

## 総 説

# 循環器疾患における遠隔診療：現状と今後の展望

佐 藤 明

山梨大学大学院総合研究部内科学講座循環器内科学教室

**要 旨**：近年、情報通信技術（ICT: information and communication technology）の飛躍的な進歩により、循環器疾患においても ICT を用いた遠隔診療が行われている。ペースメーカーや植込み型除細動器などの植込み型心臓電気デバイスによる遠隔モニタリングが保険診療のもとで行われ、その有用性・安全性が報告されている。ST 上昇型心筋梗塞患者において、再灌流療法までの時間の短縮を目指した ICT を活用した地域の包括的な取り組みが行われている。また慢性心不全患者に対する遠隔モニタリングにおいて、患者自身がセルフモニタリングデータを用いて、医療機関への早期受診を行うこと、高血圧管理に遠隔モニタリングを導入することにより、有意に血圧値が下がり、血圧コントロールが良好になっている。さらに地域医療において、遠隔映像配信システムを用いた遠隔診療補助下に医師不足地域における心臓カテーテル治療の安全かつ確実な治療が行われている。このように遠隔診療システムを導入することにより、地方においても確実に都市部と同等の診療を受けることができ、最先端治療を実践できるシステムの構築は、地方の医療レベルを維持することを可能にする。

**キーワード** 情報通信技術、遠隔診療、ペースメーカー、冠動脈カテーテル治療

## 1. はじめに

近年、情報通信技術（ICT: information and communication technology）の飛躍的な進歩により、医療分野においても ICT の波が押し寄せ、いろいろな変革がもたらされている。特に携帯電話等のモバイル機器を利用して治療や健康管理を行う m-Health（mobile Health）の市場は欧米を中心に拡大している<sup>1)</sup>。また人工知能（AI: artificial intelligence）を用いた画像診断や病理診断の活用、ICT ネットワークを介した遠隔診断支援など、放射線診断医や病理医支援のための AI 開発や ICT 基盤構築が行われている<sup>2,3)</sup>。

循環器疾患は、虚血性心疾患、不整脈、心不

全、高血圧などに分類されるが、それぞれの専門分野において ICT を用いた遠隔診療が行われている。特に不整脈分野では、ペースメーカーや植込み型除細動器（ICD）などの植込み型心臓電気デバイスの遠隔診断が保険診療のもとで行われ、その他の循環器分野においても日常臨床において研究開発及びその有用性・安全性についてのエビデンス構築に向けての検証が行われている。本稿では、ICT を活用した循環器疾患における遠隔診療の現状と今後の展望を中心に、循環器疾患患者における遠隔診療の位置づけについて解説する。

## 2. 遠隔診療の始まり

最初の遠隔診療は、米海軍の空母アブラハム・リンカーン号において行われた 23 歳の男性患者の腹腔鏡を用いた鼠径ヘルニア手術であ

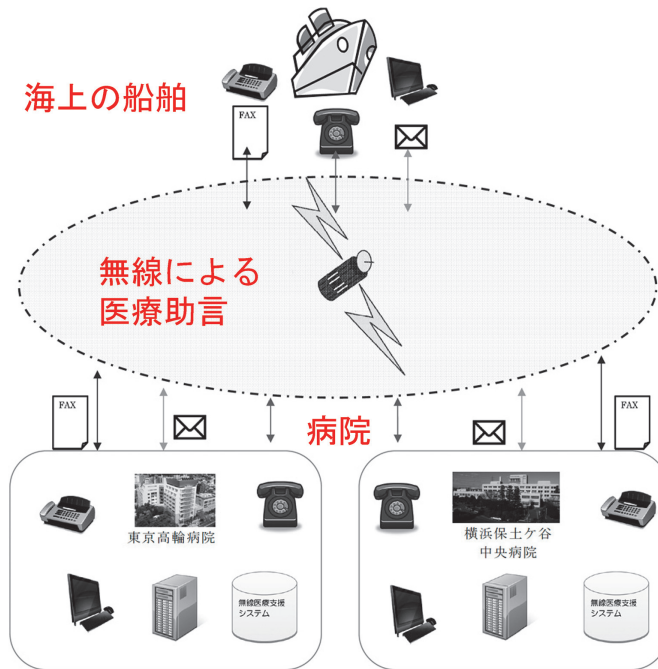


図1. 海上の船舶における無線医療助言通信

り, 1997年に military medicine に報告された<sup>4)</sup>。腹腔鏡手術の経験がない米海軍所属の外科医たちによって, 腹腔鏡メーカーのストライカー社の技術指導員から遠隔指導を受けながら船上で鼠径ヘルニア手術が行われた。

