

(8) 未来医療をどう夢見るか

砂 川 賢 二

DREAMING OF FUTURE MEDICINE

Kenji SUNAGAWA

現代医療が目覚ましい進歩を遂げ幾多の難治性疾患の治療が可能になってきた。その背景には2つの大きな基盤科学が存在する。1つはゲノム解析に象徴される分子生物学の飛躍的な進歩である。もう1つはナノテクやITなどの工学の進歩である。前者は元来生命科学であるため、創薬、遺伝子治療、再生医療など臨床応用に直結している。一方、いわゆるハイテクはCT、MR等に代表されるように、診断装置として臨床に導入されてきた。しかしながら、21世紀に入り、ハイテクは生命科学と融合することで治療機器として医療に貢献する可能性を見せ始めた。本講演ではわれわれが深く関わっているバイオニック医学の研究開発を通して、未来の医療の展開を考えてみたい。

バイオニック医学は生体と機能的に融合した機器による診断・治療医学である。代表的なバイオニック医学として生体の制御系と機能的に一体化した治療機能を体内に埋め込み自己完結的な治療を行う戦略があげられる。小規模であるものの埋め込み型の病院といえる装置である。現在のところ、これらの治療装置の根幹である生体制御系、とくに脳を中心とした自律神経系と機能融合する(脳を聴く、創る、超える)技術が次々と開発されている。

図1に自律神経情報を翻訳する技術(脳を聴く)を示す。心臓に

は自律神経を介して脈拍を制御する情報が送られている。もしわれわれがその信号を翻訳することができれば、原理的には自律神経で制御された治療機器を開発することができる。図1左は心臓にいたる交感神経の発火と心拍の関連を示す。散布図に示すように瞬時の神経発火と心拍の関係は明らかでない。そこで図1右上に示すように、現在(時刻n)の心拍(HR)は過去の神経発火(NA)の影響を受けると考え、図中の式を用いて解析した。h(1), h(2)…, は過去の神経活動が現在の心拍に与える影響の重みを示す。その結果、この枠組みを利用することで、神経発火から右下に示すように実測心拍を正確に予測できるようになった。その結果、脳を聴く技術が開発されたことから自律神経で制御されたペースメーカ

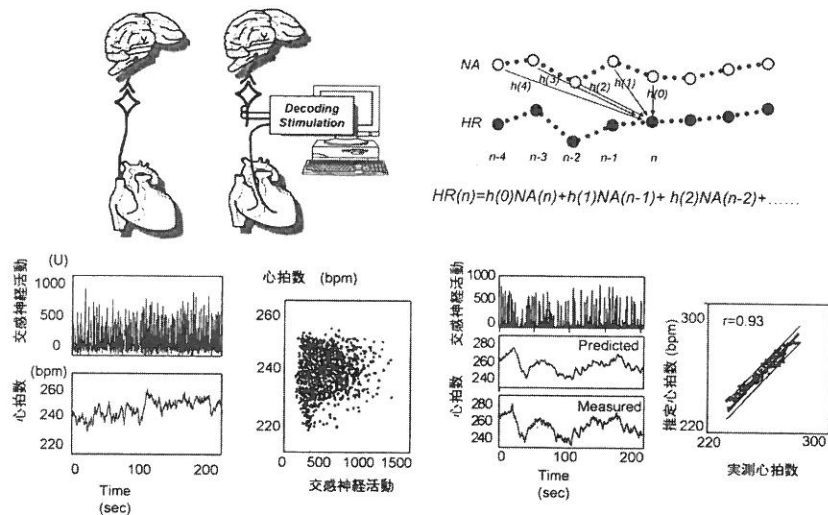


図1 脳を聴くバイオニックペースメーカー

国立循環器病センター研究所 National Cardiovascular Center Research Institute 循環動態機能部
Address for reprints: Kenji Sunagawa, Department of Cardiovascular Dynamics
National Cardiovascular Center Research Institute, 5-7-1 Fujishiro-dai, Suita, Osaka 565-8565
JAPAN
e-mail: sunagawa@ri.ncvc.go.jp
Received August 17, 2004
Accepted October 15, 2004

開発の可能性が現実的なものになってきた¹⁾。

図2に自律神経中枢機能を再現する技術(脳を創る)を示す。ある種の疾患では循環調節中枢が障害され血圧の維持が困難になり、重篤な起立性低血圧のため臥床を余儀なくされる。このような病態に対して現在のところ治療法はない。そこで脳幹部の循環調節機能を電子的に再現することを試みた。図2左に示すように血圧は半導体センサーで感知され脳幹部と同様の論理を移植されたバイオニック脳幹で処理される。

