解説

人工関節研究における医工連携

(医学からみた)

Collaboration between Medical and Engineering Science in Research for Artificial Joint

執筆者プロフィール

三浦 裕正
Hiromasa MIURA

1982年九州大学医学部卒業, 1987年アメリカ留学, 2002年4月より現職
◎研究・専門テーマは人工膝関節, バイオメカニクス
◎九州大学病院 助教授 リハビリテーション部
(〒812-8582 福岡市東区馬出 3-1-1 /
E-mail: miura@ortho.med.kyushu-u.ac.jp)

1. はじめに

医工連携をキーワードとしてインターネットで検索すると軽く2万件がヒットする。それほど医工連携は全国的に注目を浴びていると言える。しかし、なぜ今、医工連携が必要とされているのであろうか。学際研究組織の組合せはほかにいくらでもあると思われるが、なぜ医と工の組合せでなければならないのだろうか。その大きな理由の一つに医学の発達が工学分野の発達に大きく依存してきたという歴史的事実にあると思われる。医は常に工を求めてきたのである。特にCT, MRIなど画像診断技術の発展は工学系のサポートなくしては実現できなかった。

医工連携という言葉には、異なる研究領域が最先端の技術を互いに補完しつつ、新たな技術を生産していくというバラ色の未来を期待させる響きを感じ取れる。そして、その成果は、診断技術、治療、手術支援、画像診断などの医療技術として、医師あるいは患者に還元されるという期待感も含まれている。しかし、医工連携はそれほど簡単な話ではない。全国の多くの大学や研究施設を振り返ってみれば、理解できよう。医学部と工学部が存在するだけでは、自然発生的に医工連携という形態まで発展することはないのである。

我々は、10年以上の長きにわたり、九州産業大学工学部の日垣教授との医工連携を維持してきた。特に人工膝関節の開発研究に関しては、共同でオリジナル人工膝関節の開発を実現するなど、実質的な成果をあげることができた。

本稿では、医工連携を実現するには何が必要かという点

について、これまでの経験をもとに私見を述べてみたい。どちらかと言えば研究方法の技術論的な話はパートナーの日垣教授に譲り、筆者はさほど学術的とは言えない医工連携の成功の秘訣や精神的側面に重点を置くつもりである。

2. 人工膝関節の概要

人工膝関節は、高度に障害された関節表面を、チタンやコバルトクロムなどの合金と超高分子量ポリエチレンからなるインプラントで置き換えることによって、疼痛を軽減し関節機能の回復をはかる術式である。人工膝関節の手術症例数は近年、飛躍的に増加しており、国内での人工膝関節の件数はすでに年間4万例を越えている。適応疾患は変形性膝関節症や関節リウマチなどであり、高度の関節破壊に伴う強い疼痛や可動域制限、あるいは不安定性などの機能障害を有する場合に適応となる。人工関節の最大の利点は、その確実な除痛効果と関節機能の改善にある。また後療法が短期間で済むことも大きな特徴であり、近年そのデザインや材質、手術器械、術式の改良により術後10～15年を越える長期経過例においても比較的安定した成績が報告されている。しかし長期成績が安定化するにつれ、医師も患者サイドも人工関節の機能面の向上を期待するようになってきた。特に日本人は正座の習慣からより深い屈曲可動域への根強い要望がある。しかし深屈曲は反面、脱臼やポリエチレンへの負荷が増強するという危険性も内包しており、新たな視点からの人工関節デザインが要求されている。

3. 次世代人工膝関節開発への経緯

筆者は膝関節外科、中でも中高年に多い疾患である変形性膝関節症などの慢性疾患を専門としており、従来から人工膝関節に強い興味をもっていたが、アメリカ製の^{せつけん}人工膝関節に強い興味をもっていたが、アメリカ製の人工膝関節市場に疑問を感じており、かねてより日本人の解剖学的形状にマッチしながら、より機能性を重視したオリジナル人工膝関節を開発したいという願望があった。