日本においても東京高輪病院, 横浜保土ヶ谷中央病院, 全国の掖済会病院などを中心に無線医療助言通信として, 海上のすべての船舶に対して無線による医療助言が行われている(図1)。航海中の船舶内において急病人やけが人が発生した際に船舶内の衛生管理者等から電話, FAX, メール等により寄せられる助言要請に対し, 速やかに医師による救急処置の指示等の医療助言を行うことにより, 船員の健康を守り, 生命の安全を図ることを目的としている。1993-2002年の10年間に無線医療助言が3,849件行われ, 内訳として消化器系疾患が最も多くなっている<sup>5)</sup>。2004年4月からはコンピュータネットワークを利用した支援システムが稼動

し, 無線医療から遠隔診療へ進化している。

### 3. 不整脈における遠隔診療

循環器疾患は, 虚血性心疾患, 不整脈, 心不全, 高血圧などに分類され, それぞれの専門分野において ICT を用いた遠隔診療が行われている。不整脈分野ではペースメーカーや植込み型除細動器などの植込み型心臓電気デバイスの遠隔診断が保険診療のもとで行われており, その他の循環器領域に比較して遠隔診療が進んでいる。遠隔モニタリングは, 植込み型心臓電気デバイス本体から電話回線あるいは携帯電話回線を用いて, ほぼリアルタイムに不整脈の出現やそれに対する抗頻拍ペーシング治療, 電氣的除細動治療の状況などがサーバーに送信され, 重大なアラートは医療機関及び医療関係者に送信される<sup>6)</sup>。2000年に海外初の遠隔モニタリングが開始, 2009年に日本初の臨床応用が開

始され、2010年4月から遠隔モニタリング加算が付き診療報酬が認められた。

遠隔モニタリングの有効性を検証した TRUST 試験では、米国の102施設、1,450例において、ホームモニタリング群は、罹病率に関係することなく外来フォローアップ回数を約45%減少させ、通常外来フォローアップ群との両群間の有害事象非発生率は同程度であった。ホームモニタリングが外来フォローアップ回数を安全に減らし、かつ不整脈イベントを早期に発見することができた<sup>7)</sup>。日本における Japanese HOME-ICD 試験では、ICD もしくは両室ペーシング機能付き ICD (CRT-D) 植込み適応患者215名 (ICD 142名, CRT-D 73名) を登録した。全症例にホームモニタリングを導入して、定期外来の必要性を予測できなかったのは5.7%であり、そのうち転帰や症状に関連する可能性があったものは0.3%であった。ホームモニタリングによる外来前評価と実際の外来後評価により、全定期外来フォローアップの75.1% (663件中498件) が不要な外来受診であった。また無症候性イベント発生から診断までの日数が37日短縮した<sup>8)</sup>。2015年に発表された「HRS Remote Monitoring Consensus Statement Recommendations」において、遠隔モニタリングが Class I 適応となり、全ての植込み型心臓電気デバイスについて遠隔モニタリングを使用することが推奨されている (Evidence Level A)<sup>9)</sup>。本邦のペースメーカー植込み患者の管理における遠隔モニタリングの有用性及び安全性を検証した at Home 研究では、無作為化された1,274名 (女性50.4%, 年齢77 ± 10歳) のうち、死亡、脳卒中及び循環器系疾患に対する外科的介入から構成される複合エンドポイント (SER: Safety Event Rate) の発生が認められたのは、遠隔モニタリング群で61例 (10.9%)、通常フォローアップ群で65例 (11.8%) であった。SERの発生率については、遠隔モニタリング群は通常フォローアップに対する非劣性が示された (P=0.0012)。ホームモニタリングの活用により、ペースメーカー

