプリのプロトタイプ

る．今後，実際の患者数十名でのフィールドテストを予定している．

現状の問題点と今後の展開

我が国では，高齢化の進行により，患者数は増加するものの医師やリハビリスタッフなどの医療者数は十分に増加せず，相対的に医療資源が不足した状態が続くと考えられている．できるだけ医療資源に依存しないよう，自分の状態に合わせたセルフリハビリの必要性があるものの，特に高齢者にとっては容易ではない．この問題に対処するべく，上記のようなさまざまなアプリの開発が盛んである．現状では，医療機関で医師が疾患のアセスメント（診断，評価）を施行し，疾患状態にあわせたリハビリアプリ使用を試行している段階であるが，今後はアセスメントの部分もアプリ上で行うことができるようになると予想され，実際に皮膚疾患や眼科疾患などの画像診断が主体の診療科ではアプリが実用化されつつある[5]．

整形外科疾患や神経疾患では，四肢の状態に変化が出るために，スマートフォンやタブレット内の各種センサでの解析が進むことが期待される．実際に，歩行状態から変形性膝関節症の状態を推測する研究や，手の震えを評価する研究の報告があり，今後発展するだろう．

疾患ごとの特性に合わせ，ゲーム要素を取り入れたリハビリアプリは，利用者（患者）にとっては導入のハードルが低く，有用性がある．医療者側にとっても，患者の自宅でのリハビリ状況を把握することができるメリットがある．ソフトウェア，ハードウェアの進化により，開発者にとっても参入しやすい環境が整いつつあるといえるだろう．患者にとって使いやすく，長続きするアプリを作成するためには，医療者，エンジニアが密に連携し，疾患ごとの特性や必要なリハビリ動作をアプリに落とし込み，フィールドテストを繰り返すことが必須であると考える．さらに，使用することで医学的に十分な効果が得られるのかどうか，適切な研究デザインでの検討を行う必要がある．従来，医療現場は専門職で構成され，高度な個人情報を扱うために閉鎖的であった．今後，有意なアプリを作成していくためには，個人情報や倫理に十分に配慮した上で，工学研究者が医療現場で活動する必要があるだろう．

今回は主に，上肢の 2 疾患についての取り組みを紹介した．我々はすでに他関節の術後リハビリや歩行，生活動作のリハビリへの応用を始めており，医療資源の不足を補う，質の高い自宅リハビリシステムの構築を目指したいと考えている．さらに，自宅でのリハビリ時に医療者からリアルタイムでフィードバックが得られるシステムの開発も必要となるだろう．

参考文献

1) https://noureha.com/coach/
2) Pan, D., Dhall, R., Lieberman, A. and Petitti, D. B. : A Mobile Cloud-based Parkinson's Disease Assessment System for Home-based Monitoring., JMIR Mhealth Uhealth. 26;3(1):e29 (2015).
3) Bland, J. D. : Carpal Tunnel Syndrome, BMJ, 335(7615):343-6. (2007).
4) Meena, S., Sharma, P., Sambharia, A. K. and Dawar, A. : Fractures of Distal Radius : An Overview, J Family Med Prim Care, 3(4):325-32. (2014).
5) Böhme, C., von Osthoff, M. B., Frey, K. and Hübner, J. : Qualitative Evaluation of Mobile Cancer Apps with Particular Attention to the Target Group, Content, and Advertising, J Cancer Res Clin Oncol, Jan;144(1):173-181. (2018).

（2019 年 1 月 23 日受付）

藤田浩二　fujiorth@tmd.ac.jp

1977 年東京生まれ．2002 年に東京医科歯科大学医学部医学科を卒業し，医師免許取得．2011 年に東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科卒業し，医学博士号．米国 Mayo Clinic，広島手の外科微小外科研究所を経て，2015 年から東京医科歯科大学大学院整形外科学分野助教．2018 年より同分野医学部内講師（現職）．

杉浦裕太（正会員）　sugiura@keio.jp

1986 年神奈川生まれ．2013 年慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科博士課程修了．同年日本学術振興会特別研究員（PD），2014 年慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科特任助教，2015 年産業技術総合研究所人間情報研究部門デジタルヒューマン研究グループ産総研特別研究員，2016 年慶應義塾大学理工学部情報工学科助教．2018 年同専任講師，現在に至る．