その結果を用いて、末梢交感神経を電気刺激することで、生理的な脳幹部と同様の機能を再現する。図2右にその効果を示す。脳幹部が正常に機能するラットでは起立による血圧低下は10 mmHg程度におさまる。しかしながら、圧調節機能を破壊させると起立により数秒で50 mmHg近く血圧が低下する。バイオニック脳幹部を作動させると、血圧の低下を察知し交感神経の刺激が開始されることから、血圧の降下は脳幹部が正常に機能している動物と同程度に抑えられている。従来は脳幹部の障害に対しては全く打つ手がなく、患者は悲惨な闘病生活を余儀なくされていたが、これらの疾患は近未来には救済される可能性が出てきた²⁾。

さらに最近では生体の本来の制御機能を超越する制御機構の開発(脳を超越)が進んでいる。心不全に代表されるある種の循環器疾患では、生理的な循環調節が行われるゆえに病態が悪化することが知られている。このような病態に対しては、脳が行う制御を超越する制御をバイオニック装置で行うことで、劇的な臨床効果を上げることができる。心不全に関しては、バイオニック脳により、死亡率が80%低下することが動物実験で示されている。現代の先端技術を用いると、実用機の開発は可能であることから、近未来での臨床応用が期待されている³⁾。

これらの埋め込み型治療機器の機能を更に高度化し、専門医の診断および治療機能をそのものを代行する自動治療システムの開発も緒に就いている。図3に重症心不全の急性期の治療を支援するオートパイロットシステムを示す。このシステムは患者の状態を表す情報(血圧、心電図、血液ガス、電解質等)をモニタし、その情報を循環モデルに入れ、病態診断を行う。それに基づき治療目標が設定され、その目標を到達するために必要な薬剤の種類や用量が標準的な治療応答データベースから確定す

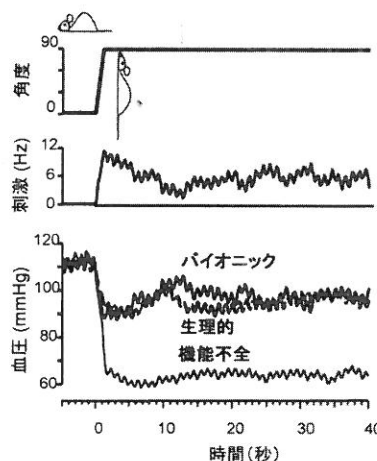


図2 脳を創るバイオニック血圧調節

る。その指令に基づき自動的に患者に薬剤が注入される。治療への応答は患者や病態ごとに大きく異なることから、個別の治療応答を元に、治療応答のデータベースは適応的に更新される。それにともない実際に投与される薬剤の種類や用量も適応的に制御される。現在すでに実験室の中では、急性左心不全の治療を行うシステムのプロトタイプが試作されている。このような自動治療システムは決して夢物語ではなく近未来には実用化されていくものと思われる。とりわけ専門医が不足している領域では、自動治療システムは大きな威力を発揮するものと思われる。

医療技術の高度化により将来の医療は現在以上にインテリジェント化され自動化されていくものと思われる。このような近未来に押し寄せてくる医療環境の大きな変化のなかで、医療従事者という人資源の果たす役割を改めて問い直す必要が出てくる。理念は明解である。真に人でないと出来ない分野、とりわけ人と人の接触を通してしか得られない心の通う医療のために、貴重な人資源の投入が必要なのではないかと考えている。

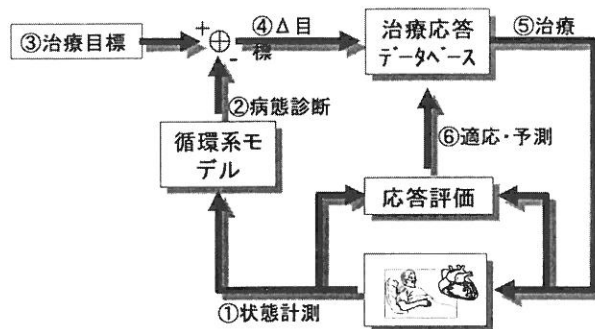


図3 心疾患治療支援オートパイロットシステム

文 献

- 1) Ikeda Y, Sugimachi M, Yamasaki T et al :
Explorations into development of a neurally
regulated cardiac pacemaker. *Am J Physiol* **269** :
H2141-2146, 1995
- 2) Sato T, Kawada T, Sugimachi M et al : Bionic
technology revitalizes native baroreflex function in
rats with baroreflex failure. *Circulation* **106** :
730-734, 2002
- 3) Li M, Zheng C, Sato T et al : Vagal Nerve
Stimulation Markedly Improves Long-Term Survival
After Chronic Heart Failure in Rats. *Circulation*
109 : 120-124, 2003
(平成16年 8月17日受付)
(平成16年10月15日受理)