植込み患者の外来フォローアップ回数と医療費の低減が、安全性を損なわずにできることが示された<sup>10)</sup>。

#### 4. 虚血性心疾患における遠隔診療

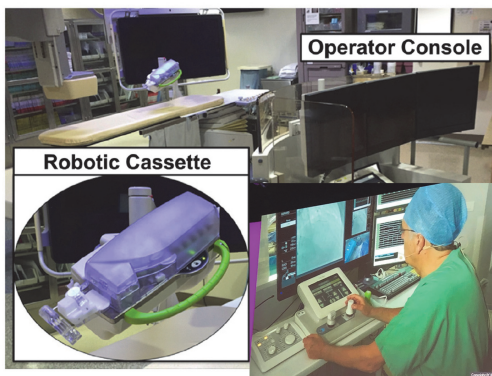
我が国の急性心筋梗塞発症率は、年間10万人当たり10～100人程度と推定され、高齢化社会の訪れとともに患者数は増加しており、急性心筋梗塞による年齢調整死亡率 (人口10万対比) は依然として高い。ST上昇型心筋梗塞 (STEMI) 患者においては、救急隊接触から再灌流療法までの時間が生命予後の重要な決定因子である。そのため door-to-balloon time (Dtb time) を90分以内にするための再灌流療法までの時間の短縮を目指した ICT を活用した地域の STEMI に対する包括的な取り組みが行われている<sup>11)</sup>。欧米の ACLS ガイドライン2015では、プレホスピタル12誘導心電図の実施が冠動脈カテーテル治療 (PCI) 開始までの時間及び再灌流療法までの時間を有意に短縮し、予後を改善させることが報告されている<sup>12)</sup>。日本蘇生協会の JRC 蘇生ガイドライン2015及び日本循環器学会の急性心筋梗塞ガイドラインでもプレホスピタル12誘導心電図の実施と専門病院への心電図を伝送することが勧告されている<sup>13)</sup>。しかしながら、全国地域メディカルコントロール協議会の消防本部への12誘導心電計の搭載率は82%であるが、救急車全車に搭載しているのは28%と低率であった。実際に ICT を用いて12誘導心電図を転送しているのは27%と低率であり、有効利用に課題があると考えられた。竹内らは、モバイルクラウド心電図にて心電図伝送した急性心筋梗塞症例の Dtb time は52 ± 12分であり、心電図伝送なしの症例では74 ± 15分、プレホスピタル心電図伝送により Dtb time は22分の短縮が見られたことを報告した<sup>14)</sup>。酒井らは、12誘導心電図伝送した STEMI 症例の Dtb time は73分、Dtb time 90分未満の達成率は77.8%であり、心電図伝送なしの症例で Dtb time は

107分、DtoB time 90分未満の達成率は31.6%であったことを報告した<sup>15)</sup>。川上らは院外と冠動脈集中治療室（CCU）の循環器専門医との間でプレホスピタル心電図伝送を行い、PCI開始までの時間を20–30分短縮することが可能であったことを報告した<sup>16)</sup>。このように救急隊による12誘導心電図の判読またはICTを活用した速やかな患者情報及び心電図の伝送により、患者の病院到着以前から心臓カテーテル室の準備やカテーテルチームの早期召集が可能となり、救急隊接触から再灌流療法までの時間を短縮することによって急性心筋梗塞の死亡率、虚血性心不全の減少が期待される。

また海外では冠動脈カテーテル治療において、近年ロボット補助PCIが行われている<sup>17)</sup>（図2）。ガイドワイヤー、バルーン、冠動脈ステントを手元のロボットカセットにセットし、カテ室の操作室からこれらをデリバリーする際にジョイスティックを使って遠隔操作が行われている。その結果として、手技成功率は完全にロボット操作で81.5%が行われ、11%が一部マニュアル補助で、7%がマニュアルに切り替えられ、有害事象は0.9%であった。手技時間は全体と単純病変の症例では、マニュアルの方が短く、複雑病変ではほぼ同等の結果となっている。

## 5. 心不全における遠隔診療

心不全は生命予後を著しく悪化させる重篤な病態であり、高齢化社会の進展とともに今後も患者数の増加と医療費の増大が見込まれている<sup>18)</sup>。慢性心不全は、心不全増悪を繰り返すことにより病態が悪化し、入退院を繰り返し最終的に死にいたる。慢性心不全患者における遠隔モニタリングの効果を検証したTIM-HF試験やTele-HF試験では、死亡率及び再入院率を減らすことができなかった<sup>19, 20)</sup>。慢性心不全患者の体重増加・息切れ・むくみなどの心不全症状や服薬アドヒアランスなどのセルフモニタリングデータをデータ集約センターに転送するのみでは効果は不十分であることが判明した。セルフモニタリングデータをデータ集約センターに転送するのみではなく、患者自身がセルフモニタリングデータを有効活用し、医療機関への早期受診を行うなどの行動変容が重要である。心不全診療において、今後高齢者心不全が著増し、心不全パンデミックが起きる可能性がある<sup>21)</sup>。慢性心不全患者に対する遠隔モニタリングの安全性・有効性のエビデンスを構築し、高齢者の心不全診療の標準的診療として普及していくことが望まれる。