生体の膝関節は複雑な解剖学的構造とキネマティクスを有しているが、その複雑さゆえに理想的な人工膝関節のデザイン開発は容易ではない。膝関節の動きは関節の表面形

状と共に、靱帯バランスや筋力など軟部組織からも大きな影響を受けているが、工学的観点からすると安定性を再現性の乏しい生体の軟部組織に依存するよりも、形状デザインによって人工関節の動きを規定するほうが設計としては容易ではある。しかし歴史的にみるとコンポーネント間の動きが拘束される蝶番型人工膝関節の成績は一般に不良であり、現在では、拘束性を少なくした、いわゆる半拘束型といわれるタイプが主流となっている。すなわち、より正常膝に近いキネマティクスを持つ人工膝関節が求められているのである。そのためには、まず正常膝の構造や動態を解析したり、生体に挿入した人工膝関節がどのような動きを示すのかを観察する必要がある。特に、我々は、安全な深屈曲が可能で、日本人の解剖学的形状にマッチし、より長期耐用性を有するという、極めて欲張りな人工関節を開発したいと考えており、これらの要求に答えるには当然、工学的アプローチ、中でもトライボロジー的なアプローチが不可欠であった。日垣教授との出会いは、10年以上前にさかのぼるが、まさしく我々のニーズに合致する研究者が、身近にいたことが、幸運であった。高機能、安全性、長期耐用性をキーワードにした次世代人工膝関節開発の機運はこのような状況から生まれたのである。

我々は、まず正常膝における深屈曲メカニズムをMRIを用いて解析することによって特徴的形状を見だし、人工膝関節デザインに応用した。また人工膝関節開発のための支援技術として、膝関節シミュレータの作成、イメージマッチング法による生体内での人工膝関節の動態解析の確立、人工膝関節のポリエチレンインサートの摩耗予測の導入などを試み、新たなデザイン開発に役立ててきた。本人工膝関節は近日中に臨床応用を開始する予定であるが、その後も詳細な臨床評価とイメージマッチング法による動態解析を行うことにより、さらなるデザイン改良につなげる計画である。

4. 医工連携の成功の秘訣

さて、医工連携が成功するための秘訣について思いついたままを以下に列挙してみたい。

4.1 テーマの共有

単なる専門家の集合では研究を推進することはできないのは当然であり、まず緊密な情報交換から双方の分野を見渡して、お互いのニーズを満たし、シーズを最大限に生かせるテーマを共有できるかがポイントである。

4.2 Give and Take

奉仕的精神は必要だが、一方的な従属関係ではなく priority を明確化し、win-win の関係を構築すべきである。相手を上手に利用してやろうなどという発想を持つと、それは必ず相手に伝わり、決して長続きしない。実際、そういう事例を見てきた経験があるが、医が工に対し、「あれを作れ」、「これを実験しろ」とあたかも下働きのような感覚

で利用するのである。しかもデータは無断で医学系の学会で発表し、論文にするが、共著者にも入れない。このようなスタイルでは、真の医工連携の実現は困難であろう。

4.3 緊密な情報交換

お互いのニーズとシーズについて常に緊密な情報交換を行い、常に研究の方向性を軌道修正する必要がある。ややもすると医と工がそれぞれのスタンスで、お互いのニーズとシーズの理解不足のまま研究を行っているケースがある。そのような場合には、臨床の場とはかけ離れた方向に、研究の方向性が向かってしまい、実効性のない研究のための研究に陥る危険性がある。医は工に対し常に臨床的な問題点をぶつけ、工は常に医師や患者の目線に立ち、臨床的に何が求められているのかを意識する必要がある。

我々は工学系の大学院生を手術室に立ち会わせ、手術見学をさせたり、動物実験を共同で行わせたり、逆に医系の大学院生を工学部キャンパスに通わせ、コンピュータシミュレーションや、イメージマッチングの解析を手伝わせたりしながら、学生の交流と教育をはかってきた。

4.4 関係の継続性

医工連携の手始めとして短期間での成果が期待できるようなテーマを選択することは意味のないことではないが、単発的な研究に終わる可能性がある。単発ではなく長期に連携を維持するには、やはりお互いのシーズが生かせて、研究に対する情熱、成果への満足度が高い、息の長いテーマを選択することが重要である。もちろん永続的な関係を構築するには強固な信頼関係が何よりも重要である。

4.5 地理的な問題

臨床および基礎の医学系研究者と工学系研究者の日常的な議論や情報交換の場を持つことが必要であり、そのためには医学系キャンパス内に医工連携ラボを設置するか、少なくとも地理的に近い環境が望ましいが、必須条件ではない。現在はインターネットの発達により、その気さえあれば常に緊密な連絡が可能である。しかし、時には直接顔を合わせたほうがよいのは確かである。リアルタイムのやり取りの中で、疑問点が氷解したり、新たなアイデアが浮かんでくることも少なくない。

5. おわりに

近年は遺伝子工学、組織工学、再生医工学などの新しい技術分野が開拓されている。また画像診断のさらなる発展や外科手術におけるナビゲーションシステムやロボット手術の導入など医工連携の重要性は今後ますます高まることが予想される。さらに超高齢社会を迎える21世紀の新しい産業として医療福祉産業が有望視されており、この分野においても工学系の支援に対する期待が大きい。全国で多くの医工連携が実現し、未来の医療に大きく貢献することを願ってやまない。

(原稿受付 2005年8月29日)