(Corindus, Siemens Healthcare, USA)

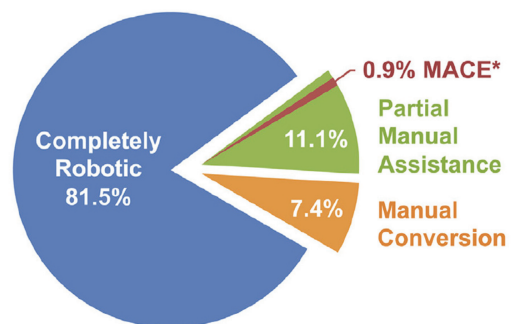


図2. ロボット補助PCIの実際



## 6. 高血圧における遠隔診療

現在、高血圧患者は日本人で4,300万人と推定され、高血圧に起因する脳心血管病死亡数は10万人に達している<sup>22, 23</sup>。さらに高齢化社会の訪れとともに2025年には全世界の成人人口の60%に達するなど、その増加率は著しく、薬剤費による医療費の増加につながっている。心血管系疾患の一次予防として、高血圧をはじめとする生活習慣病のコントロールの重要性が指摘されているが、高血圧患者の血圧コントロールの状況は不十分であり、Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study (JALS)における降圧薬服用患者の130/80 mmHg未満達成率は21.3%であった<sup>24, 25</sup>。この原因として服薬及び通院アドヒアランスの悪さがあり、良好な医師-患者関係の構築を行うために遠隔モニタリングが有用な手段となりうる。Parati Gらは、391例の高血圧患者を通常の高血圧治療群と家庭血圧を用いた遠隔診療群に無作為に割り付け、6か月後の血圧のコントロール状況を比較すると、血圧値は遠隔診療群で有意に血圧値が下がり、血圧コントロールが良好であることを報告した<sup>26</sup>。夜間在宅血圧モニタリングデバイスを使用した多施設無作為比較試験であるNOCTURNE研究（夜間高血圧の日本人患者411人）では、アンジオテンシンⅡ受容体拮抗薬/カルシウム拮抗剤併用療法は、アンジオテンシンⅡ受容体拮抗薬/利尿剤併用よりも有意に夜間収縮期血圧（主要評価項目）の減少を達成し（ $-14.4$  vs.  $-10.5$  mmHg,  $P < 0.0001$ ）、アンジオテンシンⅡ受容体拮抗薬/カルシウム拮抗剤の組み合わせは、ナトリウム摂取量に関係なく、アンジオテンシンⅡ受容体拮抗薬/利尿薬より優れていることが示された<sup>27</sup>。

多くの臨床医は、高血圧治療の基本となる生活習慣の修正で治療効果を得るのが難しいと実感している。それだけに通常の診療手段に加えて治療補助アプリなどを用いた高血圧治療介入への期待も高まっている。薬物治療を受けていない本態性高血圧患者に対するCureApp HT高

血圧治療補助アプリの有効性と安全性の検討が行われた<sup>28</sup>。生活習慣病の修正のみ行う対照群とCureApp HTを用いた管理も行うアプリ介入群の2群による非盲検化比較試験で、登録後12週時における自由行動下血圧測定（ABPM）による24時間収縮期血圧のベースラインからの変化量を評価した。対照群が $-2.5$  mmHg（95% CI,  $-5.1$  mmHg  $\sim$   $0.1$  mmHg）に対してアプリ介入群では $-4.9$  mmHg（95% CI,  $-7.3$  mmHg  $\sim$   $-2.5$  mmHg）と優位に低下していた（群間差 $-2.4$  mmHg, 95% CI,  $-4.5$  mmHg  $\sim$   $-0.3$  mmHg,  $P = 0.024$ ）。CureApp HTによる生活習慣の修正は、高血圧治療に効果的であること、次の通院までに患者さんが生活習慣について学習し新たな知識を得ることができることが判明した。このように高血圧管理に遠隔モニタリング及び治療補助アプリを導入することは、心血管系疾患の一次予防のためにも重要な役割を果たすものと思われる。

## 7. 地域医療における遠隔診療

前任地の茨城県は人口10万人当たりの医師数189.8人と、全国都道府県の中で47位であり、全体的に医師不足地域が存在する。特に茨城県神栖市は人口10万人当たり93.9名と、全国平均である251.7人を大幅に下回る医師不足地域である。神栖市では循環器疾患に対する診療を自施設で完結できる総合病院はなく、循環器疾患の患者を近隣の医療圏に位置する三次救急病院まで紹介または搬送（救急車で所要時間40分）する状況が続いていた。このような医師不足地域の中で、総合病院である神栖済生会病院が、地域の循環器疾患の患者の受け入れを可能にするよう、2017年10月より同院と筑波大学附属病院が連携して循環器疾患に対する診療システムを構築する方針となった。

神栖済生会病院に血管造影装置を導入し、遠隔映像配信システムを用いた遠隔診療補助下に、医師不足地域における心臓カテーテル治療の安全かつ確実な治療提供を通して、医師不足

地域の循環器診療の向上を目指す取り組みを開始した。同時に遠隔映像配信システム (SkyJet Medical, Kobe, Japan) を導入し、筑波大学附属病院の指導医による遠隔診療補助下の心臓カテーテル治療が可能となった (図3)。神栖済生会病院血管造影室の術者モニターに映し出される全ての画像情報は、映像配信サーバー (SJM-LSHS1000-S, SkyJet Medical, Kobe, Japan) を介して専用インターネット回線 (Virtual Private Network) に接続され、筑波大学附属病院の受信端末 (SJM-LSHS1000-C, SkyJet Medical, Kobe, Japan) に送信される。筑波大学附属病院内のカンファレンス室にある指導医用モニター (KJ-75Z9D, Sony, Tokyo, Japan, 4K 液晶モニター) 上に、リアルタイムで神栖済生会病院の画像術者モニターと同一の画面が供覧される。筑波大学附属病院カンファレンス室の指導医用モニターに書き込まれたアノテーションが神栖済生会病院血管造影室の交信モニターに反映されるまでの時間は1秒以内で、リアルタイムな双方向性な交信が可能である。2017年10月から2020年12月まで、神栖済生会病院では冠動脈

ステント留置術85例、不整脈アブレーション治療37例、ペースメーカー植え込み術33例を施行し、全ての症例に対して安全かつ確実な検査及び治療を行った<sup>27,28)</sup> (図4)。このように医師不足地域という十分な人的資源が約束されない場所において、地域住民へ高度で良質な心臓カテーテル治療を提供するに当たり、遠隔映像配信システムを用いた遠隔診療補助は有用であると考えられる。

## 8. 遠隔診療の利益と不利益

このような遠隔診療の利点を考えると、治療アクセスが困難な状況の時、例えばコロナウイルスのアウトブレイク、船上、将来的には宇宙ステーションなど、急性心筋梗塞など緊急治療が必要な場合は転送遅延なく治療が可能となる。そして、患者さんの利便性があり、遠方の病院への移動が不要となる。また遠隔地に在籍する若手医師の治療学習として有用な手段となる (図5)。

遠隔診療の不利益を考えると、一番は手技の

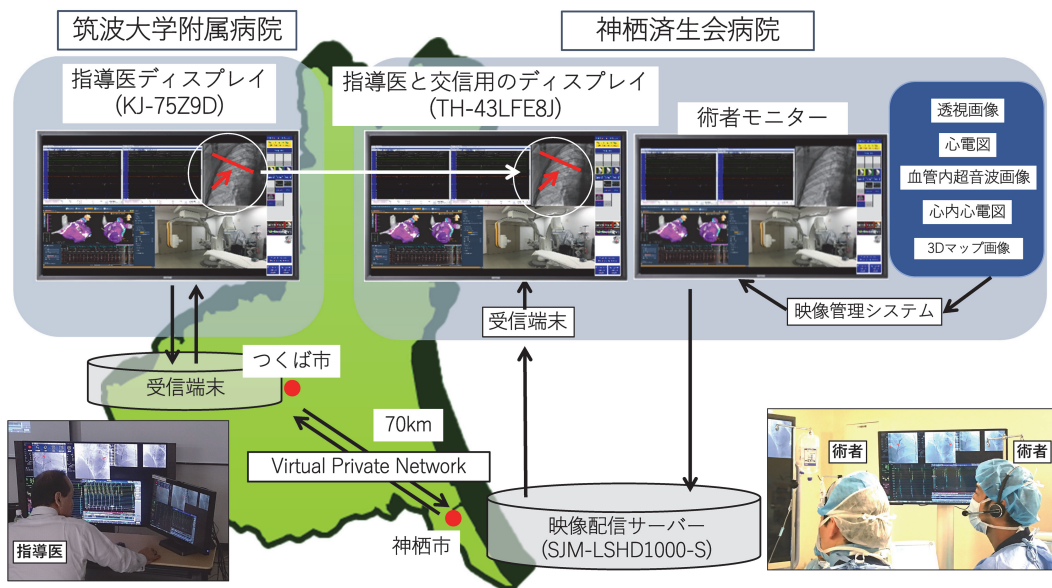


図3. 遠隔映像配信システムを用いた遠隔診療補助の概要

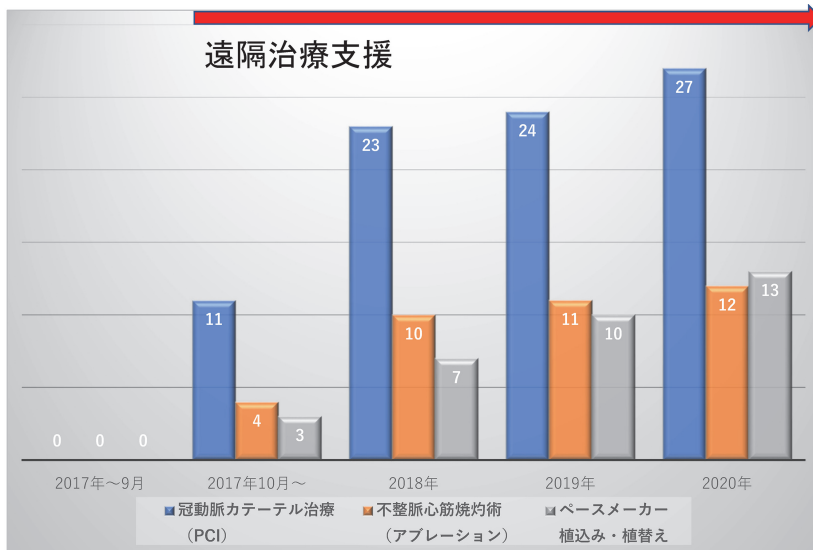
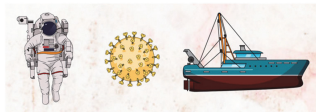
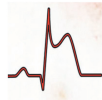


図 4. 神栖済生会病院の循環器診療実績

- ・治療アクセスが困難 (宇宙、アウトブレイク、船上)
- ・患者の利便性 (遠方への患者移動が不要)



- ・緊急治療が必要 (STEMIなど) 転送遅延なし



- ・遠隔医師の治療学習手段 (複雑病変、新技術など)

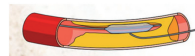


図 5. 遠隔診療の利益

安全性の問題があり、解決手段として遠隔医師に対する初期トレーニングの強化、主要病院での研修、合併症への対処法の取得、血管内超音波などの補助デバイスの使用、複雑病変を有する症例の回避、緊急時の地域基幹病院のバックアップ体制の構築及び患者輸送の計画などが必要となる。また通信セキュリティや通信の中断など、ネットワークの脆弱性の問題もあり、解決手段としてセキュリティーの安全性を高めて、通信不良の際のバックアッププランを準備

する必要がある。

## 9. 遠隔診療の今後の展望

遠隔診療の今後の展望として、今後日本の急激な高齢化と過疎化が進む中で医師不足地域への遠隔診療の速やかな展開を行い、今後予定される 8K 画像技術の早期応用による鮮明な画像配信によって微細外科領域にも応用が可能となること、大学オリジナルの医療支援ロボットの

開発, 外科領域における国内産の遠隔医療ロボット開発などが考えられる。さらに県を越えた全国への展開, 国内病院間のネットワーク構築, 海外医療機関とのネットワーク展開, オリジナル医療支援ロボット開発などへの展開については, 国や政府のサポートが必須である。現在, 外来におけるオンライン診療に対して保険診療も開始されたが, 循環器診療における遠隔治療サポートなどの保険診療加点はなく, 病院における導入メリットがないという課題解決も国の力添えが必要である。遠隔診療は, 緊急治療が必要な場合や患者転送が困難な場合に, 特に役立つ強力な手段であるが, ネットワーク不良や合併症の対処などの限界もあり, 適切な使用方法の検討が必要である。

## 10. おわりに

近い将来, 急速な高齢化とともに地方人口の減少と医師の都市部への集中が加速し, 都市部と地方の間での医療レベルの較差が拡大することが予想され, 高齢者の循環器診療においても, 現段階から地方での医療レベルの向上を目指したシステムの構築が望まれる。遠隔診療システムを導入することにより, 地方においても確実に都市部と同等の診療を確実に受けることができ, 最先端治療を実践できるシステムの構築は, 地方の医療レベルを維持することを可能にする。遠隔診療が全国の医師不足地域へ, 循環器分野のみならず様々な分野で活用されるよう, 今後も症例を重ねて安全性と確実性の検証を続けて行く必要がある。将来的には, 高齢化社会における健康な生活, 健康寿命の延長, 薬剤費の削減, 院内死亡率, 心血管イベントの減少など, 医療経済的な面からもきわめて優れた方法となり, 社会的意義も極めて高いと予測される。

## 引用文献

- 1) Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, *et al.*: Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *N Engl J Med*, 381: 1909–1917, 2019.
- 2) Reardon S: Rise of robot radiologists. *Nature*, 576: S54–S58, 2019.
- 3) Topol EJ: High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*, 25: 44–56, 2019.
- 4) Cubano MA, Luther JH, Antosek LE: First laparoscopic hernia repair onboard an aircraft carrier at sea. *Military medicine*, 162: 219, 1997.
- 5) 今西宏明: 日本における最近10年間の無線医療助言. *海上医学研究*, 43: 35–45, 2006.
- 6) Parthiban N, Esterman A, Mahajan R, Twomey D, Pathak RK, Lau DH, *et al.*: Remote monitoring of implantable cardioverter-defibrillators: A systematic review and meta-analysis of clinical outcomes. *J Am Coll Cardiol*, 65: 2591–2600, 2015.
- 7) Varma N, Epitein AE, Irimpen A, Chweikert R, Love C: Efficacy and safety of automatic remote monitoring for implantable cardioverter-defibrillator follow-up: The Lumos-T safely reduces routine office device follow-up (TRUST) trial. *Circulation*, 122: 325–332, 2010.
- 8) Watanabe E, Kasai A, Fujii E, Yamashiro K, Brugada P: Reliability of implantable cardioverter defibrillator home monitoring in forecasting the need for regular office visits, and patient perspective. *Japanese HOME-ICD study. Circ J*, 77: 2704–2711, 2013.
- 9) Slotwiner D, Varma N, Akar JG, Annas G, Beardsal M, Fogel RI, *et al.*: HRS Expert Consensus Statement on remote interrogation and monitoring for cardio-vascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm*, 12: 69–100, 2015.
- 10) Watanabe E, Yamazaki F, Goto Toshihiko, Asai T, Yamamoto T, *et al.*: Remote management of pacemaker patients with biennial in-clinic evaluation continuous home monitoring in the Japanese At-Home Study: A randomized clinical trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 13: e007734, 2020.
- 11) O’Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, Casey DE, Chung MK, de Lemos JA, *et al.*: American College of Emergency Physicians, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*, 61: e78–e140, 2013.
- 12) Welsford M, Nikolaou NI, Beygui F, Bossaert L, Ghaemmaghami C, Nonogi H, *et al.*: Acute coronary syndromes chapter collaborators. Part 5: Acute coronary syndromes: 2015 international

1) Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, *et al.*: Large-scale assessment of



- consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Circulation*, 132 suppl: S146–S176, 2015.
- 13) 第5章 急性冠症候群 (ACS). 日本蘇生協議会監修. JRC 蘇生ガイドライン2015. 医学書院, 東京, 292–344, 2016.
  - 14) Takeuchi I, Fujita H, Yanagisawa T, Sato N, Mizutani T, Hattori J, *et al.*: Impact of doctor car with mobile cloud ECG in reducing door-to-balloon time of Japanese ST-elevation myocardial infarction patients. *Int Heart J*, 56: 170–173, 2015.
  - 15) Sakai T, Nishiyama O, Onodera M, Matsuda S, Wakisawa S, Nakamura M, *et al.*: Predictive ability and efficacy for shortening door-to-balloon time of a new prehospital electrocardiogram-transmission flow chart in patients with ST-elevation myocardial infarction -Results of the CASSIOPEIA study. *J Cardiol*, 72: 335–342, 2018.
  - 16) Kawakami S, Tahara Y, Noguchi T, Yagi N, Kataoka Y, de Asaumi Y, *et al.*: Time to reperfusion in ST-segment elevation myocardial infarction patients with vs. without pre-hospital mobile telemedicine 12-lead electrocardiogram transmission. *Circ J*, 80: 1624–1633, 2016.
  - 17) Mahmud E, Naghi J, Ang L, Harrison J, Behnamefar, O, Pordjabbar, Pourdjabbbar, *et al.*: *JACC Cardiovasc Interv*, 10: 1320–1327, 2017.
  - 18) Okura Y, Ramadan MM, Ohno Y, Mitsuma W, Tanaka K, Ito M, *et al.*: Impending epidemic: future projection of heart failure in Japan to the year 2055. *Circ J*, 72: 489–491, 2008.
  - 19) Koehler F, Winkler S, Schieber M, Sechtem U, Stangl K, Bohm M, *et al.*: Impact of remote telemedical management on mortality and hospitalizations in ambulatory patients with chronic heart failure: The telemedical interventional monitoring in heart failure study. *Circulation*, 123: 1873–1880, 2011.
  - 20) Chaudhry SJ, Mattern JA, Curtis JP, Spertus JA, Herrin J, Lin Zhenqi, *et al.*: Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med*, 363: 2301–2309, 2010.
  - 21) Shimokawa H, Miura M, Nochioka K, Sakata Y: Heart failure as a general pandemic in Asia. *Eur J Heart Fail*, 17: 884–892, 2015.
  - 22) 日本高血圧学会 高血圧治療ガイドライン作成委員会 (編). 高血圧治療ガイドライン2019, ライフサイエンス出版, p. 10, 2019.
  - 23) Ikeda N, Inoue M, Iso H, Ikeda S, Satoh T, Noda M, *et al.*: Adult mortality attributable to preventable risk factors for non-communicable diseases and injuries in Japan: a comparative risk assessment. *PLoS. Med*, 9: e1001160, 2012.
  - 24) Asayama K, Hozawa A, Taguri M, Ohkubo T, Tabara Y, Suzuki K, *et al.*: Blood pressure, heart rate, and double product in a pooled cohort: the Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study. *J Hypertens*, 35: 1808–1815, 2017.
  - 25) Asayama K, Kinoshita Y, Watanabe S, Ohkubo T, Abdo T, Harada A, *et al.*: Impact of diastolic blood pressure threshold for the young population: the Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study (JALS). *J Hypertens*, 37: 652–653, 2019.
  - 26) Parati G, Omboni S, Albini F, Piantoni L, Giuliano A, Revera M, *et al.*: Home blood pressure telemonitoring improves hypertension control in general practice. The TeleBPCare study. *J Hypertens*, 27:198–203, 2009.
  - 27) Kario K, Tomitani N, Kanegae H, Ishii H, Uchiyama K, Yamagiwa K, *et al.*: Comparative effects of an angiotensin II receptor blocker (ARB)/diuretic vs. ARB/calcium-channel blocker combination on uncontrolled nocturnal hypertension evaluated by information and communication technology-based nocturnal home blood pressure monitoring. -The NOCTURNE Study- *Circ J*, 81: 948–957, 2017.
  - 28) Kario K, Nomura A, Harada N, Okura A, Nakagawa K, Tanigawa T, *et al.*: Efficacy of a digital therapeutics system in the management of essential hypertension: the HERB-DH1 pivotal trial. *Eur Heart J*, 42: 4111–4122, 2021.
  - 29) Adachi T, Sato A, Kuroki K, Terai T, Hanaoka D, Hiraya D, *et al.*: Audiovisual telesupport system for cardiovascular catheter interventions: A preliminary report on the clinical implications. *Catheter Cardiovasc Interv*, 95: 906–910, 2020.
  - 30) Shinoda Y, Sato A, Adach T, Nishi I, Nogami A, Aonuma K, *et al.*: Early clinical experience of radiofrequency catheter ablation using an audiovisual telesupport system. *Heart Rhythm*, 17: 870–875, 2020.